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)

Carine Calastrenc, François Baleux, Nicolas Poirier, Antoine Laurent, Magali Philippe, Christine Rendu

▶ **To cite this version:**

Carine Calastrenc, François Baleux, Nicolas Poirier, Antoine Laurent, Magali Philippe, 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). [Rapport de recherche] CNRS; Université Toulouse Jean Jaurès. 2021. hal-03600298

HAL Id: hal-03600298
https://hal.science/hal-03600298

Submitted on 7 Mar 2022

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

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

Inspecter les zones d'altitude

Développement d'une méthode intégrée multi-source pour la prospection archéologique des terrains d'altitude

T. A. H. M. M.

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

2020-2021

Code opération : 1411373

CALASTRENC Carine (Dir.), **BALEUX** François, **POIRIER** Nicolas, **LAURENT** Antoine, **PHILIPPE** Magali, **RENDU** Christine

Inspecter les zones d’altitude

Développement d’une méthode intégrée
multi-source pour la prospection archéologique des terrains d’altitude

T. A. H. M. M.

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

Code opération 1411373

2020-2021

Sommaire général

Remerciements **7**

NOTA BENE **9**

Chapitre 1 - Intérêts scienti ques et administration de la recherche **10-35**

Chapitre 2 - Résultats scienti ques 2020-2021 **36-73**

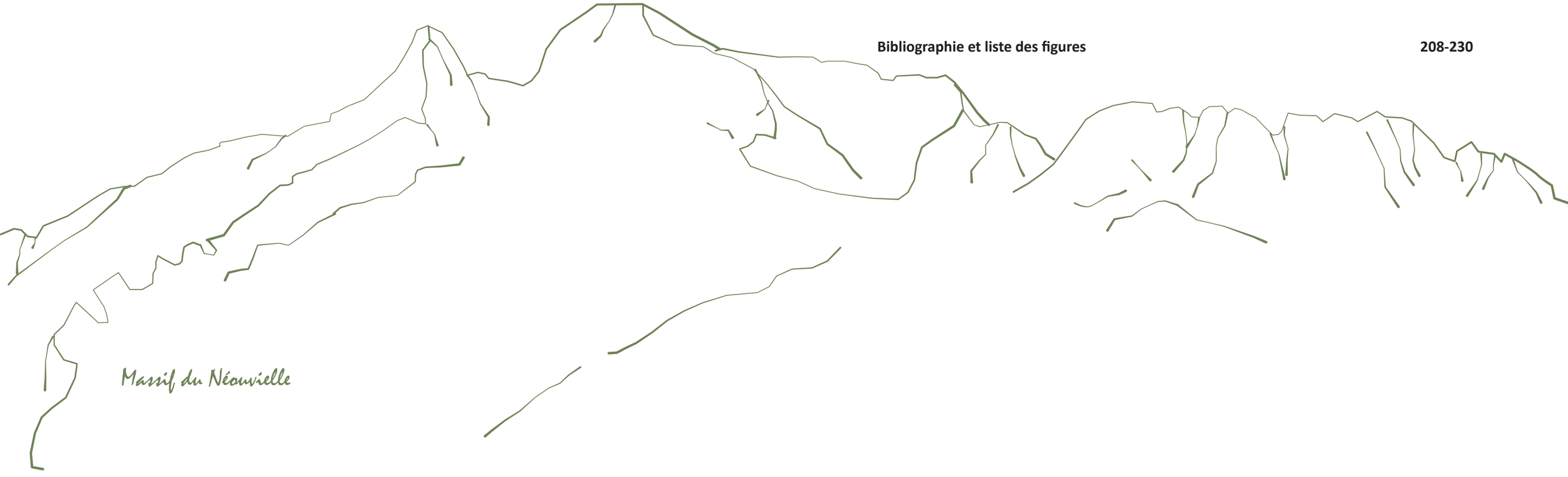
Chapitre 3 - Inventaire archéologique - Secteur de l'Auloueilh - Aulon **74-149**

Chapitre 4 - Analyses archéologiques - Secteur de l'Auloueilh - Aulon **150-183**

Perspectives de recherche. 2022 **184-193**

Annexes **194-206**

Bibliographie et liste des figures **208-230**



Remerciements

Nous tenons à remercier le Service Régional de l'archéologie d'Occitanie. Nous remercions Didier Delhoume, Conservateur Régional de l'Archéologie, Laurent Fau, gestionnaire de mon dossier, ainsi qu'Anne Berdoy, en charge du département des Hautes-Pyrénées et, Véronique Lallemand., en charge du département des Pyrénées-Orientales.

Nos remerciements vont également aux personnels, gardes et animateurs, et aux gestionnaires de la Réserve Naturelle d'Aulon : Luc Tillard, Maurice Dubarry, Loyann Boy, et Juline Duclaux.

Nos remerciements s'adressent également à Jean-Bernard Dubarry Maire d'Aulon et aux personnels de la municipalité pour leur soutien depuis le début de cette recherche.

Nous remercions l'association La Frênette avec qui nous collaborons depuis 2018 et qui nous témoigne, chaque année, soutien et appuis.

Nous souhaitons également remercier le Département des Hautes-Pyrénées, son Président, Michel Pélieu ainsi que François Giustiniani, Conservateur général du patrimoine et Directeurs des Archives et des patrimoines au Département des Hautes-Pyrénées, Sébastien Pugin Chargé de mission Culture Occitane et Territoire au Département des Hautes-Pyrénées, Marion Fourcayran, Chargée de mission Patrimoine et Cyprine Lorthiois, assistante au Service Vie Associative du Département des Hautes-Pyrénées.

Nos remerciements vont aux membres de la ZA-Pygar pour le soutien nancier apporté à notre programme de recherche.

Nous remercions également les directeurs des laboratoires TRACES (Nicolas Valeyron) et GEODE (Vanessa Py) pour le soutiens et l'intérêt qu'ils portent à ce programme de recherche. Nous remercions également le service de gestion du laboratoire TRACES (Cyril Guillot et Sara Armengaud) pour leur implications dans cette recherche.

En n, nous remercions grandement Marie-Madeleine Calastrenc, Jean-Pierre Calastrenc, Raphaël Goulais et Frédéric Hancke-Goulais, accompagnateurs et soutiens infatigables.

NOTA BENE

Les campagnes 2020 et 2021 ont été complexes à mettre en œuvre.

Comme toute la société civile, les activités des membres du programme TAHMM ont été fortement impactée par le coronovirus (SRAS-CoV-2). Les con nements, les variations des normes sanitaires ainsi que la multiplications des périodes de restrictions voire d'interdictions des déplacements à des ns professionnels ont fortement limitées le travail de terrain et les acquisitions de nouvelles données.
Il a également fallut faire face à des aléas climatiques. Ainsi, en 2020, l'arrivée très précoce de la neige (mi-septembre), a obligé à annuler les héliportages et donc le travaux de terrain.

En 2021, la session sur les estives d'Enveitg a été perturbée par la société d'héliportage « Hélibéarn ». Dans un premier temps, ils ont supprimé une journée de travail au pro t d'un chantier plus rémunérateur, puis ils ont tout simplement annulé, 10 heures avant le transport, le seul jour restant en raison d'une mauvaise gestion de leur planning de maintenance (Cf Annexe).
Malgré ces difficultés organisationnelles, plusieurs campagnes de terrain ont eut lieu, en 2021, dans la Réserve Naturelle d'Aulon qui ont permis de mettre en pratique de nouveaux appareillages (Lidar et magnétomètre) et de poursuivre les tests méthodologiques (photogrammétrie et thermographie).

Même si l'année 2020 fut blanche (en ce qui concerne les acquisitions de nouvelles données) et que l'année 2021 a été amputée d'une partie de sa programmation de terrain , elles ont également été utilisée pour développer les procédures de traitement des données acquises et de celles réalisées en 2021. 2021, a également été une année dédiée à la formation des membres du programme aux statistiques spatiales, à la télédétection satellitaire et à l'intelligence arti cielle. 2021 s'est aussi centrée sur la communication et la di usion des premiers résultats du programme TAHMM. Ces actions de valorisation scienti que ont débouché sur la publication d'article scienti que, la communication dans le cadre de colloque internationaux et des séminaires scienti ques ainsi que sur di érentes actions tournée vers le grand public.

Chapitre 1- Intérêts scienti ques et administration de la recherche

CHAPITRE 1

Intérêt des recherches sur les espaces montagnards dans la longue durée

Intérêt de la recherche **15-16**

Enjeux scientifiques **16-17**

Maximiser l'acquisition des données primaires **17-18**

Les verrous méthodologiques à dépasser **18-20**

Vers une approche intégrée multi-capteur **20-26**

Télédétection satellite : classification semi-automatique/automatique 21-22

Changement d'échelle : acquisition par drone 22-23

Géophysique : géoradar et magnétomètre 23

Analyse chimique des sols : l'XRF 23-26

Zones d'étude **27-31**

Équipe scientifique **32-33**

Bilan chargé **34**

Budget **35**

Cirque de Barroude

CHAPITRE 1

Intérêt scienti que et administration de la recherche

Intérêts des recherches

Longtemps pensés comme immuables, les sociétés, les environnements et les systèmes d'exploitation des espaces montagnards ont été soustraits au regard archéologique. Il aura fallu plusieurs décennies d'interactions et de dialogue entre les sciences humaines et les sciences de la nature, et une somme d'avancées méthodologiques et techniques, pour que ces espaces soient envisagés autrement. Soumis aujourd'hui à des questionnements interdisciplinaires intégrés, ils 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 sept 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 transparaître 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 distribution spatiale 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.

Enjeux scientifiques

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 ;Barker et al, 1991 ; Garssia Casas, 2018 ; Gassiot et al., 2016 ; Gassiot et al, 2013 ; Guédon, 2013 ; Guédon, 2006 ; Guillot, 2017 ; Le Couédic et al, 2014 ; Mientjes et al, 2010 ; Mientjes et al, 2010 ; Mocci et al, 2005 ; Orengo, 2010 ; Palet J.-M., 2006 ; Palet J.-M., 2013 ; Saint-Sever et al, 2016 ; Reitmaeir, 2013 ; Reitmaeir, 2012 ; Rendu et al, 2016 ; Rendu et al, 2015 ; Rendu et al, 2012 ; Rendu, 2003 ; Rendu, 2002 ; Rendu, 2000 ; Rendu et al, 1995 ; Walsh et al, 2019 ; Walsh et al, 2010 ; Walsh et al, 2009 ; Walsh et al, 2005).
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 déployé des études archéologiques, environnementales, historiques et ethnologiques. Ces projets sont construits en prenant appuis sur des partenariats similaires avec les services du patrimoine, les collectivités territoriales, pacs nationaux et régionaux et les réserves naturelles.

Maximiser l'acquisition des données primaires

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 (Ferdière et al, 1979 ; Ferrdière, Zadora-Rio, 1986 ; Pasquinucci, Trément, 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 micro-reliefs. 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 millier d'hectares) au regard de la superficie des massifs montagneux. Ainsi, l'estive d'Anéou (Pyrénées-Atlantiques) de presque 1 300 hectares a été prospecté 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) et les 40 000 hectares du Parc d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici (Catalogne, Espagne)

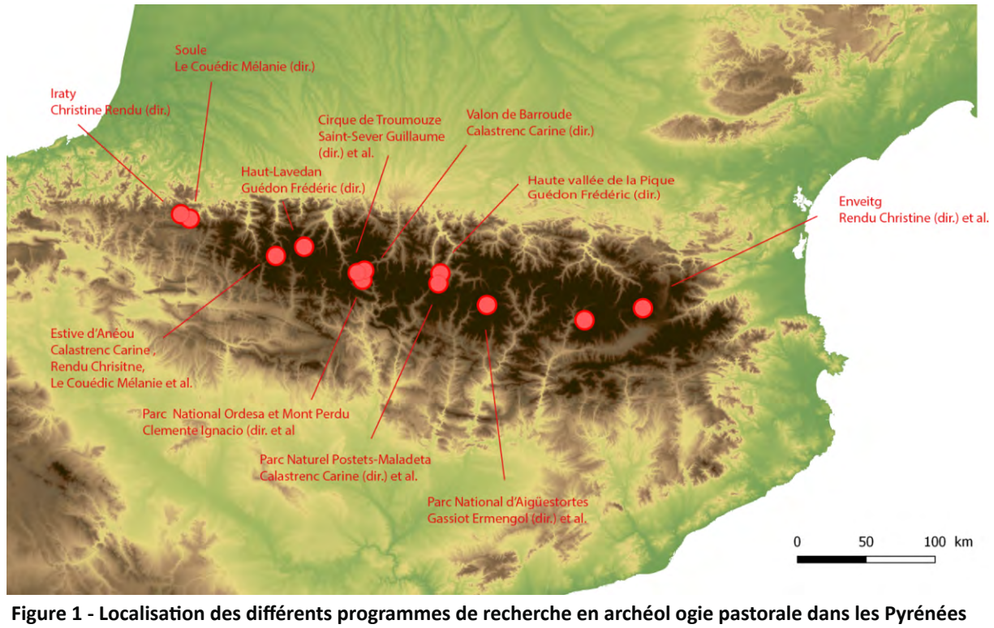


Figure 1 - Localisation des différents programmes de recherche en archéol ogie pastorale dans les Pyrénées

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.

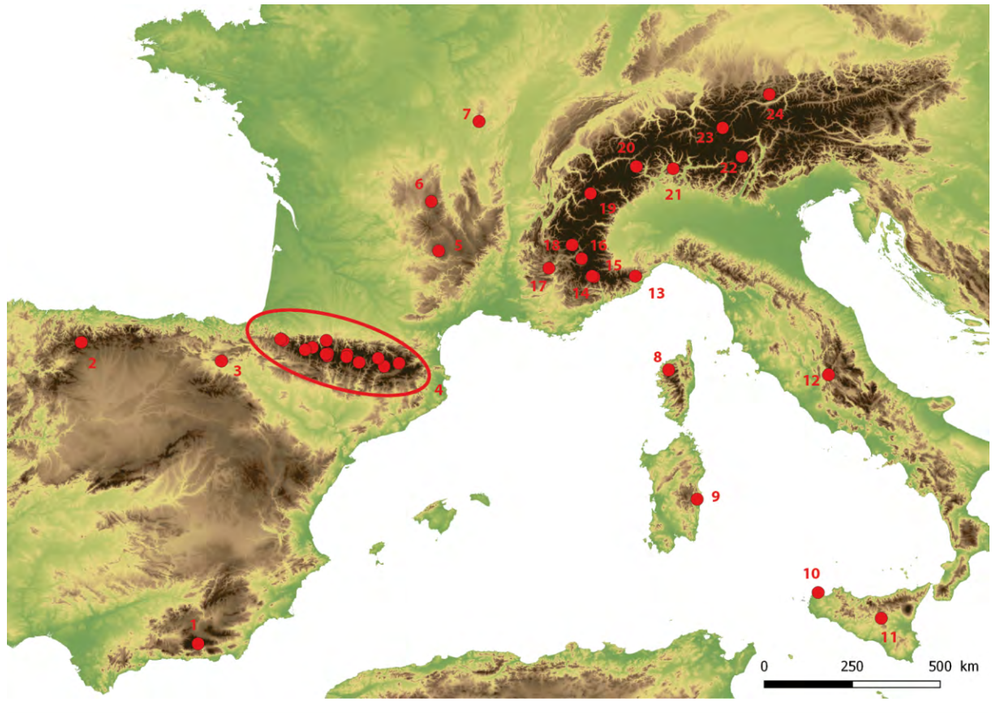
Accéder à une information archéologique qui soit la plus complète possible dans un temps relativement court est l'enjeu de la phase de prospection en milieu d'altitude.

Les verrous méthodologiques à dépasser

Malgré les différentes évolutions techniques déployées ces dernières années pour faciliter et optimiser le travail de prospection, 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 ?

Les nouvelles avancées technologiques, la diversification et la miniaturisation des capteurs,



Num	Zone d'étude	Pays	Resp. op.	Num	Zone d'étude	Pays	Resp. op.
1	Sierra Nevada	Espagne	Romeo. P et al	13	Apennin	Italie	Moreno. D et al
2	Cabrillanes	Espagne	Alvarez D et al	14	Mercantour	France	Geist et al.
3	Alava	Espagne	Varon R et al	15	Vallée La Roya	France	Palmero B et al.
4	Pyrénées (cf fig. 1)			16	Ubaye	France	Garcia et al
5	Aubrac	France		17	Vallée de Buech	France	Morin et al
6	Puy-de-Dôme	France		18	Champsaur	France	Leveau et al
7	Mont Beuvray	France		19	Col du Petit St Bernard	France	Leveau, Segarde t al
8	Balagne	France		20	Col du Simplon	Suisse	Cury. P et al
9	Fonni	Italie		21	Levantine	Suisse	Della Casa et al
10	Cistonaci	Italie		22	Val di Sole	Italie	Carrer et al.
11	Enna	Italie		23	Silvretta	Autriche	Reitmaier et al
12	Cicolano	Italie		24	Karwendel	Autriche	Nicolai (von) et al

Figure 2 - Localisation d'une partie des programmes de recherche en archéologie pastorale dans les montagnes du sud de l'Europe

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 TAHMM (Télédétection Archéologique en Haute et Moyenne Montagne) : https://www.tahmm.fr/. Son objectif est d'utiliser toutes les 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 et 2019).

Le programme TAHMM s'appuie sur des partenariats et un appui financier de la DRAC, de la Réserve Naturelle d'Aulon, du Conseil Départemental des Hautes-Pyrénées et de la ZA PYGAR. Portés par les laboratoires TRACES (U%MR 5608) et FRAMESPA (UMR 5136), ce programme de recherche se base sur une collaboration scientifique avec des structures de recherche en paléo-environnement (laboratoire GEODE – UMR 5602). Ainsi, les membres du programme TAHMM 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.

Vers une approche intégrée multi-capteur

L'objectif de ce programme de recherche est purement et uniquement méthodologique. Il cherche à trouver les meilleurs outils et traitements de 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 drone, photogrammétrie par drone et satellite, thermographie aéroportée par drone, géoradar, capteur magnétique et analyse chimique des sols par fluorescence-X. L'ensemble des ces appareillage sont, dans un premier temps, utilisé à titre exploratoire.

Pourquoi mettre en œuvre un panel d'outil 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 structures ont été identifiées par photo-interprétation à partir d'une orthophotographie faite 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. 3) 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'arbuste de type genet 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.

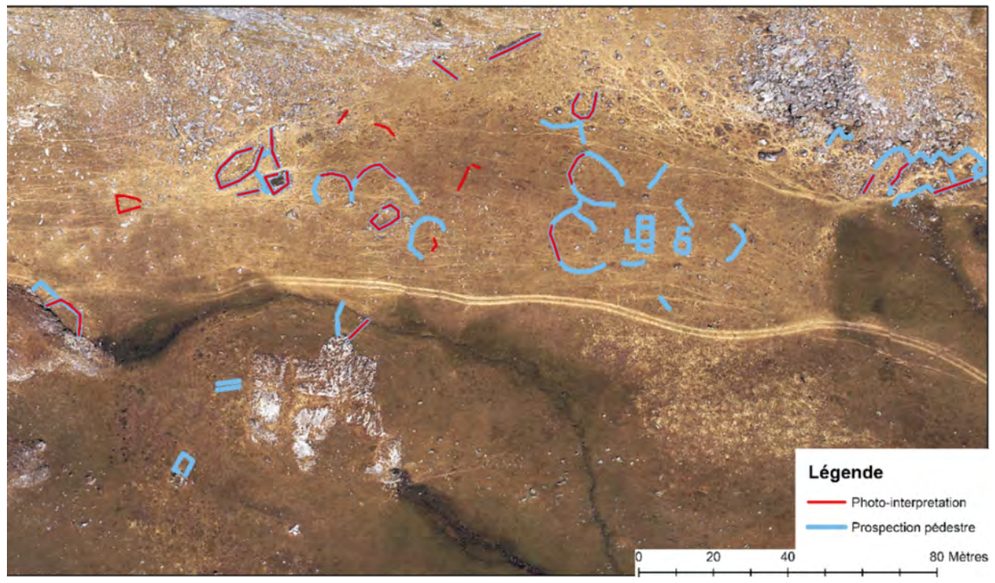


Figure 3 - Comparaison entre les résultats d'une photo-interprétation à partir d'une image satellite de l'IGN et

En 2018 et 2019, une première série d'outil a été expérimenté : télédétection par satellite, photogrammétrie par drone, thermographie aéroportée par drone, et analyse chimique des sols par fluoresence-X (Calastrenc et al, 2018 ; 2019).

Télédétection satellitaire : classification semi-automatique/ automatique

Des travaux de détection automatique ou semi-automatique de sites archéologiques par traitement d'image satellite ont déjà été réalisé sur des secteurs de haute montagne. Ainsi, l'équipe de recherche travaillant sur le Puy-de-Dôme (Toumazet et al, 2017) ont 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 emprunte spatiale ainsi qu'une forme simple et "standardisée" des bâtiments. 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. K et al, 2010, Lambers. K et al. 2013a, 3013b, Zingman I et al., 2013a et 2013b, Zingman I et al, 2014, 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 ont permis de détection des structures simples, isolées dans des zones enherbées et ayant conserver 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 satellite n'est actuellement pas suffisante 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 reconaître une structures, il est nécessaire qu'elles soit renseigner par plusieurs pixels. Ainis, seuls les grands ensembles et/ou les constructions fortement visibles (un enclos isolé dans la pelouse) peuvent être perçues. Toutes les infrastructures pastorales arasés identifiables que par un micro-relief ou quelques blocs alignés restent actuellement inaccessible 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 aisés car leurs murs sont très souvent visibles sur les images aériennes par une ligne de pierre bien nette au milieu d'une zone herbeuse. 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) Mais comment repérer les constructions totalement arasées, généralement les plus anciennes, entièrement recouvertes par la végétation et perceptibles que par des micros-reliefs d'une dizaine de centimètre 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 ?

Changement d'échelle : acquisitions par drone

Le projet de recherche TAHMM ne s'axera pas que sur l'usage exclusif d'images satellite, mais sur une démarche d'intégration de données multi-sources (images multispectrales, thermographiques et photogrammétrie satellite et par drone) et sur la fusion de l'information acquise.

L'ensemble des outils et appareillages mit en œuvre s'utilisent à différentes échelles d'analyse. Ainsi, travailler avec des images satellite (R, V, B et NIR) permet de traiter de large territoire, mais, leur résolution spatiale 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, 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 de réduire les limites de la détection archéologique.

L'intérêt des drones vient également de la multiplicité et de la variété des capteurs utilisable. Multispectral, thermographie, lidar, photographie … le panel des appareillages implémentable sur drone ne cessent de se développer et permettent d'ouvrir l'archéologue à tout un ensemble d'outil difficilement accessible jusqu'ici.

L'usage des drones en archéologie devient de plus en plus courant. Toutefois, son usage se limite à de la seule photographie documentaire ou à de la photogrammétrie. Le traitement des données est rarement poussé au-delà de la seule constatation visuelle de la présence de vestiges sur les orthophotographie.

Le programme TAHMM cherche à exploiter au mieux les données issus des capteurs disponibles au sein du plateau TIG-3D pour maximiser la détection archéologique.

Géophysique : 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) seront utilisés. 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 réalisées par Mélanie Le Couédic (Le Couédic, 2014). Il a montré tout son intérêt en dévoilant, sur quelques sites, des anomalies pouvant correspondre à des vestiges d'aménagements enfouis sous la surface. Le magnétomètre permet quant à lui de cartographier les anomalies magnétiques dus à la présence d'objet 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.

Analyses chimiques des sols : l'XRF

En dernier lieu, est mis 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 la garde tout ou partie du bétail la nuit, de faire les soins et, si nécessaire, la traite. Les fouilles archéologiques du secteur de La padria à Enveitg faites par Christine Rendu (Rendu, 2003) ont également montré que des activités annexes nécessitant des

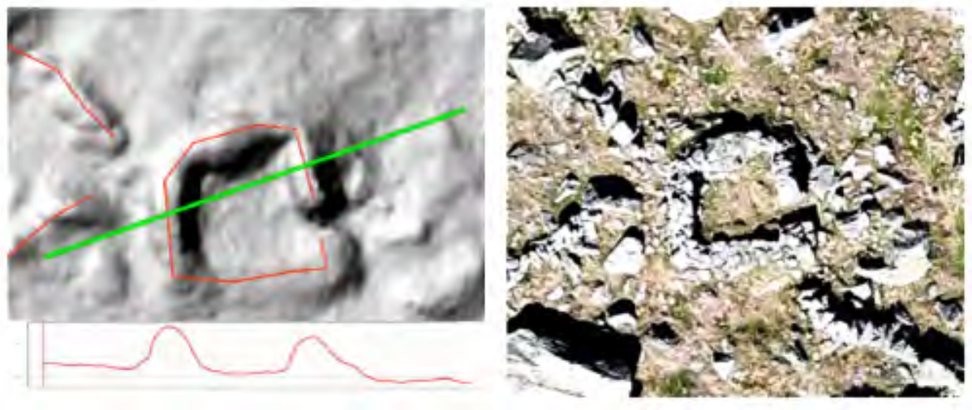


Figure 4 – MNT, profil et orthophotographie issues du traitement photogrammétrique de la structure n°3

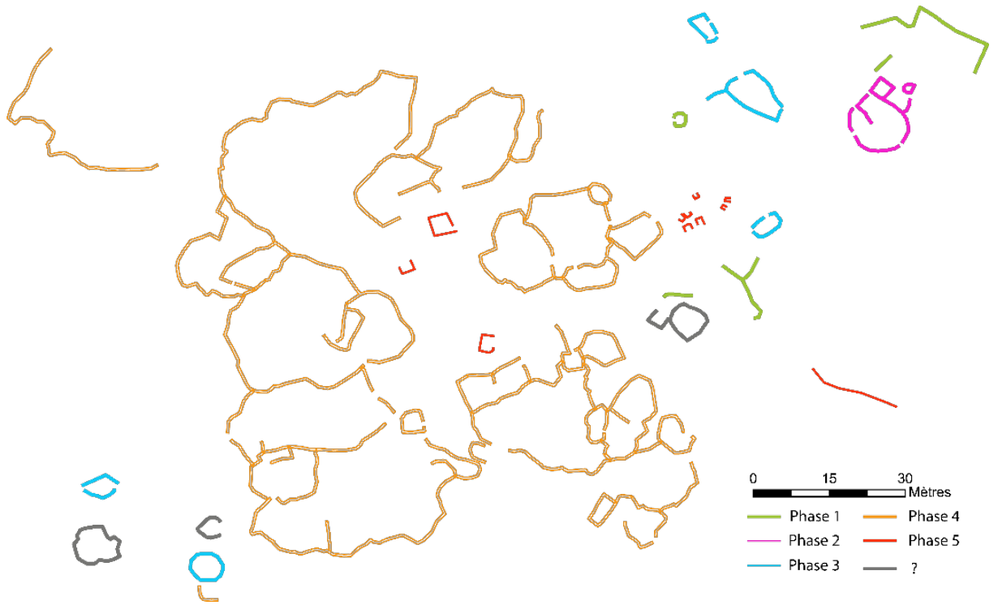


Figure 5 - Premier "phasage" des structures inventoriées sur le site du Liantran (Estaing) d'après l'état de conservation

foyers pouvaient être réalisées à l'intérieur des enclos. L'XRF, parce qu'il identifie les éléments chimiques présents dans le sol permet de localiser, en surfacique et en profondeur, les variations des taux des éléments traceurs des excréments des animaux : le Phosphore (P), l'azote (N), le magnésium (Mg), le calcium (Ca), le 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 l'association avec plusieurs autres éléments marqueurs des déjections animales ont débutés en 2018. (Fig. 7)

Du traitement des images satellite à l'analyse physico-chimique en passant par l'acquisition et l'analyse de données par drone, c'est l'ensemble des outils de télédétection archéologique, de géophysique et du paléo-environnement qui seront mis en pratique et confrontés aux contraintes des milieux d'altitude pour permettre une meilleure identification des vestiges archéologiques de ces milieux.

Les premières séries d'acquisitions (2018 et 2019) ont permis de travailler au développement des processus d'acquisition et à la définition des meilleures conditions d'observation en thermographie aéroportée par drone, photogrammétrie par drone, télédétection par satellite et XRF. Grâce a ces premiers travaux, une nouvelle procédure de traitement des données thermiques a été mise en place. Le process d'acquisition et de traitement des Modèle Numérique de Terrain (MNT) faits par photogrammétrie est maintenant également tout à fait opérationnel.

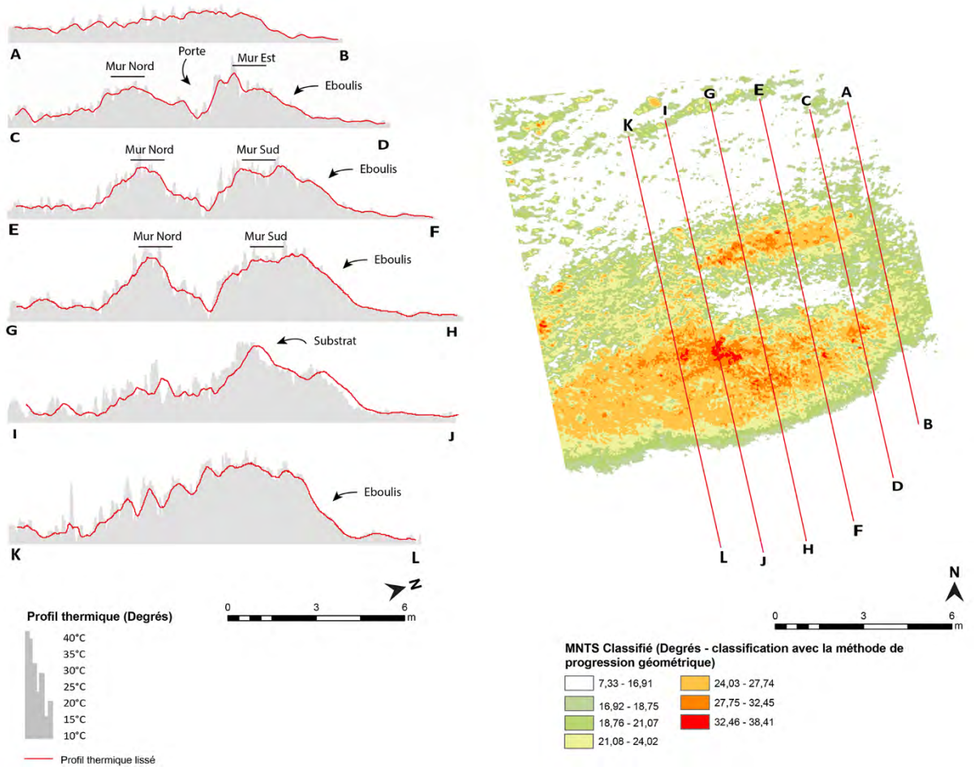


Figure 6 - Profils thermiques bruts et lissés (méthodes moyennes mobiles avec un ordre de 30) réalisés au niveau de la structure AU_015_001 – Secteur d'Avays (Réserve Naturelle d'Aulon) - Image extraite de l'article "Thermographie aéroportée par drone. Nouvelle procédure pour la détection archéologique en haute montagne » (Calastrenc et al. Revue ArchéoSciences, 2020, n°4 (1), pp. 81-96)

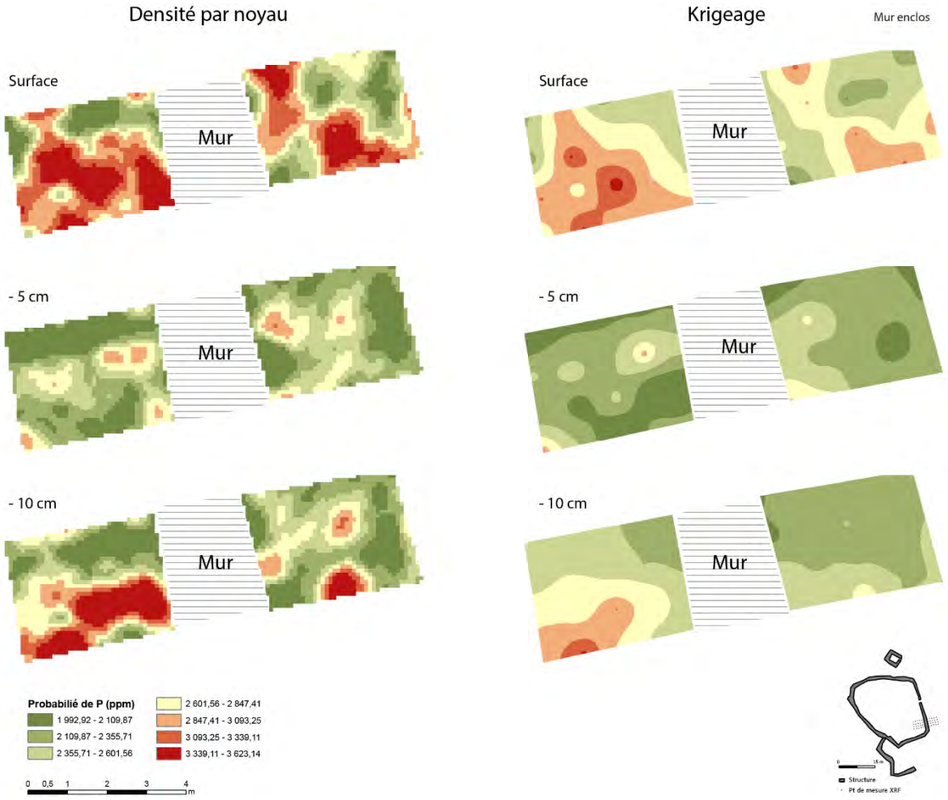


Figure 7 - - Carte de densité de P par calcul de densité par noyau et par krigeage (Calastrenc et al, 2019, p. 71-74)

En 2020 et 2021, grâce au soutien financier du Département des Hautes-Pyrénées et de la ZA Pygar, des héliportages ont pu être réalisés. Ils ont permis d'élargir le panel d'appareillage mit en œuvre qui était intransportable à dos d'homme (Fig. 8). Ainsi ont pu être déployé, en plus des outils utilisés les années antérieures, un drone équipé d'un capteur Lidar et de matériel de géophysique.

Figure 8 - Héliportage (Société Blugeon)

Zones d'étude

Le projet de recherche TAHMM se centre sur deux zones ateliers principales, toutes deux situées en région Occitanie (Enveitg et Aulon) et deux terrains secondaires situés en Nouvelle Aquitaine (Estaing et Laruns).

Enveitg (Pyrénées-Orientales) et Anéou (Pyrénées-Atlantiques) sont deux zones archéologiquement très bien connues et l'estive d'Anéou. Elles serviront de zones d'étalonnage des procédures d'acquisition et de traitement des données. Quant aux deux zones, vierges de toute recherche archéologique, il s'agit de la **réserve naturelle d'Aulon** (Hautes-Pyrénées) et de la commune d'Estaing (Hautes-Pyrénées), elles serviront des zones test. (Fig.9 et 10)

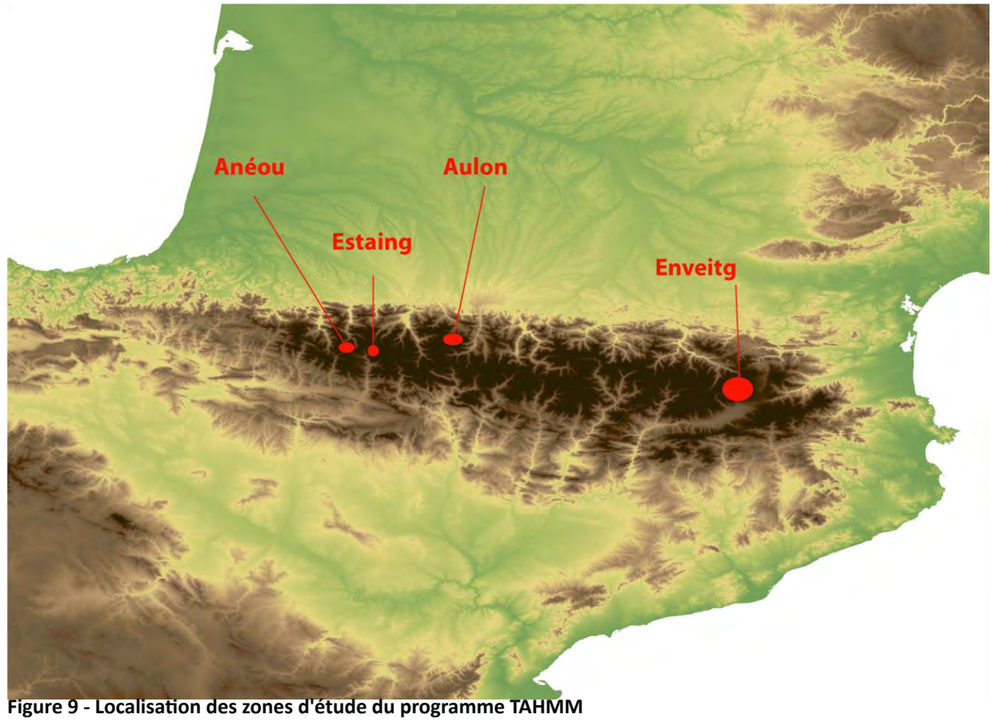


Figure 9 - Localisation des zones d'étude du programme TAHMM

Figure 10 - Tableau synthétique de présentation des zones d'étude incluses dans le programme de recherche

Département	Commune	Secteur	Superficie (ha)	Altitude mini (m)	Altitude max (m)	Archéo
Pyrénées-Atlantiques	Anéou		1256	1719	2487	Oui
Hautes-Pyrénées	Aulon		2884	1061	2884	Non
Hautes-Pyrénées	Enveitg		3052	1179	2579	Oui
Pyrénées-Orientales	Estaing	Liantran	3	1850		Non

La montagne d'**Enveitg** est archéologiquement très bien connue pour avoir été le cadre de la thèse de Christine Rendu (Rendu, 2003) qui a fait naître le domaine scientifique de l'archéologie pastorale de haute montagne. Le corpus archéologique établit, entre les années 1985 et 2005, 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 spatialisée 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. Sur ces fouilles, 42 datations 14C ont permis de documenter une occupation qui s'étendant du Néolithique ancien à nos jours. (Fig. 11)

Figure 11 - Estive d'Enveitg - depuis le lieu-dit "Plaa de l'orri" (Photo. N. Poirier, 2019)

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 artéfacts 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. 12)

Figure 12 - Estive d'Anéou (photo. C. Calastrenc, 2007)

Équipe scientifique

L'équipe scientifique du programme T.A.H.M.M est composée de chercheurs et d'ingénieurs des laboratoires TRACES (UMR 5608), FRAMESPA (UMR 5136) et GEODE (UMR 5602).

François Baleux

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

Spécialiste de la 3D, de la Géomatique, de la Télédétection et de la T1opographie. 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 TAHMM

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

Antoine Laurent

Doctorant spécialisé dans la 3D

Archéologue, géomaticien, topographe et spécialiste de la 3D en archéologie. Il travaille à l'intégration de la 3D dans toutes les phases de la recherche en archéologie, du territoire à l'objet, de la prospection à la valorisation scientifique et vers le grand public.

Magali Philippe

Assistant Ingénieure CNRS, Laboratoire GEODE (UMR 5602)

Écologue de formation, elle travaille sur l'analyse des dynamiques environnementales par le développement d'approches multisources permettant l'évaluation de services écosystémiques, d'analyses paléo-immunologiques et des éléments chimiques des sols.

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

Chargée 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.

Bilan chargé

	2018	2019	2020	2021			
Acquisition des données				*nb perso*	*nb jour terrain*		
						€/jours	
CR /MCF	7 000,00 €	7 000,00 €	9 800,00 €	*2*	*9*	1 400,00 €	12 600,00 €
IR	2 800,00 €	2 800,00 €	4 200,00 €	*1*	*11*	700,00 €	7 700,00 €
IE	2 755,56 €	2 755,56 €	4 133,34 €	*1*	*9*	688,89 €	6 200,01 €
AI	2 355,56 €	3 533,34 €	3 533,34 €	*1*	*6*	588,89 €	3 533,34 €
Traitement des données							
				nb perso	*nb jour*	€/jours	
CR/MCF	2 800,00 €	5 600,00 €	4 200,00 €	*2*	*4*	1 400,00 €	5 600,00 €
IR	14 000,00 €	17 500,00 €	17 500,00 €	*1*	*30*	700,00 €	21 000,00 €
IE	1 377,78 €	1 377,78 €	2 066,67 €	*2*	*5*	688,89 €	3 444,45 €
AI	1 766,67 €	2 355,56 €	1 766,67 €	*1*	*3*	588,89 €	1 766,67 €
Sous_Total	34 855,57 €	42 922,24 €	47 200,02 €			6 755,56 €	61 844,47 €

	2018	2019	2020	2021
Etat (autres que SDP/SDA)	–	–		–
Collectivités territoriales :				
Région	–	–		–
Département des Hautes-Pyrénées	–	–	1 212,00 €	1 700,00 €
Commune, communauté de communes	–	–		–
Autres	–	–		–
Ministère de la Culture (SDA)	1 000,00 €	1 000,00 €	3000,00 € Demande de report du reliquat de la subvention de 2020 sur 2021 acceptée	
Autre –				
Réserve naturelle d'Aulon	1 000,00 €	1 000,00 €		1 000,00 €
Parc National des Pyrénées	1 500,00 €	–		–
CNES (ISIS-Pléiade Acquisition d'image satellite)	–	12 183,00 €	12 183,00 €	–
Q3 - ZA Pygar	–	–	3 000,00 €	
Sous_Total	3 500,00 €	14 183,00 €	16 395,00 €	5 700,00 €
TOTAL prog. TAHMM 2021	38 355,57 €	57 105,24 €	16 395,00 €	67 544,47 €

***NOTA BENE** = L'association CAML gère les subventions du Ministère de la Culture, du Département des Hautes-Pyrénées et de la Réserve Naturelle d'Aulon. Le laboratoire TRACES gère la subvention de la ZA Pygar. Le CNES assure sur ses propres crédits les acquisitions d'image satellite Pléiade.*

Budget

Enveitg	Nb pers.	Nb jour	Prix unitaire	H.T	T.T.C	Fournisseur
Hôtel						
Repas soir (équipe GRAHC)						
Pique-nique			Annulé par la Société Héli-Béarn			
Héliportage (2 x 3 rotations)						
Essence						
Location véhicule + franchise						
			Sous-Total Enveitg	*0,00 €*	*0,00 €*	
Aulon						
Héliportage (2 x 3 rotations)				1515	1 818,00 €	Blugeon
Alimentation (soir et midi)				112,06 €	140,07 €	Intermarché
A/R Toulouse - Aulon				80,00 €	100,00 €	
A/R Toulouse - Aulon					87,30 €	
A/R Toulouse - Aulon					87,30 €	Essence + péage
A/R Toulouse - Aulon					87,30 €	
A/R Toulouse - Aulon					87,30 €	
			Sous-Total Aulon	*1 707,06 €*	*2 407,27 €*	
Divers						
Papeterie				10,36 €	12,95 €	Carrefour
Cantine	2			67,92 €	84,90 €	Castorama
Trousse secours				93,22 €	116,52 €	SecuriMed
Masque + gel + lingettes				24,83 €	31,04 €	Carrefour
Glacière	2			15,92 €	19,90 €	Picard
Cups XRF				351,14 €	421,37 €	FisherScientific
Mylar				240,00 €	275,00 €	Fluxana
Cantine				40,00 €	50,00 €	Le bon coin
Gourdes thermos	2			24,74 €	30,93 €	Carrefour
Logiciel DAO				67,18 €	83,97 €	Serif
Pièces informatique				750,00 €	900,00 €	LCLD
Disque dur externe	1			295,99 €	369,99 €	Amazon
Reproduction rapport				208,33 €	250,00 €	
Frais de gestion CAML				331,78 €	414,72 €	CAML
Frais inscription association CAML				24,00 €	30,00 €	CAML
			Sous-Total Divers	*2 545,41 €*	*3 091,29 €*	
			Total Mission (Drone - Géophysique)	4 252,47 €	5 498,56 €	

***NOTA BENE 1** : Ces différents postes de dépenses peuvent provenir des subventions gérées par le CAML ou par celles suivies par les services de gestion du laboratoire TRACES (subvention ZA-Pygar).*

***NOTA BENE 2** : L'hébergement de l'équipe scientifique sur le secteur d'Aulon est assuré dans l'habitation personnelle du responsable scientifique du programme scientifique TAHMM.*

Chapitre 2 - Résultats scienti ques 2020 - 2021

CHAPITRE 2

Processus de traitement et analyses des données primaires

Photogrammétrie par corrélation dense d'image **43-55**

Modèle Numérique de Surface (MNS) et orthophotographie 44-45

Alignement des clichés *44*

Sélection des points les plus « fiables » *44*

Construction du nuage dense *44*

Sélection sur la valeur de confiance *44-45*

Export des produits finis *45*

Traitements et visualisations du MNS 45

Mesurer les performances des algorithmes 45-55

Forte variabilité des territoires *48-51*

Mesurer l'efficacité des algorithmes *52-53*

Combiner les visualisations *53-55*

Réalisation de relevés magnétométrique **55-63**

Condition d'intervention 56-57

Matériel utilisé 57-58

Procédure de traitement des données 58-64

Grille 1 *59*

Grille 2 *59-60*

Grille 3 *60-61*

Grille 4 *61*

Relevé thermique aéroporté par drone **63-68**

Matériel utilisé et procédure d'acquisition 63-64

Traitement des données 64-68

Str. 32,33, 34, 35, 82,156 *65*

Str. 39 et 47 *66*

Str. 102 - 103 *67*

Str. 152 *68*

Relevé Lidar par drone **69-71**

Matériel utilisé 69

Conditions de vol 69

Traitement des données brutes 70-71

CHAPITRE 2

Processus de traitement et analyses des données primaires

Photogrammétrie par corrélation dense d'image

Le processus photogrammétrique est maintenant totalement maîtrisé (Fig. 13). Pour améliorer ce processus, la prochaine étape est celle de l'automatisation de l'interprétation des MNS et l'insertion de l'Intelligence Artificielle. Cela demandera la mise en place de différentes collaborations scientifiques, du temps et de moyens financiers spécifiques.

En 2019, nous avions couvert 9 hectares du replat de l'Auloueilh. En 2021, nous avons portée la surface « photogrammétrisée » à 23,87 hectares.

Ces nouvelles acquisitions ont été faite avec un drone Parrot Anafi. Les vols se sont déroulé à une hauteur variant de 20 m à 50 m. Les prises de vue ont été réalisées en vol à vue, avec un déclenchement automatique tous les 5 m via une connexion avec le GPS interne du drone.

Pour pouvoir associer les vols de 2019 et ceux de 2021, un fort recouvrement des surfaces a été mis en place. Cela permet de ne pas avoir de déformation au niveau des zones de « connexion » .

Au totale, se sont 4369 photos qui ont été utilisées.

Pour pouvoir obtenir des produits finis (Orthophotographie et Modèle Numérique de Surface) qui soient métriquement justes, 34 cibles codées ont été réparties sur l'ensemble de la zone d'étude. Leurs coordonnées ont été relevé à l'aide d'un GPS Différentiel (2 Trimble GeoXH 6000 série prêtée par le Deepe).

Pour cela, une base GPS a été installée à proximité de la zone de décollage. Le deuxième GPS a servi au pointage de toutes les cibles codées (Fig. 14).

Figure 14 - Exemple de cible codée Metashape

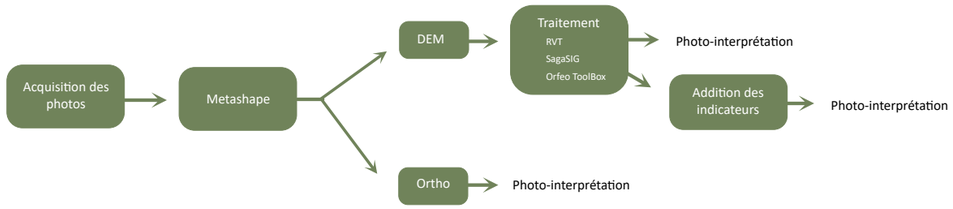


Fig. 13 - Workflow du processus photogrammétrique

Le travail s'est ensuite poursuivi en laboratoire. La correction différentielle entre les données des DGPS « « Base » et « Mobile » a été réalisé avec le logiciel Pathfinder. Cette procédure permet de passer d'une précision de positionnement des points de 2-3 m à 1 à 10 cm.

Modèle Numérique de Surface (MNS) et orthophotographie

La construction par photogrammétrie du MNS du replat de l'Auloueilh a été réalisée avec le logiciel Metashape (Cf rapport en Annexes).

Alignement des clichés

Faire un bon alignement des photographies est primordial dans le cadre d'un travail photogrammétrique car c'est de lui dont va dépendre la qualité des produits dérivés qui seront produits.

A la fin du processus de traitement (qui a duré 6 heures), un nuage épars de 403 854 points a été obtenu.

Positionnement des Markers (ou point de repère).

Metashape utilise des repères pour localiser les cibles au sein de la scène (le modèle). Ces repères (en lambert 93- EPSG 2154) sont utilisés pour associer un système de coordonnées au modèle et le rendre métriquement juste.Plus les repères sont visibles sur de nombreuses photographies et plus le modèle sera précis.

Sélection des points les plus « fiables »

La construction d'un bon modèle doit s'appuyer sur des points épars fiables (issus de l'alignement), c'est à dire sur les points pour lesquels l'imprécision de la reprojection est la plus basse. Il est donc nécessaire de passer par une étape de sélection des points de l'alignement les plus « solides ». Ce qui est recherché ici, c'est de réduire l'épaisseur du nuage de points issus de la photogrammétrie et ainsi de s'approcher le plus possible de la réalité terrain. Cette procédure permet également de réduire l'erreur RMS (moyenne des erreur de reprojection) et Max de reprojection.

Après traitement, voici les données :

- Erreur RMS = 0,5 pixel

(erreur moyenne de la distance entre un point sur une image et la reprojection du point 3D)

- Erreur Max = 3,91 pixels

(distance maximale entre un point sur une image et la reprojection du point 3D)

Construction du nuage dense

C'est sur cette « sélection » de points que va être construit le nuage de point dense.

Dans le cas de la photogrammétrie du replat de l'Auloueilh, le nuage dense finalisé comprend 743 916 391 points. Sa génération a demandée 6 heures.

Sélection sur la valeur de confiance

A partir du nuage de point dense, une seconde sélection se basant sur la « confiance » est réalisée. La valeur de confiance correspond à la redondance des images. Ainsi, les points documentés par au moins 8 photographies sont plus fiables que ceux documentés par 2 photographies. Sélectionner les points sur des zones à forte redondance d'image permet de réduire encore un peu plus l'erreur de reprojection des points.

Export des produits finis

Une fois fait, la texture et le maillage sont construits.

Vient ensuite l'étape de la construction du MNS et de l'orthophotographie. Ces deux produits finis sont exportés sous format rasters.

Traitements et visualisations du MNS

A partir du Modèle Numérique de Surface (MNS), et dans le but d'améliorer le processus de détection des vestiges archéologiques, plusieurs traitements et visualisations ont été réalisées.

Parmi tous les traitements, il faut citer ceux qui utilisent l'illumination des objets constituant l'environnement comme Sky View Factor, Simple Local Relief Model (SLRM), Positive Openness, Negative Openness, Multi-ombrage, Sky Illumination Model.

Il existe également des algorithmes de morphométrie qui cherchent à quantifier la rugosité d'un environnement et ses variations topographiques. Ce sont les algorithmes du type Topographic Position Index (TPI), Relative Heights and Slope Positions, Slope, Aspect, Curvature, Terrain Ruggedness Index (TRI), Vector Ruggedness Measure (VRM), , curvature classification.

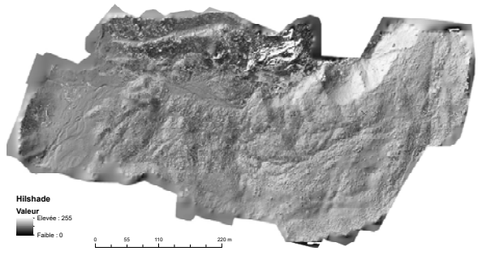
Ces outils sont implémentés dans plusieurs logiciels tels que RVT de l'Institut d'anthropologie et d'études spatiales de Ljubljana-Slovénie), QGis, ArcGis, GRASS, mais aussi LasTools, Whitebox Tools et Orféo Tool box.

La logiciel RVT permet également d'utiliser un algorithme dédié à la détection archéologique qui combine plusieurs visualisations : Archaeological VAT. Cet algorithme mixte les résultats du Sky View Factor, d'Openness Positive, du Slope Gradient et de l'ombrage. (Fig. 15)

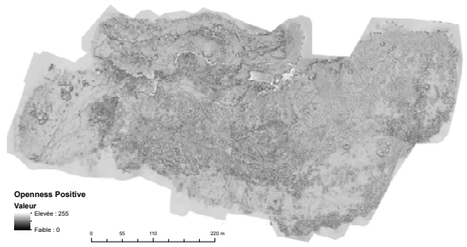
Mesurer les performances des algorithmes

30 algorithmes ont été testé sur l'ensemble des zones d'étude. Ainsi, en multipliant les visualisations, la perception des variations topographiques s'enrichit et la détection des structures archéologiques s'affine ou, à minima, se renforce.

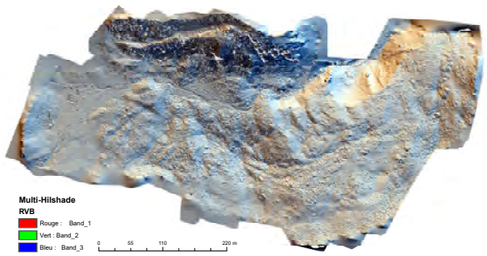
Sur les 30 traitements, seulement 19 ont été retenus. Les résultats des 11 autres (Downslope Distance Gradient, Multiresolution Index of Valley Bottom Flatness, Topographic Position Index, Upslope Curvature, Downslope Curvature, Local Curvature, Local Upslope, 'multiresolution index of the ridge top flatness) ont été délaissés car nuls (aucune détection).



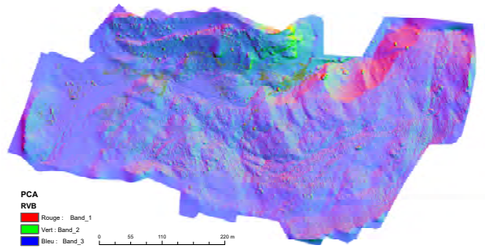
Hilshading- Azimuth 315°
Elevation du soleil : 35°



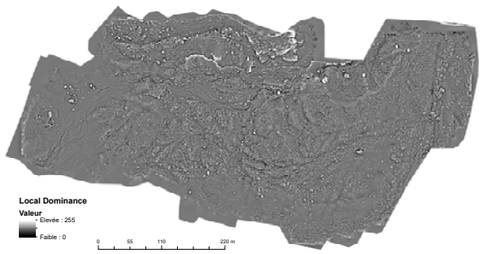
Positive Openness (RVT)
Nombre de direction : 32- Radius : 10 m



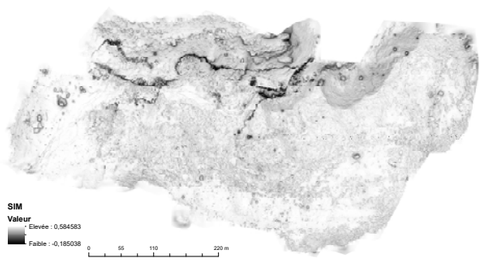
Hilshading – 16 directions (RVT)



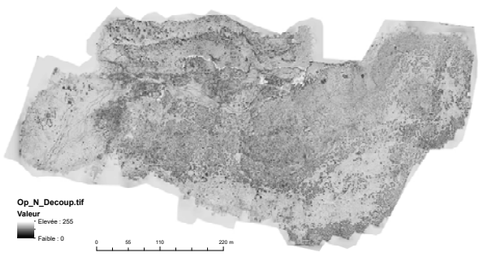
PCA Hilshading (RVT)



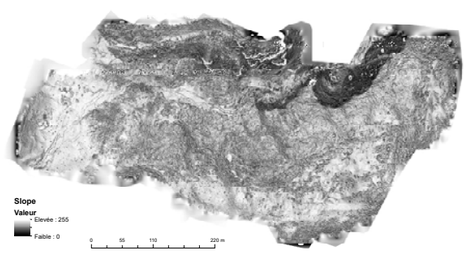
Local Dominance (RVT)
Radius : 10-20 m



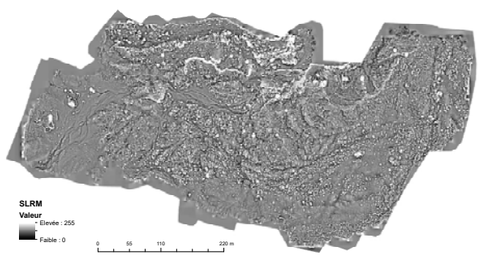
Sky Illumination Model (RVT)



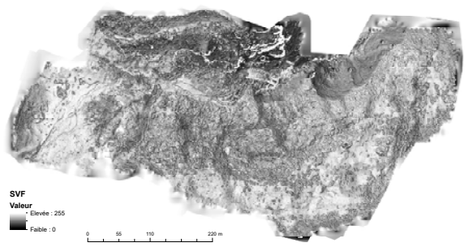
Negative Openness (RVT)
Nombre de direction : 32
Radius : 10 m



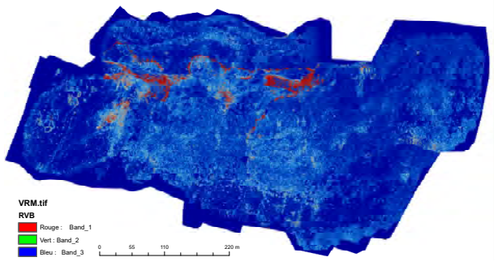
Slope (RVT)



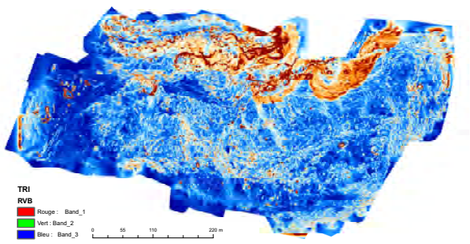
Simple Local Relief Model (RVT)
Radius = 10 m



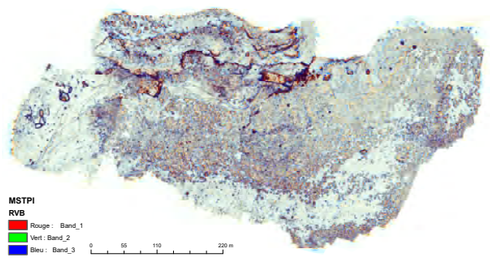
Sky View Factor (RVT)
Nb de direction = 32 ; Radius = 10 m



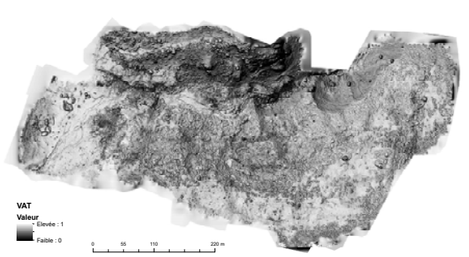
Medium Vector Ruggedness Measure (SagaSig)
Radius = Cercle de 5 m



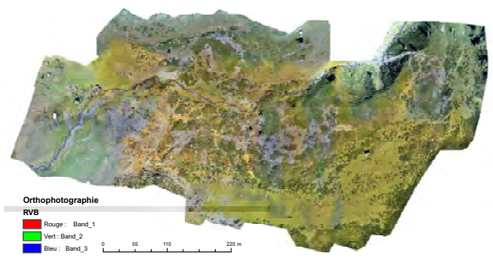
Terran Ruggedness Index (SagaSig)
Radius = Cercle de 5 m



Multiscale Topographic Position Index (SagaSig)
Mini scale)= ; Max scale = 10 ; Nb scale = 3



VAT Archaeological (RVT)



Orthophotographie (Metashape)

Fig. 15 - Résultats des traitements réalisés d'après le MNS (En rouge figure l'emplacement des structures identifiées à partir de chaque résultat)

Ont également été écartés les résultats des traitements VAT -Général et VAT-Steep. Les résultats de ces deux derniers algorithmes seront utilisés dans un deuxième temps de l'analyse.

Forte variabilité des territoires

Dans un premier temps, il est nécessaire de vérifier si chacun des territoires étudiés présentent les mêmes caractéristiques environnementales et archéologiques ou s'ils ont des particularités, et si oui, définir lesquelles. L'observation de la spatialisation du nombre d'identification des structures (Fig. 17) et des tableaux synthétiques (Fig. 16 et 18) permet de constater de fortes disparités de détection entre les algorithmes, les territoires mais aussi entre les structures.

La reprise végétale marque fortement les secteurs du Plaa de l'orri et de l'Auloueilh. Elle empêche toute observation archéologique sur respectivement 40% et 54% de leur superficie. Les chaos rocheux représentent la quasi totalité du secteur du Liantran (80%). Ces formations paraissent permettre une meilleure conservations des vestiges archéologiques : 61% des structures y montrent bon état de conservation. Les secteurs où la couverture herbeuse est importante (Auloueilh et La Glère) présentent des vestiges archéologiques arasés, voire très arasés.

Comment réagissent les algorithmes face à cette variabilité des terrains d'étude ?

Sur les 4 territoires d'expérimentation du programme TAHMM, avec des capacités de détection moyenne de 76% (Fig. 18), c'est l'observation de l'orthophotographie qui est la méthode la plus efficace. Les autres algorithmes utilisés détectent, en moyenne, moins de structure (32%).

Les pourcentages de détection des structures archéologiques sont également très variables d'un secteur à l'autre et d'un algorithmes à l'autre. Par exemple, l'ombrage identifie 38,22% des aménagements sur Aulon, 22,41% à Anéou, 58,73% sur le Liantran et 27,5% sur l'estive d'Enveitg. Quant à l'algorithme Sky Illumination Model (SIM), il localise 7% des structures sur Aulon, 27,59% à Anéou, 61,90% sur le Liantran et 15% à Enveitg (Fig. 17 et 18).

L'amplitude de la variation du pourcentage de détection des algorithmes s'étend de 95,83 % (Openness Negative au Liantran) à 0% (Terrain Ruggedness Index (TRI) et General Curvature à Anéou, Model Topographic Position Index (MSTPI) à Enveitg et General Curvature à Aulon). Cette très forte variabilité s'explique par les modèles mathématiques sous-jacents qui ont un impact sur le rendu final.

L'état de conservation des vestiges archéologiques paraît également être un élément important influant sur les résultats. En effet, Aucune structure, sur aucun des quatre secteurs étudiés, n'est identifiées par tous les algorithmes. Même si la très grande majorité des constructions (95,8%) sont perçues par au moins un traitement, certaines restent totalement invisibles. Ainsi, sur Enveitg, 16 structures ne sont visibles sur aucun des rasters issus des traitements des MNT. Il s'agit d'édifice déjà

	Secteur de l'Auloueilh Réserve Naturelle d'Aulon (65)	Secteur La Glère - Anéou (Laruns - 64)	Secteur du Liantran (Estaing - 65)	Secteur du Plaa de l'orri (Enveitg - 66)
Superficie totale	23 hectares	11,74 hecatres	3,84 hectares	12,41 hectares
	Environnement			
Orientation (ouvre vers ...)	Est	Sud	Ouest	Sud
Encaissé/ouvert	Encaissé	Ouvert	Encaissé	Ouvert
Chaos rocheux	Oui	Oui	Oui	Non
% de chaos	3,04%	14,34%	80,26%	0%
Végétation ligneuse	Oui	Non	Non	Oui
Type	Rhododendron			Genêt et pin
% de végétation ligneuse	40%	0%	0%	53,90%
% arbre	0%	0%	0%	4,43%
% herbeuse	56,90%	85,65%	0%	41,67%
	Archéologie			
Etat de conservation				
Bon (sup. 60 cm)	20%	4%	31%	15%
Moyen (entre 30 et 60 cm)	16%	33%	30%	57%
Arasé (inférieur à 30 cm)	64%	63%	38%	28%
Description	Replat encaissé, en grande partie occupé par un éboulis recouvert de rhododendron. Les structures archéologiques sont en grande partie masquées, partiellement ou totalement, par la végétation ligneuse qui recouvre 40% de la surface de la zone d'étude. Pour celles situés en dehors des zones végétalisées, elles présentent en majorité un bon état de conservation (sup. à 60 cm)	Zone herbeuse située en pied de falaise qui ouvre très largement vers le sud. Un petit chaos rocheux marquele pied de falaise. Ses limites ont servit d'appuis à quelques constructions, mais la grande majorité a été édifié sur les parties herbeuses. La majorité des vestiges archéologiques présente un fort degrès d'arasement (inf. à 30 cm)	Petit secteur encaissé en fond de valon, situé quasi-exclusivement dans un chaos rocheux. Toutes les construction ont été édifié à l'intérieur de chaos rocheux. Toutes présentent un très bon degrès de conservation (61% entre 30 et 1,39 m de hauteur).	Grand replat herbeux ouvrant largement sur la plaine de la Cerdagne qui entoure une petite tourbière. Ses marges est et ouest sont occupé par de la lande à genêt et quelques bosquets de pin. C'est également l'emplacement choisit pour l'édification des aménagements pastoraux. Ils sont donc très largement masqués par la végétation ligneuse.

Fig. 16 - Synthèse des caractéristiques environnementales et archéologiques des 4 zones d'étude

fouillés et partiellement démontés, donc sans réelle régularité de forme, ni de hauteur de conservation ou des structures recouverte d'un manteau épais et dense de genêt. Il en va de même sur Estaing, Anéou et Aulon où aucun des algorithmes n'a permis de localiser les structures édifiées sous roches : 3 abris sous roches sur Estaing, 8 leytès et 1 abri sous roche à Aulon et 3 abris sur Estaing.

Les chaos rocheux représentent une limite à la détection. Ces secteurs sont sources de bruits sur les MNT issus de photogrammétrie. En effet, les photographies aériennes ne permettent pas de documenter la totalité des anfractuosités d'un chaos. Au bout du processus photogrammétrique, il y a donc des zones de vides, des zones floues qui se traduisent par un effet « beurré » du MNT. Les amas de blocs perturbent donc la lisibilité et brouillent les variations topographiques. D'autant plus que dans la majorité des cas, ces zones, parce-qu'elles fournissent des matériaux, ont aussi été

des secteurs d'extraction de matière première. De plus leurs marges regroupent beaucoup de constructions très souvent enchevêtrées présentant des modes constructifs particuliers (les blocs sont repoussés ou entassés pour libérer les espaces de circulation) qui ne favorisent pas la détection.

Un autre élément perturbe la lisibilité du terrain : la végétation ligneuse de types genêt ou rhododendron qui masquent les structures les rendant invisibles par des moyens aériens. Ainsi, à Enveitg, les genêts et les pins couvrent 53,90% du Plaa de l'Orri. Et sous leur frondaison, presque aucune structure n'est visible. Quant au secteur de l'Auloueilh à Aulon, les rhododendrons recouvrent 40 % du replat (9,19 hectares sur une surface totale de 23 hectares). Ils masquent tout ou partie d'un nombre important de construction.

Les procédés mathématiques, les modes constructifs, l'état de conservation des aménagements, la couverture végétale ainsi que l'importance spatiale des chaos rocheux ont donc une incidence sur les « capacités » de détection des algorithmes.

Avec autant de variabilité, est-ce-qu'un ou plusieurs algorithmes sont plus « efficaces » que les autres ? Est-il possible d'observer le « rendement » de chacun d'entre eux ?

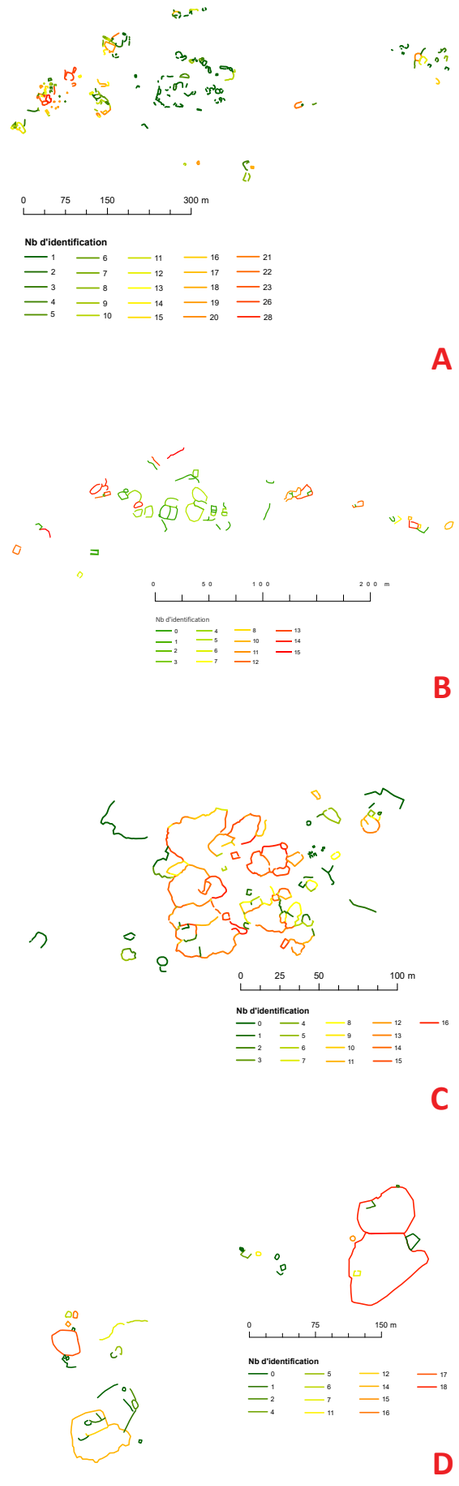


Fig. 17 - Nombre d'identification des structures sur les estives d'Aulon (A), d'Anéou (B), d'Estaing (C) et d'Enveitg (D) - (plus une structure est rouge et plus elle a été identifiée par un nombre d'algorithme élevé)

	Larruns (64) - Estive d'Aneou - La Glère		Enveitg (66) - Plaa de l'Orri		Aulon (65) - Auloueilh		Estaing (65) - Liantran		Moyenne	Ecart-Type
Nombre de structure	58		40		157		63			
	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%		
Ombrage	13	22,41	11	27,5	60	38,22	31	49,21	34	11,90
Sky View Factor	17	29,31	13	32,5	65	41,40	35	55,56	40	11,75
Simple Local Relief Model	31	53,45	11	27,5	84	53,50	38	60,32	49	14,49
Slope	11	18,97	11	27,5	54	34,39	33	52,38	33	14,19
Analyse en composante principal (ACP) de l'ombrage	24	41,38	10	25	59	37,58	36	57,14	40	13,25
Openness Positive	19	32,76	9	22,5	55	35,03	35	55,56	36	13,85
Openness Negative	23	95,83	9	22,5	57	36,31	41	65,08	55	32,53
Multi-ombrage	28	48,28	17	42,5	55	35,03	29	46,03	43	5,80
Visualisation for archaeological topography (VAT) - Général	22	37,93	14	35	39	24,84	38	60,32	40	14,96
Visualisation for archaeological topography (VAT) - Steep	15	25,86	12	30	68	43,31	38	60,32	40	15,53
Vector Ruggedness Measure (VRM)	7	12,07	8	20	10	6,37	14	22,22	15	7,31
Terrain Ruggedness Index (TRI)	0	0,00	7	17,5	50	31,85	15	23,81	18	13,53
Local Dominance	41	70,69	14	35	47	29,94	38	60,32	49	19,65
Sky Illumination (SIM)	16	27,59	6	15	11	7,01	37	58,73	27	22,74
Convexity	12	20,69	2	5	3	1,91	13	20,63	12	10,01
General curvature	0	0,00	7	17,5	0	0,00	29	46,03	16	21,73
Model Topographic Position Index (MSTPI)	17	29,31	0	0	24	15,29	40	63,49	27	27,10
Orthophoto_interprétation	54	93,10	9	22,5	155	98,73	57	90,48	76	35,97
Aspect	4	6,90	17	42,5	43	27,39	1	1,59	20	18,89
SLRM+Mutli-HS	40	68,97	22	55	74	47,13	49	77,78	62	13,75
SLRM+Mutli-HS+LD	47	81,03	21	52,5	74	47,13	54	85,71	67	19,59
SLRM * Multi-HS	38	65,52	22	55	85	54,14	47	74,60	62	9,69
SLRM * Multi_HS * LD	36	62,07	19	47,5	67	42,68	38	60,32	53	0,00

Fig. 18 - Nombre de structure détectée en fonction des différents algorithmes utilisés pour les estives d'Aulon (65), d'Anéou (64), d'Estaing (65) et d'Enveitg (66)

Mesurer l'efficacité des algorithmes

De façon globale, l'ensemble des algorithmes détectent en moyenne 32% des structures avec un écart-type de 12,90%.

La représentation de la moyenne de détection de chaque algorithme (Fig. 19) permet d'identifier, facilement et rapidement, les plus efficaces (sur les sites testés).
Ainsi, trois des algorithmes détectent plus que la moyenne supérieure (soit 45,7%, qui correspond à la moyenne + son écart-type) des structures Il s'agit de SLRM (49%), de Local Dominance (49%), et du multi-ombrage, (46%). Ces trois algorithmes sont ceux qui permettent le mieux de détecter les structures arasés et celles ayant un bon état de conservation.

Parmi les algorithmes « médian », Sky Viw Factor, avec 40% et Openness Negative, avec 41%, se trouvent en limite de la frange moyenne de détection. Vient ensuite, Openness Positive (36%), Ombrage (34%), Slope (33%), SIM et MSTPI (27 %).
Avec des capacités de détection variant de 12 % à 16%, les algorithmes, qui travaillent sur la détection de la rugosité (Terrain Surface Convexity, TRI, General Curvature ou VRM) sont les moins productifs et ne le sont absolument pas dans les zones de chaos.

Fig. 19 - Représentation « Radar » du "potentiel" de détection des structures archéologiques des différents algorithmes utilisés pour 4 secteur géographique pyrénéen

Pour les secteurs présentant une grande parti de l'espace occupé par un chaos rocheux dans lequel se trouve imbriquées des structures pastorales, les algorithmes les plus efficaces sont Openness Negative, MSTPI, Local Dominance et SLRM. Chacun de ces 4 algorithmes, est capable de détecter 60% des structures.

Pour les secteurs enherbés, sans végétation ligneuse, ni chaos mais qui renferme des vestiges archéologiques très arasés, les algorithmes SLRM, ACP, Openness Positive, le multi-ombrage et Local Dominance permettent de repérer 40% à 70% des constructions.

Pour les secteurs mixte avec une part de son espace prit par un chaos rocheux et une autre recouverte de végétation ligneuse (sans que celles-ci dépassent les 50% de la surface) et accueillant des structures dans différents états de conservation, les algorithmes SLRM, SVF, l'ombrage, le multi-ombrage et Local Dominance permettent d'identifier entre 24% et 32% des structures.

Ces résultats paraissent peu encourageant.

Combiner les visualisations

Mais quand est-il des traitements qui mixent plusieurs algorithmes tels que VAT-général et VAT-steep ? En moyenne, les 4 secteurs étudiés, ils permettent de localiser 40% des structures. Ils sont efficace sur le Liantran avec 60% de détection. Sur les trois autres secteurs, ils le sont un peu moins, mais reste dans la frange supérieure de la moyenne.

Toutefois, est-ce-que le « mixage » proposé par les traitements VAT ed RVT (qui doivent pouvoir répondre aux contextes archéologiques les plus courants) sont les plus appropriés sur des secteurs de haute montagne ?
L'addition des « meilleurs » visualisations ne permettrait il pas d'obtenir une représentation plus fine pour de la détection archéologique ?
Combiner présente le fort avantage d'associer plusieurs visualisations afin de permettre de disposer, sur un même image, des caractéristiques topographiques les plus intéressantes de chaque rasters. Cumuler par association de transparence de raster permet ainsi d'améliorer le raster-final et de faciliter la reconnaissance des indicateurs archéologiques.

Plusieurs tests d'association de rasters ont été réalisé. Contraitement VAT, ceux-ci ne se basent pas sur l'empillement de raster auxquels est appliqués plusieurs transparence, mais sur la fusion de raster.
Ainsi, plusieurs tests ont été réalisés.
Les premiers se sont axés sur l'association des rasters généralement les plus « efficaces ».

Contexte général :

- SLRM + Multi-ombrage (Fig. 20)
- SLRM + Multi-ombrage + Local Dominance
- SLRM * multi-ombrage
- SLRM * multi-ombrage * Local Dominance
- SLRM + ACP
- SLRM + ACP + Local Dominance

Des tests ont également été réalisés en prenant en compte les algorithmes les plus efficients dans certains milieux (chaos, zone enherbée).

Chaos :

- MSTPI + SLRM + Local Dominance + Openness Négative
- MSTPI + SLRM + Local Dominance
- MSTPI + SLRM + Local Dominance + Openness Positive
- SLRM + Multi-ombrage + Local Dominance + MSTPI
- SVF + SLRM + Slope + ACP + Openess Positive + Local Dominance + MSTPI
- SLRM + ACP + Local Dominance
-

Zone enherbée :

- SLRM + Multi-ombrage + Local Dominance
- SLRM + ACP + Local Dominance + Openness Positive
- ACP + SLRM + Local Dominance

Secteur mixte :

- ACP + SLRM + Local Dominance
- SLRM + SVF + Multi-ombrage + Local Dominance
- SVF + SLRM + Slope + ACP + multi-ombrage
- ACP + SVF + SLRM

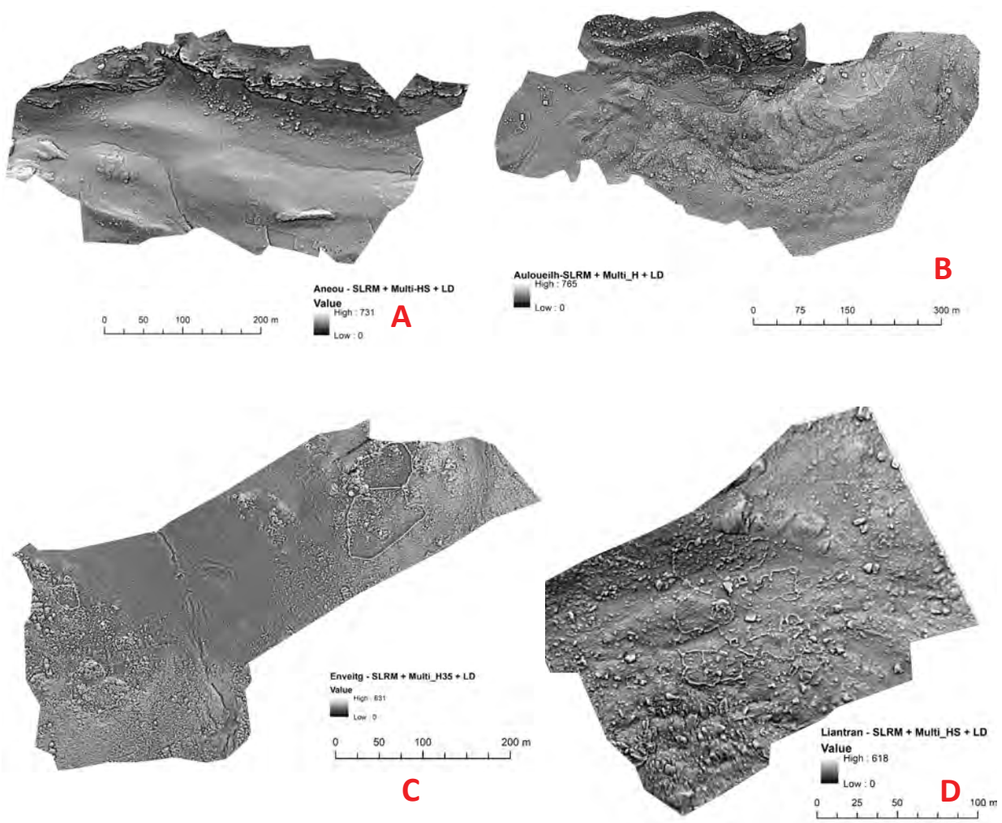


Fig. 20 - Addition des rasters issus des algorithmes SLRM et Multi-ombrage. A- Secteur La Glère (estive d'Anéou - Laruns -64) ; B- Secteur de l'Auloueilh (Réserve Naturelle d'Aulon - 65) : C- Secteur du Plaa de l'Orri (estive d'Enveitg - 66) ; D- Secteur du Liantran (estive d'Estaing - 65)

Pour que cette fusion de rasters puissent être utilisée pour de l'analyse archéologiques, il faut que les résultats dépassent le seuil établit par la méthode la plus efficiente : l'orthophoto-interprétation. Pour rappel, cette méthode permet de détecter 97% des structures à Aulon Toutefois, il faut indiquer que pour ce territoire, seule l'image aérienne permet de repérer de possible structures entre les ramures des rhododendron. L'orthophoto-interprétation permet également de relever 93% des structures sur le secteur de La Glère sur l'estive d'Anéou, 90% des structure à Estaing et 36% des structures à Enveitg, au plaa de l'Orris où le développement des genêts ne permet pas d'identifier des vestiges archéologiques sous leurs branches et feuillage très dense.

Quelque soit le mode de calcul, les résultats permettent d'augmenter les capacités de détection en les faisant passer à (Fig. 21) :

- 86% de détection avec la multiplication SLRM et Multi_HS à Aulon
- 85% de détection avec l'addition SLRM, LD et Multi-HS à l'Estaing
- 81% de détection avec l'addition SLRM, LD et Multi-HS sur l'estive d'Anéou
- 55% de détection avec soit l'addition SLRM, LD et ACP à Enveitg, soit avec la multiplication SLRM et Multi-HS

Ce travail est qu'un début. Toutefois, pour arriver à une détection archéologique qui minimise (et non pas supprime) l'intervention humaine (qui fait appel à l'intuition et l'expérience), il faudra définir et s'appuyer sur des critères qualitatifs et quantitatifs « normalisés » mais aussi sur la modélisation et l'Intelligence Artificielle. Il est certain que ces technologies peuvent permettre de franchir un gap dans la détection et l'automatisation de certaines tâches. Toutefois, la définition de ces procédures demande des collaborations avec des laboratoires et des services de Recherche et Développement d'entreprises spécialisées. Cela ne pourra se faire qu'avec un appuis financier qu'il reste encore à chercher.

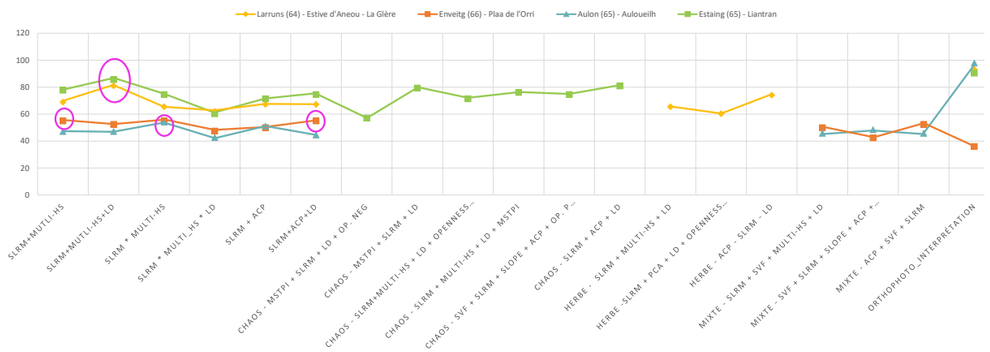


Fig. 21 - Résultats des tests de détection avec des rasters issus du cumul d'information

Relevés magnétométriques

La mission d'acquisition de données magnétométriques a été réalisé sur la partie ouest du replat de l'Auloueilh dans la Réserve Naturelle d'Aulon.

Il s'agit ici du premier test d'utilisation de cet appareillage dans le cadre du programme TAHMM. L'objectif est d'évaluer le potentiel archéologique et de vérifier la présence de matériel métallique et/ou de zone ayant subit l'action du feu (foyer) que se soit à l'intérieur comme à l'extérieur des structures identifiées en surface.

Conditions d'intervention

Quatre grilles de prospection géophysique ont été implantées à des emplacements « stratégiques » pour une approche archéologique de ce replat (Fig. 22) :

* Grille 1 : Structures 32, 33, 34, 35, 82
  : 680,40 m²
* Grille 2 : Structure 13
  : 192,46 m²
* Grille 3 : Structures 39, 44 et 47
  : 284,70 m²
* Grille 4 : Structure 48
  : 355,66 m²

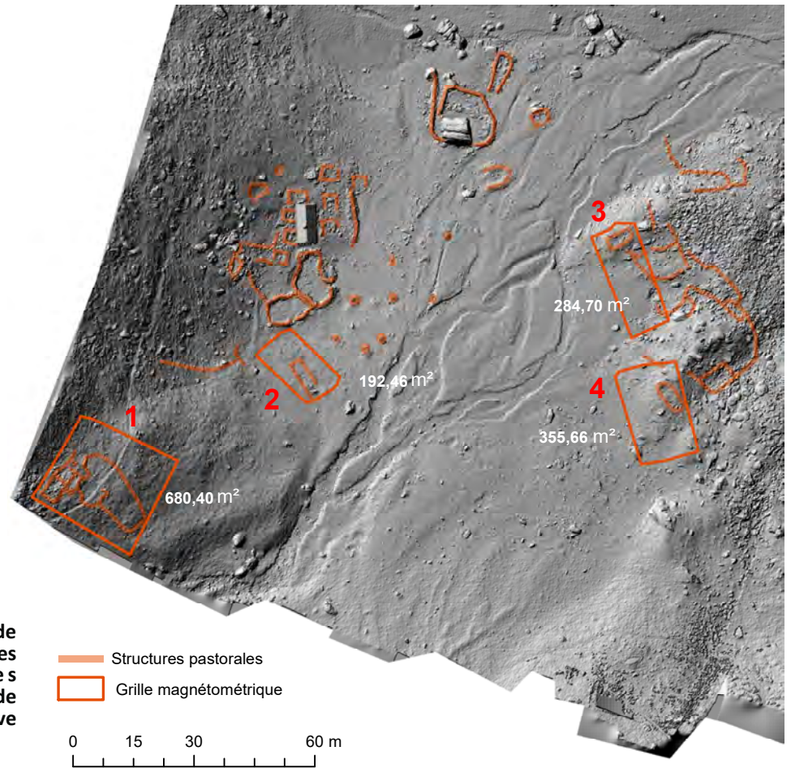


Fig. 22 - Carte de localisation des grilles magétométriques faites sur le replat de l'Auloueilh (Réserve Naturelle d'Aulon)

Ces grilles ont été positionné à l'emplacement de vestiges archéologiques très érodés.

La **Grille 1** a été placé sur un ensemble pastoral isolé constitué de 5 constructions enchevêtrées : 2 possible cabanes, 1 enclos et 2 structures à la fonction indéterminée. En 2019, cet ensemble pastoral avait été perçu comme étant possiblement l'un des plus ancien présents sur cette partie d'estive.

La **Grille 2** a été installé sur une construction très arasée de forme rectangulaire.

La **Grille 3** a été établit sur une cabane rectangulaire, érodée mais bien marquée dans son environnement et ses marges Sud.

La **Grille 4** a été implantée sur une cabane de même aspect que celle de la grille précédente et ses marges Ouest.

Fig. 23 - Montage du magnétomètre

Matériel utilisé

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

Il s'agit d'un magnétomètre à protons champ total. L'effet « overhouser » permet de décupler la sensibilité du magnétomètre à protons standard. Il permet donc d'assurer la fiabilité des mesures. Les résultats obtenus sont de très bonne qualité avec une sensibilité de 0,015 nT/vHz à 1 échantillon par seconde au moins. La résolution de ce magnétomètre est égale à 0,01 nT.

Utilisé en mode « walking », son système d'acquisition de mesures en continu couplé à un GPS permet un enregistrement jusqu'à 5 points de mesure par seconde. Dans ce cas précis, un enregistrement de 2 points par seconde a été paramétré.

Le montage de l'appareil (Fig. 23) a été modifié pour répondre à des applications archéologiques. Les deux capteurs sont positionné l'un au-dessus de l'autre sur une canne. Au sommet de celle-ci est placé le GPS. Ce type d'agencement permet de faire des mesures à quelques centimètres du sol, ce qui

rend possible la captation de faibles variations magnétométriques.
Le résultat de ces acquisitions sont 4 fichiers de points qu'il faut traiter.

Procédure de traitement des données

La procédure de traitement des données magnétomètrique est maîtrisée (Fig. 24). Elle permet d'identifier et de localiser les anomalies magnétiques induites par la présence d'artefact ou de structure enfouies ayant subit l'action de la chaleur. Ces anomalies peuvent être définies comme la différence entre le champ total mesuré sur le terrain et le champ régional. En archéologie, l'intensité de l'anomalie est très petite par rapport à l'intensité du champ régionale. (Gavazzi, 2015; p. 63) . La procédure de traitement des données est déjà établit par les géophysiciens. Elle a donc été ici reproduite. (Fig. 33)

Procédure :

- Génération d'un fichier de point géoréférencé comprenant les mesures magnétométriques conne données attributaires.
- Import dans un SIG (ArcGis et SAGASig) pour l'analyse du semi-variogramme
- Nettoyage du nuage de point
- Choix et réalisation de l'interpolation des mesures.

Plusieurs tests d'interpolation des mesures magnétiques par krigeage ont été réalisé pour chacune des grilles. Ils permettent d'avoir une lecture plus aisées de la répartition des valeurs magnétomètriques et surtout de localiser les variations (anomalies). (Environnental Agency of Slovenia, 2010) (Fig. 29, 30, 31 et 32)

- Empirical_bayesian_kriging,
  (semi-variogrammes Thin plate spline et Power)
- Local Polynomial Interpolation
  (semi-variogrammes Exponantial et Polynomial5)
- Radius Basis Functions
  (semi-variogrammes Thin plate spline, Multiquadric function, inverse multiquadric function, completely regularized et exponantial).
- IDW avec le semi-variogramme Power.

L'étude du semi-variogramme est indispensable pour la création d'un bon kriegage. Toutefois, les résultats obtenus doivent être discutés.

Fig. 24 - Workflow du procéssusmagnétomètrique

Grille 1

Concernant la grille 1, tous les tests réalisés (Fig. 25) montrent plusieurs anomalies magnétiques, au Nord-Est, à l'Est et au Sud-Ouest.

L'anomalie au Nord-Est paraît être une suite de petits « pics » magnétiques relativement régulier et alignés. Cette forme laisse penser qu'il s'agit de l'impact d'un objet métallique porté par l'opérateur sur les données acquisses.
Reste 3 anomalies ponctuelles d'intensité différentes qu'il faudra expliquer. De part sa position, dans ce qui a été identifié comme le mur mitoyen entre les structures 82 et 33, l'anomalie B devrait plus probablement être un objet déposé (postérieurement à l'abandon ou pas ?) de cet ensemble pastoral. Les anomalies peuvent correspondre à la fois à des artefacts ou à des structures de chauffe situées à l'extérieur des bâtiments. Cette situation excentrée des foyer a été observé par la fouille par Christine Rendu (Rendu, 2003) en Cerdagne, sur la montagne d'Enveitg (site de La Padrilla).

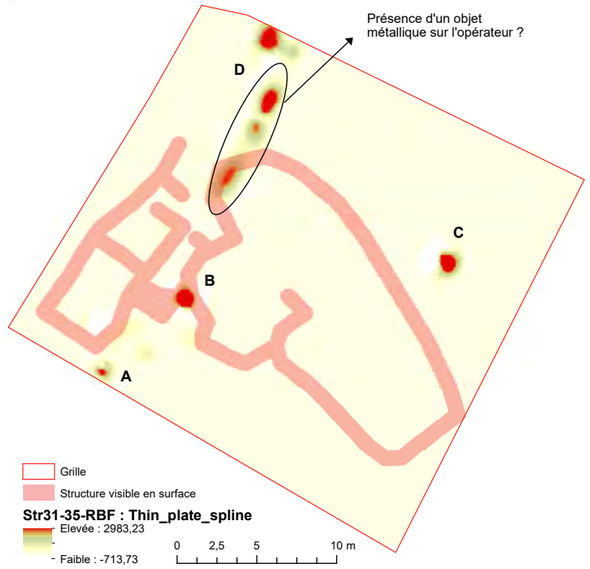
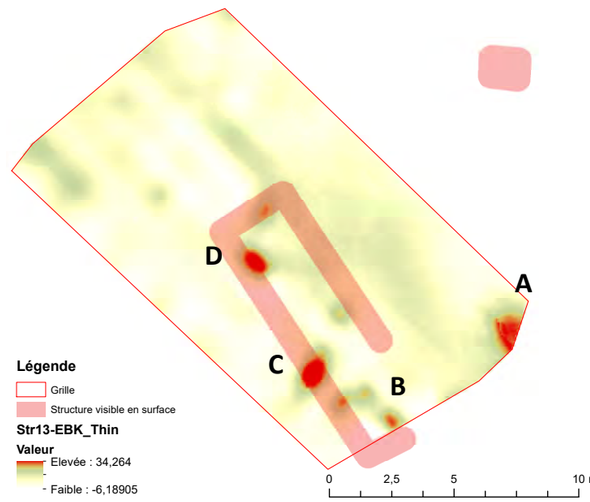


Fig. 25 - Anomalies magnétométriques sur la Grille 1

Grille 2

Les traitements réalisés permettent d'identifier 4 anomalies magnétiques : 3 situées à l'intérieur de la structure 13 (A, B et C de la Fig. 26) et une dernière, à 4 m l'extérieur, face à la porte (D de la Fig. 26).
Il est impossible de déterminer, d'après la forme ou l'intensité de l'anomalie, s'il s'agit d'artefact plus ou moins proche de la surface ou de sédiments ayant chauffés. Cependant, celles situées à l'intérieur de la structure 13 paraissent toutes être en contact avec ou au-dessus du mur Sud-Ouest. On les retrouve dans l'angle Sud-Ouest, face à la porte et dans l'angle Nord-Ouest. De façon très générique,

Fig. 26 - Anomalies magnétométriques sur la Grille 2



dans des cabanes d'altitude, les foyers sont positionné sur le mur qui jouxte la porte, ce qui facilite l'évacuation des fumées. Ce positionnement permet également de libérer un plus grand espace pour la zone de nuit/vie. Si les anomalies magnétiques sont dues à la présence de foyer, leur localisation correspondraient avec l'emplacement de ce type d'aménagement intérieur. Toutefois, il s'agit d'indicateur bien trop fragile pour le confirmer.

L'anomalie D, située à l'opposée des précédentes, se trouve à un emplacement également assez fréquent de foyer dans des structures pastorales d'altitude, comme c'est le cas dans la cabane 32 sur l'estive d'Anéou (Rendu et al, 2016).

Reste l'anomalie extérieure. Elle ressemble fortement à celle visible sur la Grille 1 et pourrait correspondre à un objet ou à foyer extérieur.

Grille 3

Quatre anomalies relativement sont visibles sur les raster issus de l'interpolation des impacts du magnétomètre (Fig. 27).

L'anomalie A est située sur une masse rocheuse qui affleure à la surface doit être due à la présence des mètres placés en marge du relevé lors de l'acquisition.

A l'intérieur de la structure n° 39 (anomalie D), se remarque par deux petites anomalie (partie Ouest du bâtiment). Aucune hypothèse ne peut être avancée quant à leur interprétation. Il peut s'agit d'objet enfouies à plus ou moins grande profondeur, tout comme de la présence de sédiments chauffés sous-jacents.

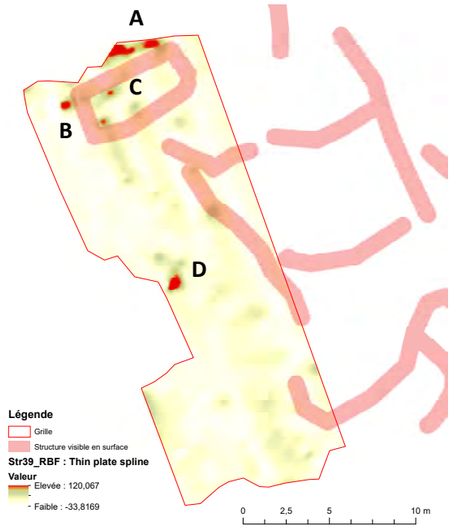


Fig. 27 - Anomalies magnétométriques sur la Grille 3

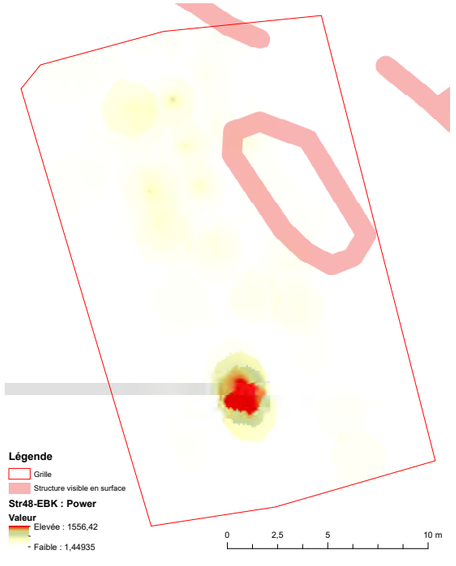


Fig. 28 - Anomalies magnétométriques sur la Grille 4

Seule l'ouverture du sous-sol pourra répondre à ces interrogations.

A 9 m au Sud de la structure n°39 se perçoit une anomalie magnétique. Très localisée, elle pourrait être à mettre en relation avec la (ou les) occupation de cette parie du replat de l'Auloueilh.

Grille 4

Une seule anomalie est visible sur la Grille 4 (Fig. 28). Elle se trouve à 7 m au Sud-Ouest de la structure n°48. Elle a la particularité d'être très localisée à la base du petit monticule sur lequel a été construit la structure n°48.

Rien, sur la base de ce relevé, ne permet de faire la part entre présence d'un artefact ou de sédiments chauffés de type foyer.

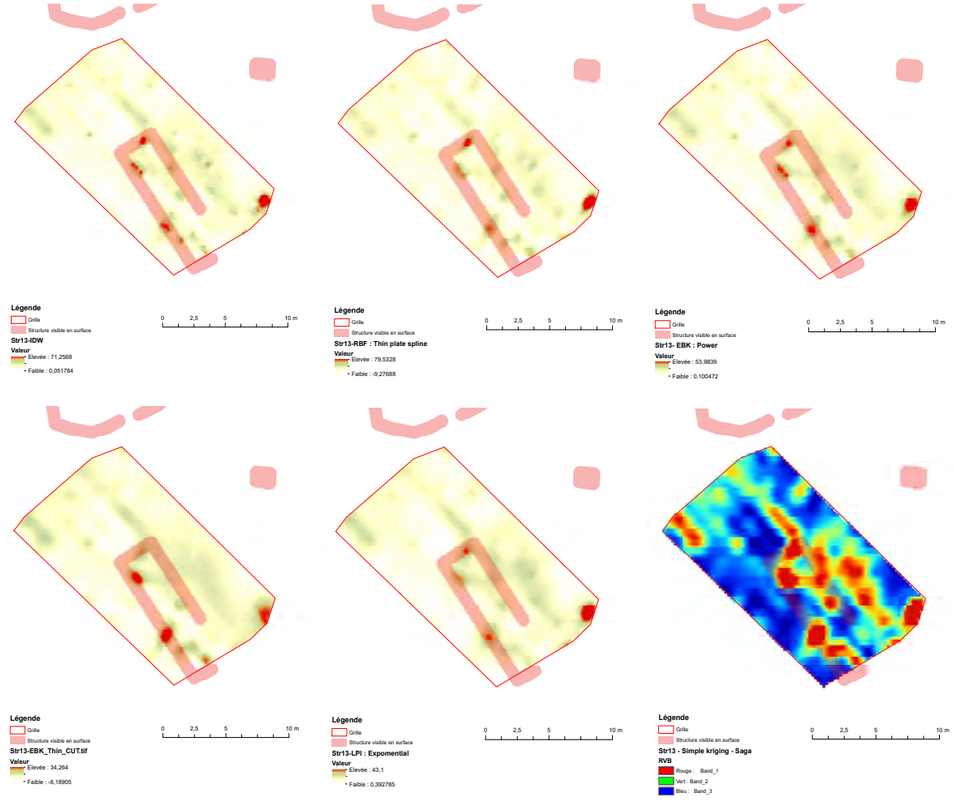
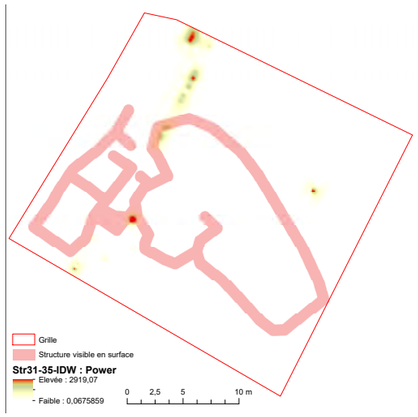
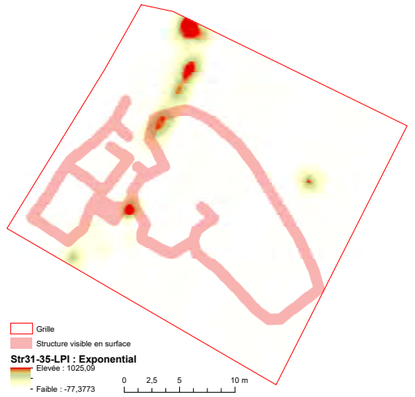


Fig. 29 - Anomalies magnétométriques sur la Grille 2





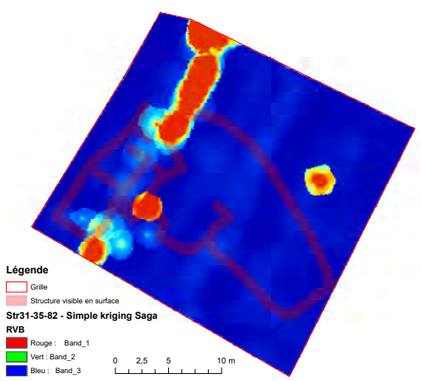
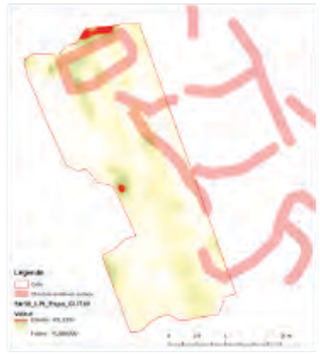
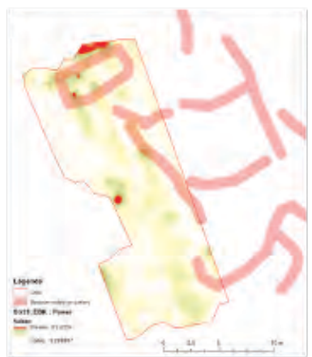


Fig. 30 -Résultats des tests d'interpolation réalisés sur les données de la Grille 1 (Structures 31 à 35 et 82)





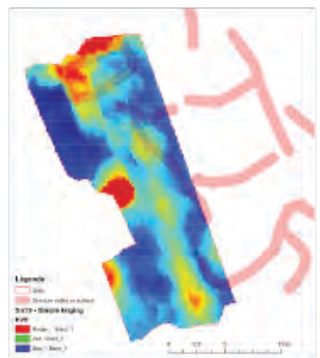


Fig. 31 -Résultats des tests d'interpolation réalisés sur les données de la Grille 3 (Structure 39)

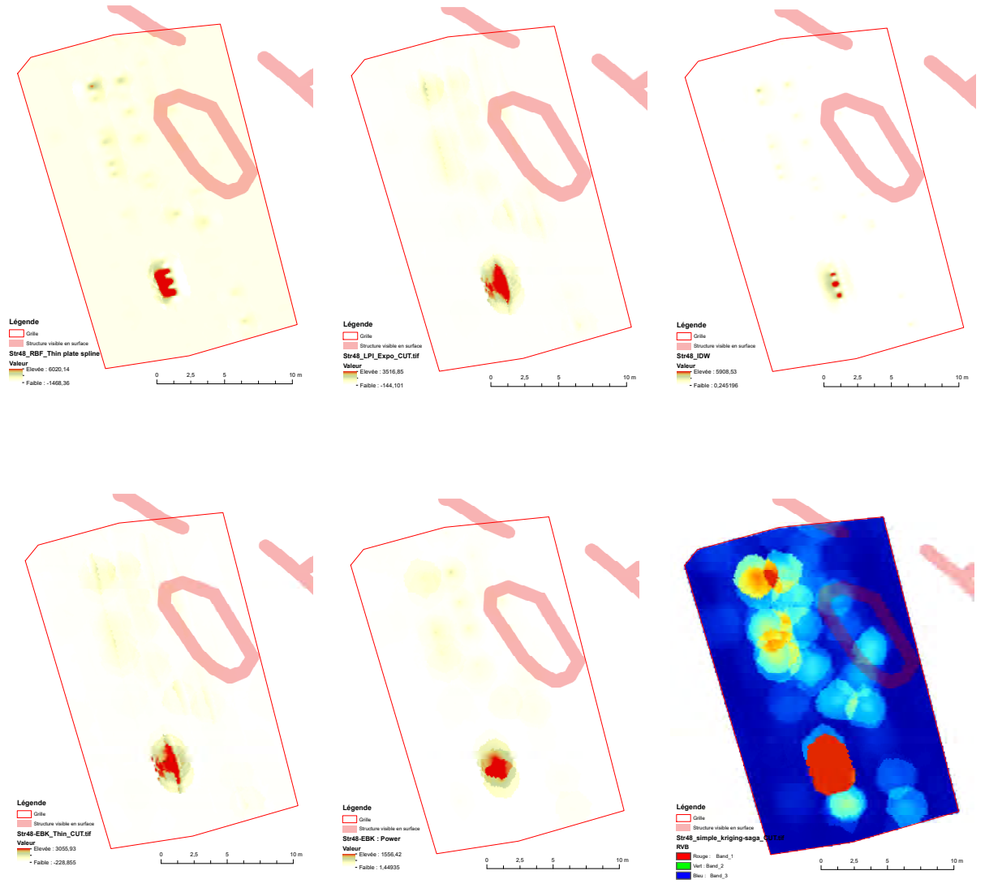


Fig. 32 -Résultats des tests d'interpolation réalisés sur les données de la Grille 4

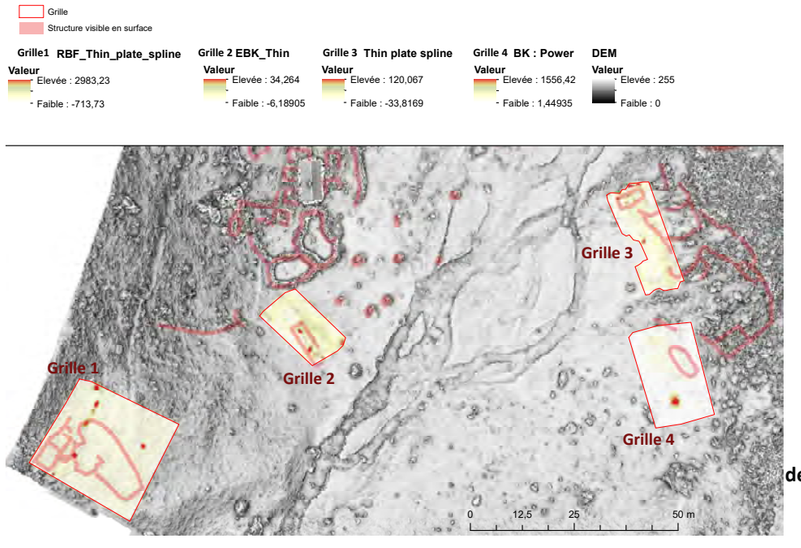


Fig. 33 -Vue globale des résultats d'analyse des données magnétomètrique

Relevé thermique par drone

La thermographie par avion est utilisée depuis les années 1970 en archéologie (Hesse et Tabbagh, 1993 ; Tabbagh et al., 1990, Tabbagh, 1983, Tabbagh, 1977 ; Lundén, 1985 ; Bellerby et al., 1990 ; Casana et al., 2017). Elle repose sur le principe selon lequel il existe une di érence de la température de surface (TS), sol et végétation, entre les zones renfermant des structures archéologiques et celles où ces structures sont absentes (Eppelbaum, 2009). Dans le cadre des mesures thermiques prises au sol, les aménagements auront tendance à réagir di éremment aux changements de température par rapport aux sédiments encaissants, en se réchau ant ou refroidissant plus ou moins rapidement selon leur nature. Quant aux mesures thermiques acquises sur la végétation, les variations de la température de surface sont des indicateurs de l'état sanitaire du couvert végétal, notamment de son niveau de stress hydrique, en partant du principe qu'une plante qui pousse au-dessus d'une structure bâtie sera plus stressée car disposant de moins d'eau et de moins de nutriments que les autres plantes. A contrario, les plantes qui poussent au-dessus de structures archéologiques en creux de type fosse et fossé recevront plus d'eau et de nutriments et seront moins sujettes au stress hydrique. Ce qui est donc observable avec l'imagerie thermique, c'est l'inertie thermique à l'emplacement des structures archéologiques (Poirier & Hautefeuille, 2018 ; Poirier et al., 2017 ; Poirier et al., 2013).

Coupler la thermographie avec un drone permet de pallier les contraintes fortes des acquisitions par avion ou hélicoptère : abaissement des coûts d'acquisition, exibilité d'utilisation, répétabilité des vols, variabilité de la hauteur d'acquisition (Hill et al., 2020 ; Agudo et al., 2018 ; Casana et al., 2014).

Matériel utilisé et procédure d'acquisition

Les acquisitions thermiques de 2021 ont été réalisé avec l'aide du drone Parrot Ana Thermal. Son poids, 315 g sans la batterie, permet un emport facile en haute montagne. La durée des vols, 26 minutes, permet de rentabiliser la journée de travail. Son fonctionnement entre -10°C et 40°C permet une utilisation très large. Il est équipé d'une caméra FLIR Lepton 3.5 placé sur un axe orientable à distance à 90° vers le haut et sur 360°. Cette caméra permet d'obtenir, en une prise de vue, un couple d'images classiques et thermiques. Le capteur thermique couvre la gamme d'infrarouge allant de 8 à 14 nanomètres . La résolution des images numériques produites est son point faible : 160 x 120 pixels. Toutefois, cette « faiblesse » est en partie compensée par l'abaissement de l'altitude de vol.

La technique de prises de vue thermographique suivie dans le cadre du programme de recherche TAHMM s'est basée sur les préconisations établies par les chercheurs du programme Archéodrone et REPERAGE (dir. Nicolas Poirier, CR CNRS, Laboratoire TRACES) (Poirier et al., 2017 ; Poirier, 2018). Ces dernières varient en fonction des saisons. De façon générale, la première règle est d'e ectuer les survols de façon à avoir le plus grand contraste possible entre les températures du sol (froid) et de l'air (plus chaud) ou inversement. Tous les vols ont été réalisé de façon zénithale a n de faciliter le géoréférencement des images dans un SIG.

La procédure d'acquisition et de traitement des images thermiques est très bien établit (Fig. 34). Elle a fait l'objet d'un article paru en 2020 dans la revue ArchéoSciences : Carine Calastrenc, François Baleux, Nicolas Poirier, Christine Rendu. Thermographie aéroportée par drone. Nouvelle procédure pour la détection archéologique en haute montagne. Archeosciences, revue d'Archéométrie, G.M.P.C.A./Presses universitaires de Rennes, 2020. [hal-03245823]

Traitement des données

Dix huit structures ont été inspectées thermiquement :

- Str. 39 et 47 => Positif
- Str. 152 => Positif
- Str. 32, 33, 34, 35, 82 et 156 => Positif
- Str. 102-103 => Positif
- Str. 65 => Négatif
- Str. 151 => Négatif
- Str. 139, 140, 141 et 142 => Négatif
- Str. 13 => Négatif

Onze sont positifs et sept sont négatifs. Les tests réalisés sur les structures 65, 139, 140, 141 et 142 n'ont pas été réalisés au bon moment : par temps froid lorsque l'ombre revient après une journée ensoleillée. C'est cette rupture thermique qui permet de visualiser l'inertie.

Seront présenté ci-dessus uniquement les tests positifs.

Fig. 34 -Procédure de traitement des données thermographiques

Str. 32, 33, 34, 35, 82 et 156

L'approche thermique de cet ensemble pastoral permet d'en tracer les limites. L'enclos n° 32 est bien identi é. Sa face Sud-Ouest est plus marquée que les autres. Il est de forme rectangulaire. Son entrée semble avoir été situé dans l'angle Nord-Ouest . On y perçoit un corridor qui jouxte les constructions n° 82, 33 et 35. La structure 82 est bien dé nie. L'observation de l'orthophotographie ne permettait pas de con rmer la présence d'un aménagement à cet emplacement. Sur l'image thermique, elle apparaît comme un grand rectangle ouvrant sur l'enclos 82. Elle est accolée à un petit bâtiment qui paraît faire la liaison entre la cabane (str. 34) et la zone de parcage. La cabane, de forme rectangulaire, semble précédée d'une petite esplanade ou d'un petit avant-corps (str. 35).

Cette acquisition thermique vient renforcer et appuyer les observations réalises par ailleurs.

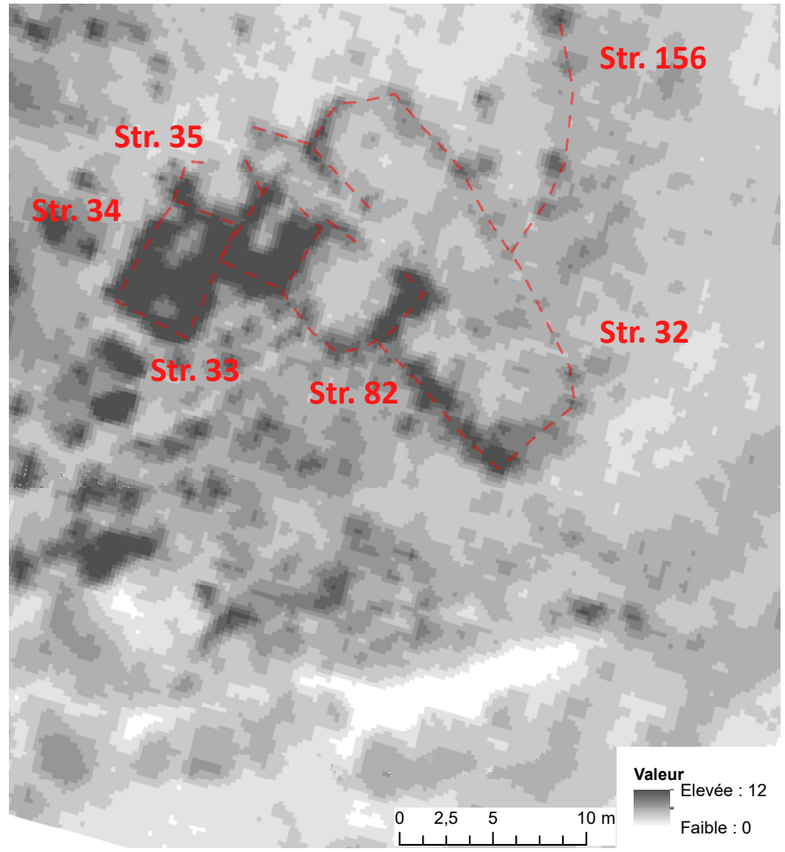


Fig. 35 -Relevé thermographiques des structures 32, 33, 34, 35, 82 et 156

Str. 39 et 47

L'image thermique ne permet pas de disposer de détails architecturaux complémentaires pour la structure n° 39. Cette dernière est, sur ces clichés, thermiquement presque atone. Les pro ls thermiques (Fig. 36) montre des plateaux qui correspondent aux murs. Ces derniers sont donc visibles sur les clichés même s'ils ne sont pas marqué par une variation importante de température qui se traduirait par un changement de la couleur des pixels.

Une anomalies thermiques chaude (G sur la Fig. 37) longe la construction et se développe dans son angle Sud-Ouest. Cela peut avoir pour origine l'orientation (vers le Sud) de cette partie du terrain qui aurait conservé plus longtemps la chaleur que le reste de la zone d'acquisition (rémanence thermique).

Toutefois, l'image thermique donne à voir autrement les alentours Sud de cette construction.

Plus intéressant, au Sud de la structure 39, dans la partie Sud-Ouest compris entre les structures 47 et 48, se perçoit une ligne plus chaude (entre 19 et 23°) qui prolonge le mur n° 46 et vient rejoindre le mur n° 44. S'agit-il de la trace d'un mur sous-jacent ?

Fig. 36 -Profils thermographiques des structures 39 et 47

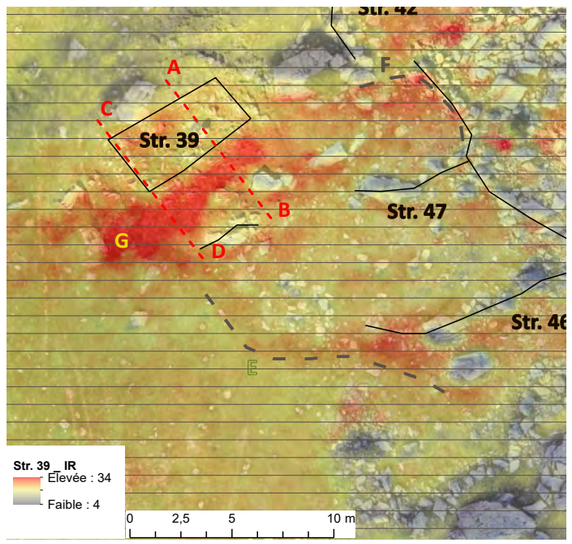


Fig. 37 -Relevé thermiques des structures 39 et 47

Str. 102-103

Les relevés thermiques réalisés sur les structures 102 et 103 se sont révélé positifs (Fig. 38). Ils permettent de con rmer les limites des structures 102 et 103. Ils montrent bien qu'il s'agit de deux bâtiments accolés l'un à l'autre réalisé indépendamment l'un de l'autre. C'est bien ce qu'indique le pro l thermique A-B de la Fig. 39. La présence d'un mur intérieur à la fonction indéterminé (mur de refend ? éboulis ?) est également con rmé par ce même pro l.

Fig. 38 -Relevé thermiques des structures 102 et 103

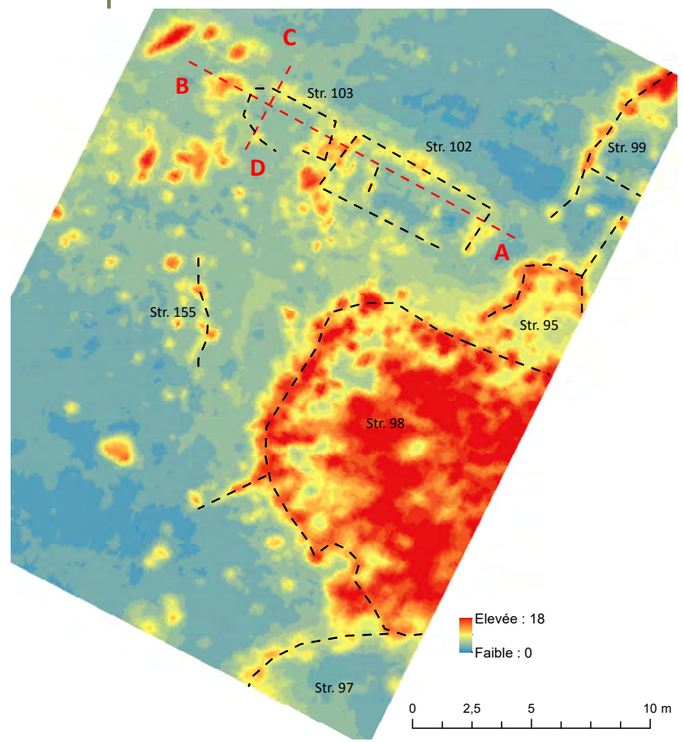
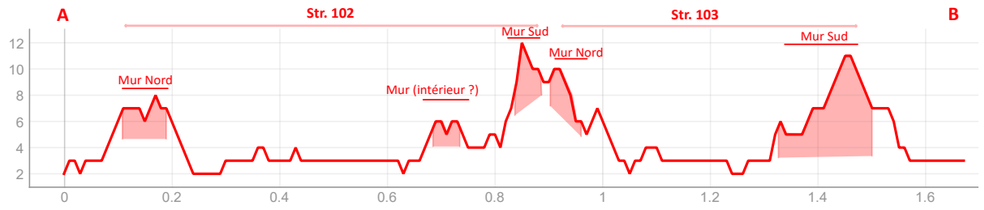


Fig. 39 -Profils thermographiques des structures 102 et 103



Str. 152

L'image thermique montre cette cabane très arasée, perceptible en surface par un simple mircrorelief et quelques pierres affleurantes partiellement recouvertes de mousse (Fig. 40), mais ne permet pas de véritablement voir des détails architecturaux complémentaires. Elle permet cependant d'en tracer partiellement les limites et faire la part entre éléments architecturaux en place et éboulis.

Les rhododendrons empêchent toute lecture e la partie Nord et Nord-Ouest. La thermographie n'apporte dans ces parties aucune aide.

L'état de conservation de cette construction paraît également être un frein à la perception. Son arasement très important limite l'impact des murs sur la végétation de surface. Les tests également réalisés sur la structure 151, qui présente le même état d'arasement, se sont avérés négatifs.

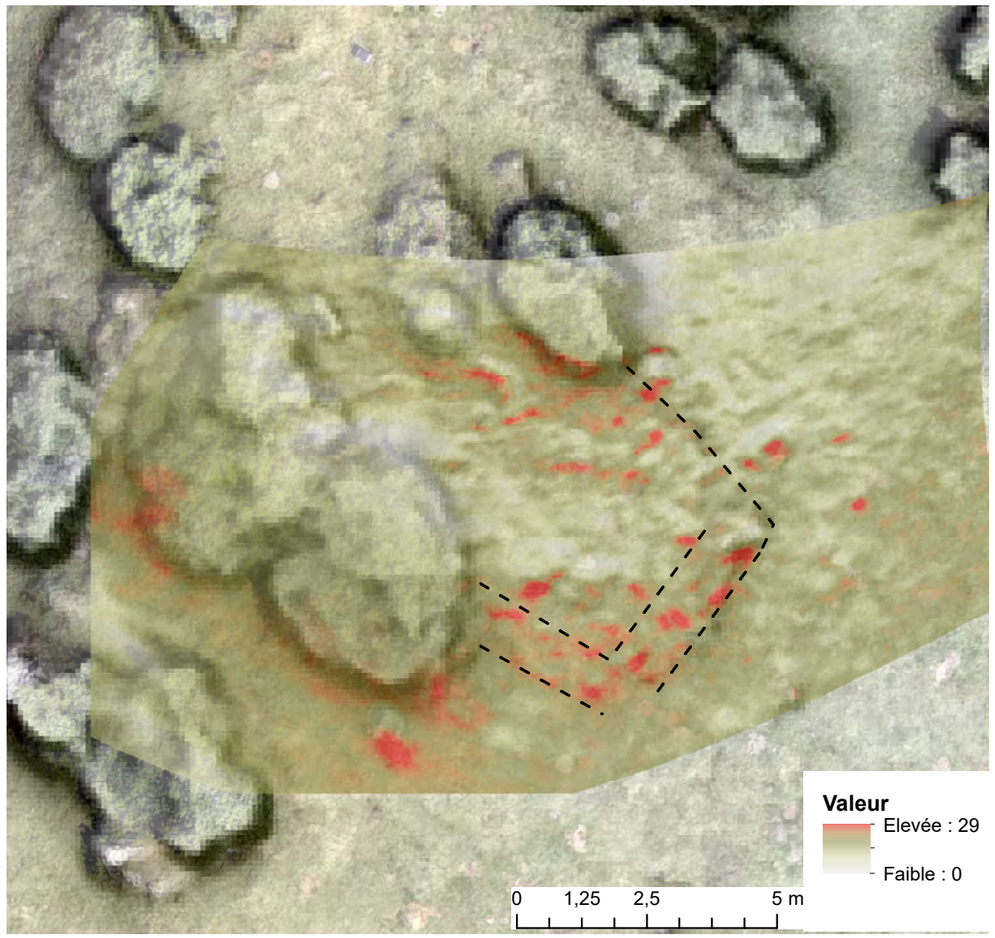


Fig. 40 -Relevé thermiques de la structure 152 (en fond, l'image thermique, le calcul VAT et l'orthophotographie)

Relevé Lidar par drone

La partie médiane du replat de l'Auloueilh est totalement recouverte par des rhododendrons. Ce couvert est très dense et empêche toute lecture archéologique de de presque la moitié de la super cie de ce replat. Seuls quelques bouts de murs émergent par endroit de ce couvert vert.

Comment accéder à la surface du sol ? Comment supprimer le couvert ligneux sans engagé des travaux de débroussaillages dantesques et en totale opposition avec le rôle de conservation de la Réserve Naturelle d'Aulon ?

Le choix s'est porté sur l'utilisation de Lidar implémentés sur un drone.

La période d'acquisition (août) n'est pas du tout la plus propice. En e et, l'espèce de rhododendron présente dans la Réserve Naturelle d'Aulon est le Rhododendron Ferrugineum. Il forme de vaste landes (entre 1500 m et 2500 m d'alti.) qui marquent les zones où la neige persiste le plus longtemps (la neige protégeant les bourgeons du gel). Il apprécie les versant Nord, les éboulis ou les zones de blocs granitiques. Il eurit de juin à août. Son feuillage est persistant. Les rameaux sont tortueux et les feuilles, de forme ovale lancéolée, sont disposées en hélices.

Survoler avec un Lidar un couvert aussi dense permettra t'il d'avoir des points sol en suffisance pour la lecture archéologique ?

Matériel utilisé

Le drone utilisé est un sexctarotors, un DJI Matrice 600 Pro.

Caractéristiques du drone :

- 6 rotors
- 6 batteries
- Poids : 9 kg
- Emport : 6 kg
- Résistance au vent : 8 m/sec
- Plafond max. : 2500 m
- Durée vol (stationnaire avec une charge de 6 kg) : 32'

Le capteur est un Mapper II de la société Yellowscan.

Caractéristiques du capteur :

- Longueur d'onde : 850 nm
- 3 échos
- 18 500 shots par seconde
- Hauteur d'acquisition : 10 à 75 m
- « Précision » : 10 cm
- Poids : 2,1 kg

Conditions de vol

En raison de la densité du feuillage des rhododendrons, les vols ont été réalisé à 20 m de hauteur et à 4m/s. Deux vols ont été nécessaire. Pour parcourir la partie centrale du replat de l'Auloueilh.

La couverture obtenue est le meilleur compromis entre la surface à couvrir et la densité de point la plus importante. L'objectif étant d'avoir le plus de point possible de façon à le plus de point sol possible (malgré le couvert végétal très dense).

Traitement des données brutes

Le résultat de ces deux vols sont deux nuages de point de :

- Vol 1 (Fig. 41)
  - ⟶ 10 647 878 points
  - ⟶ 4,255 hectares
  - ⟶ 250 pts/m²
- Vol 2 (Fig. 41)
  - ⟶ 9 309 667 points (vol 2)
  - ⟶ 4,151 hectares
  - ⟶ 224 pts/m²

L'objectif est d'arriver à classer ces points entre deux classes : végétation et sol.

Ce traitement s'avère ici complexe.

Plusieurs logiciels (Envi, CloudCompare, Open Lidar Toolbox, Lastools) ont été essayé et plusieurs traitements de classi cation des points ont été réalisés. Mais aucun permet d'obtenir une classi cation efficace.

L'enchevêtrement entre les structures, le chaos rocheux dans lequel elles s'insèrent et les rhododendrons est très important. Cela se perçoit très bien sur des pro ls e ectuer dans le nuage de point (Fig. 42).

L'espace entre les points sol et la canopée varie entre 10 et 25 cm. Parfois, les structures émergent du couvert végétal. Parfois, c'est le chaos rocheux qui domine. Parfois, se sont les rhododendrons qui couvrent les structures et le chaos rocheux.

Arriver à défaire cette interpénétration ne pourra se faire qu'en développant une méthode de traitement spéci que qu'il reste à mettre en place.

Pour ce faire, une collaboration avec le laboratoire CESBIO de Toulouse (UMR 5126) est en train de se nalisée à ce sujet. Il se structure autour d'un stage de 6 mois de Master 2. Les nancements, à ce jour, ne sont pas assurés..

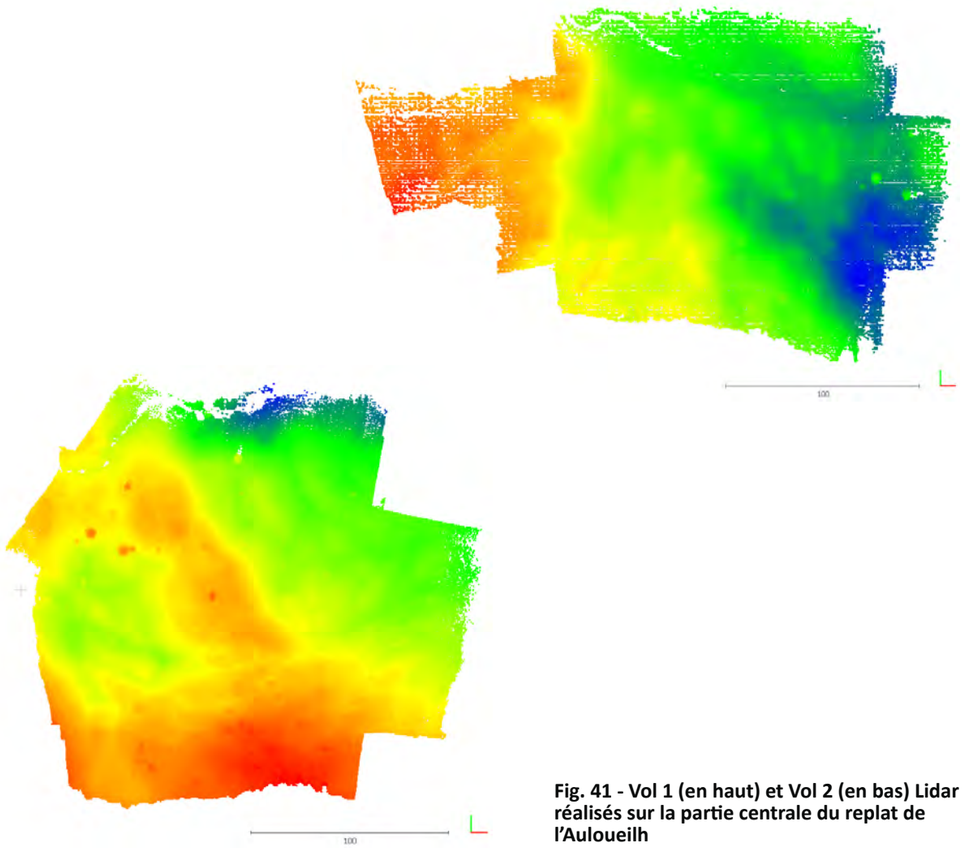


Fig. 41 - Vol 1 (en haut) et Vol 2 (en bas) Lidar réalisés sur la partie centrale du replat de l'Auloueilh

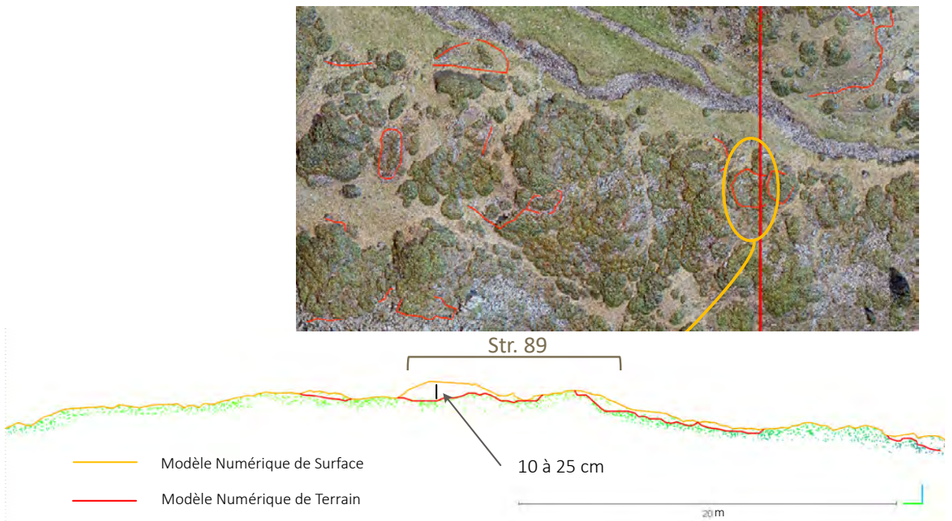


Fig. 42 -Profil dans le nuage de point Lidar

Chapitre 3 - Inventaire archéologique
Secteur de l'Auloueilh - Aulon

CHAPITRE 3

Inventaire archéologique

Secteur de l'Auloueilh (Aulon)

Structure 1 = Couloir de traite 81
Structure 2 = Enclos 82
Structure 3 = Cabane 83
Structure 4 = Cabane 83
Structure 5 = Leytè 84
Structure 6 = Leyté 85
Structure 7 = Possible leytè 85
Structure 8 = Leytè 86
Structure 9 = Leytè 86
Structure 10 = Leytè 86
Structure 11 = Leytè 87
Structure 12 : Leytè 87
structure 13 = Cabane 87
Structure 14 = Enclos 88
Structure 15 = Enclos 88
Structure 16 = Enclos 88
Structure 17 = Enclos 88
Structure 16 = Enclos 89
Structure 17 = Enclos ? 90
Structure 18 = Cabane 91
Structure 19 = Cabane 91
Structure 20 = Cabane 92
Structure 21 = Cabane 92
Structure 22 = Cabane 93
Structure 23 = Cabane 93
Structure 24 = Cabane 93
Structure 81 = (possible) Cabane 94
Structure 25 = Mur 94
Structure 26 = Possible cabane de terre 94
Structure 27 = Possible cabane de terre 95
Structure 28 = Abri sous roche 96
Structure 29 = Indéterminée (mur ?; enclos ?) 97
structure 30 = Mur 97
Structure 31 = Indéterminée 97
Structure 32 = Enclos 98
Structure 33 = Indéterminée 100
Structure 34 = Cabane ? 100
Structure 35 = Indéterminée 101
Structure 82 = Enclos ? 101
Structure 36 = Enclos 102
Structure 37 = Mur 102
Structure 38 = Mur (?) 102
Structure 39 = Cabane 103
Structure 40 = Enclos 106
Structure 41 = Indéterminée 106

Structure 83 = Cabane 106
Structure 84 = Indéterminée 108
Structure 85 = Indéterminée 108
Structure 42 = Possible mur 108
Structure 44 = Mur (?) 108
Structure 45 = Enclos 109
Structure 46 : Enclos 109
Structure 47 = Mur 110
Structure 48 = Indéterminée (cabane ? naturel ?) 110
Structure 51 = Cabane ? Étable ? 112
Structure 49 = Mur 112
Structure 50 = Indéterminée (Cabane ? Naturel ?) 112
Structure 52 = Cabane ? Étable ? 113
Structure 53 = Enclos 114
Structure 54 = Cabane ? 114
Structures 55, 56, 57, 58, 60, 61, 86, 87 = Mur (enclos ? clôture ?) 114
Structure 59 = Mur 116
Structure 62 = Mur 116
Structure 63 = Cabane ? Étable ? 116
Structure 79 = Indéterminée 117
Structure 88 = Mur 117
Structure 91 = Enclos (?) 117
Structure 64 = Abri sous roche (?) 118
Structure 65 = Cabane 119
Structure 66 = Mur 119
Structure 67 = Cabane (?) 119
Structure 89 = Enclos 120
Structure 68 = Enclos ? Cabane ? 120
Structure 69 = Enclos ? Cabane ? 121
Structure 70 = Cabane ? Enclos ? 122
Structure 71 = Indéterminée 122
Structure 72 = Enclos (?) 122
Structure 73 = Cabane 122
Structure 92 = Mur 123
Structure 93 = Cabane 123
Structure 74 = Enclos (?) 124
Structure 75 = Cabane (?) 124
Structure 76 = Mur 125
Structure 77 = Mur 125
Structure 78 = Enclos (?) 126
Structure 90 = Mur (?) 126
Structure 94 = Enclos 126
Structure 96 = Indéterminée 126
Structure 97 = Enclos 127
Structure 98 = Enclos 127
Structure 95 = Couloir de traite ? Enclos ? 127
Structure 99 = Enclos 128
Structure 100 = Enclos 128
Structure 101 = Possible cabane ou bâtiment pour le bétail 128
Structure 102 = Cabane 129
Structure 103 = Indéterminée 129
Structure 104 = Indéterminée 132
Structure 105 = Cabane (?) / Édi ce destiné au bétail (?.) 132
Structure 106 = mur 132
Structure 107 = Mur 132
Structure 109 = Cabane 132
Structure 110 = Indéterminée 132
Structure 111 = Enclos 133
Structure 112 = Indéterminée 133
Structure 113 = Possible enclos 134
Structure 114 = Possible cabane 134
Structure 116 = Cabane ? Étable ? 135
Structure 117 = Possible cabane 135
Structure 118 = Cabane 135
Structure 119 = cabane ? / Étable ? 136
Structure 120 = Enclos 136
Structure 121 = Indéterminée 136
Structure 122 = Cabane/ Étable 137
Structure 123 = Cabane (?) 137
Structure 131 = Mur 138
Structure 132 = Mur 138
Structure 124 = Cabane (?) 138
Structure 126 = Mur 139
Structure 127 = Cabane 139
Structure 134 = Mur 139
Structure 128 = Cabane (?) 139
Structure 135 = Mur 140
Structure 129 = Cabane 141
Structure 130 = Enclos 141
Structure 133 = Enclos ? 142
Structure 154 = Enclos 142
Structure 136 = Enclos 143
Structure 137 = Indéterminée 143
Structure 139 = Enclos 144
Structure 140 = Enclos 144
Structure 141 = Mur 144
Structure 142 = Mur 144
Structure 143 = Cabane 146
Structure 144 = Cabane (?) 146
Structure 145 = indéterminée 146
Structure 146 = Mur (?) 147
Structure 147 = Cabane (?) 147
Structure 148 = Cabane (?) 147
Structure 149 = Cabane (?) 148
Structure 150 = Cabane (?) 148
Structure 151 = Indéterminée 148
Structure 152 = Cabane 149

CHAPITRE 3

Inventaire archéologique

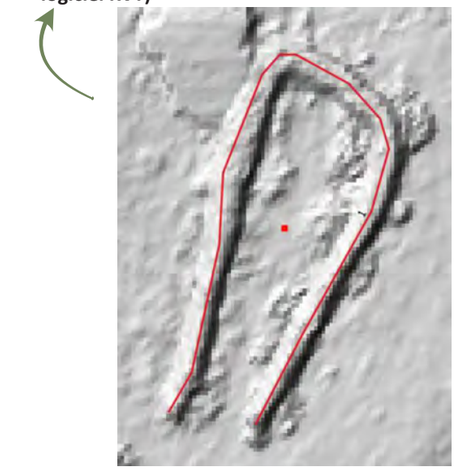
Le replat de l'Auloueilh est inclus dans la parcelle cadastrale 0C de la commune d'Aulon (65240).

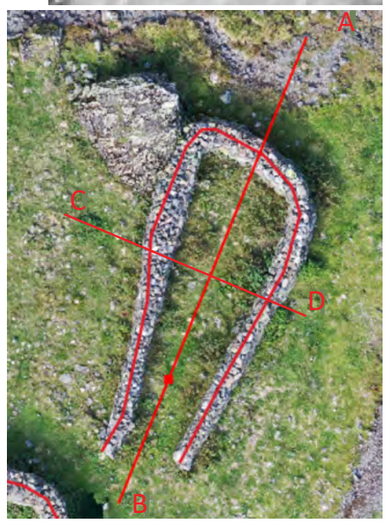
L'inventaire archéologiques des structures visibles en surface a été réalisées en 2020 et 2021. Elle repose sur l'étude de l'orthophotographie, et du MNS ainsi que des observations réalisés lors des 4 jours de terrain. La constitution de cet inventaire à nécessité 2 semaines et demie de travail en laboratoire. Cette méthode permet de localiser et de décrire 157 structures. Un support iconographique vient également en appuis de leur analyse.

• ***Structure 1 = Couloir de traite***

Enclos/couloir de traite de 10 m de long et 4,7 m de large (mesures extérieures). Il a la forme d'un « U » étiré. Les murs, qui s'élèvent sur 1,10 m de hauteur, ont une forme pyramidale, large en bas (entre 0,90 m et 0,50 m) et étroit en haut (entre 0,50 et 0,20 m). L'angle N-E de cette construction prend appuis sur un gros blocs naturel. L'accès s'ouvre largement vers le Sud. L'entrée se développe sur 1,68 m de large (mesure intérieure) et ne présente aucun système de fermeture. (Fig. 43, 44, 45)

Figure 43 - Structure 1 : En bas, orthophotographie (réalisée avec Metashpe) ; en haute, l'ombrage d'après le DEM (réalisé avec le logiciel RVT)





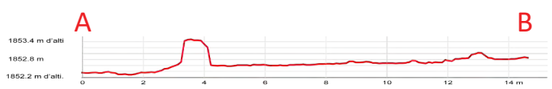


Figure 44 - Profil Nord-Est / Sud-Ouest (Qgis)

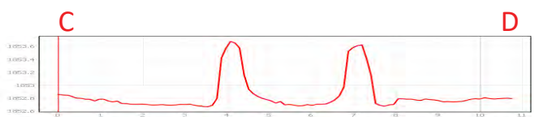


Figure 45 - Profil Nord-Ouest / Sud-Est (Qgis)

• ***Structure 2 = Enclos***

Enclos trapézoïdal de 114 m² (mesure intérieure). La face nord mesure 7,8 m de long (mesure intérieur) et la face sud s'étend sur 14 m (mesure intérieure). L'accès se fait par un couloir qui se développe le long de la face Ouest. Ce couloir fait 17 m de long. La porte nord est ouverte vers le nord sur 2,74 m de large. Plus le couloir se dirige vers le sud et plus il se resserre pour, au final, réduire l'accès à 0,86 m de large. La porte Nord prend appuis sur un gros bloc dans l'angle nord-ouest. La face nord-est de la porte est constituée d'un gros bloc (qui sert également d'appuis à la partie de l'enclos). Pour aligner le deux pieds-droits, un mur d'axe nord-sud a été édifié sur 1,50 m de long. La zone de gardiennage du bétail se trouve à l'ouest du couloir d'accès. Il prend appuis sur un énorme bloc rocheux. Entre le bloc et le mur du couloir, un espace de 1,16 m de large permet d'accès à l'enclos. Au sud-est du bloc, une rupture de 0,65 m de large dans le mur forme une « entrée ». Les murs de cette structure (couloir + enclos) sont larges (entre 1 m et 0,70 m) et haut (entre 1,30 et 1,80 m). (Fig. 46 et 47)

En 2018, les structures 1 et 2 ont fait l'objet de restauration radicale.

Figure 46 - Structure 2 : A droite, ombrage réalisé à partir du DEM (RVT) ; à gauche, orthophotographie (Metashape) avec la localisation du profil Nord-Est / Sud-Ouest (Qgis))

Figure 47 - Structure 2 - Profil Nors-Est / Sud-Ouest (Qgis)

• ***Structure 3 = Cabane***

Cabane rectangulaire de 8 m² (3,13 m de long sur 2,62 m de large). Cet édifice est dans un mauvais de conservation. Elle n'est perceptible que par une variation topographique de 10 à 20 cm de hauteur. Cette cabane a été construit en s'appuyant sur la face sud d'un bloc rocheux. La largeur des murs est impossible à préciser. L'emplacement de la porte est également complexe à établir, d'autant plus que les divagations du ruisseau ont peut-être eu un impact sur la conservation des vestiges archéologiques. D'après les exemples connus sur d'autres zones d'étude, l'entrée devrait se trouver dans un des angles Sud.

En Cerdagne, sur l'estive d'Enveitg, cette typologie de construction marque le Moyen âge. (Fig. 48 et 49)

Figure 48 - Structure 3, orthophotographie (Metashep)

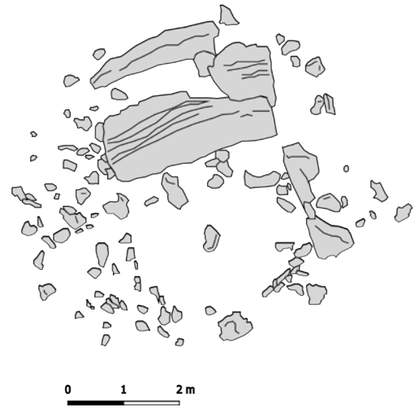


Figure 49 - Structure 3, relevé pierre à pierre réalisé à partir de l'orthophotographie

• ***Structure 4 = Cabane***

Il s'agit d'une cabane quadrangulaire de 56 m² (5,7 m de côté) très arasée. (Fig. 50 et 51) Elle n'est perceptible que par un microrelief : un bourrelet de terre et de pierre qui entoure une dépression centrale. Les murs sont conservés sur une hauteur maximale de 0,45 m. Les bourrelets de terre sont larges (2 m en moyenne). Cela n'implique pas forcément des murs épais. Ces bourrelets peuvent également marquer l'emplacement des murs très dégradés (Fig. 50) Ici, les détériorations des murs peuvent avoir deux origines : le temps et le ruisseau.

La localisation de la porte est impossible à préciser sur les seules observations de surface. La face ouest de la construction parait peu marquée par un bourrelet. S'agit-il de l'emplacement de la porte ou ce mur a-t-il était arraché par le ruisseau ?

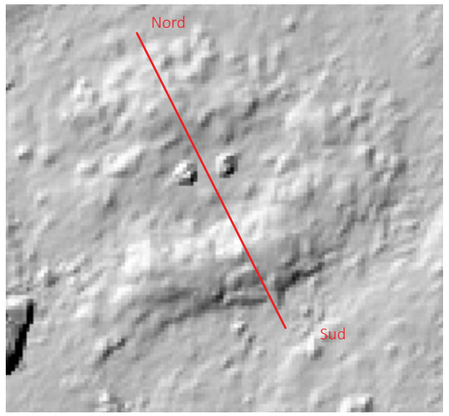


Figure 50 - Structure 4 - A gauche, orthographie réalisée par photogrammétrie (Metashape) ; à droite, ombrage fait d'après le DEM (RVT)

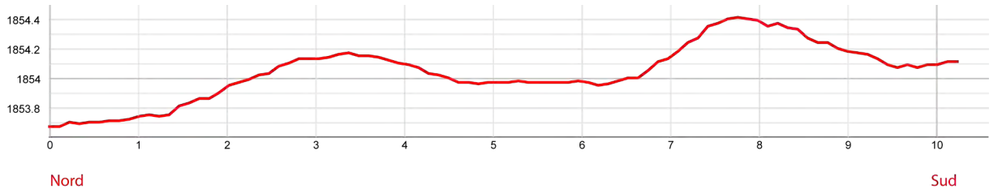


Figure 49 - Structure 4 - Profil Nord / Sud (Qgis)

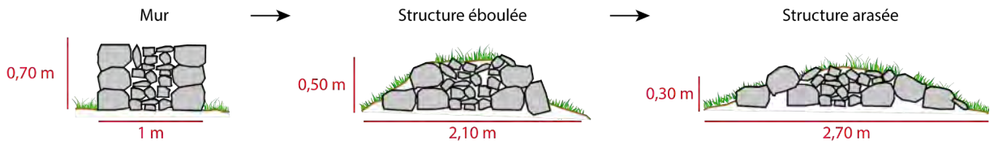


Figure 51 - Schématisation du processus d'éboulement d'un mur

• ***Structure 5 = Leytè***

Grand leytè de 1,07 m^3 : 1,31 m de long, 1,12 m de large, 0,73 m de haut (mesures extérieures) restaurée/reconstruit en 2018. Il est complexe de déterminer l'impact de cette restauration. Du replacement de un bloc à la reconstruction complète, les possibilités sont importantes. Structurellement, ce leytè est composée de 3 dalles posées de champ qui forment un U. Le tout a été recouvert par 2 dalles. Cette structure servait au stockage du lait avant sa transformation (sur place, ou au village) en beurre ou en fromage. (Fig. 52)

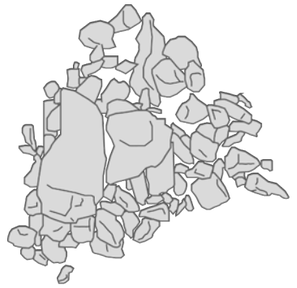


Figure 52 - Structure 5 - A gauche, orthophoographie (Metashape) ; à droite, relevé pierre à pierre fait à partir du relevé de photogrammétrie

• ***Structure 6 = Leyté***

Grand leytè de 1,44 m^3 : 1,12 m de long, 1,29 m de large et 0,73 m de haut (mesures extérieures). Le caisson intérieur ainsi formé mesure 0,44 m de long et 0,98 m de large. Tout comme le leytè 5, celui-ci semble avoir été restauré/reconstruit (en 2018. ?) (Fig. 53)

• ***Structure 7 = Possible leytè***

Amoncellement de blocs de 1,19 m^3 : 1,47 m de long, 1,31 m de large et 0,62 m de haut. Il pourrait s'agir d'un leytè (ici non restauré). (Fig. 53)

Figure 53 - En haut, orthophotographie de la structure 6 ; en bas, orthophotographie de la structure 7

• ***Structure 8 = Leytè***

Grand leytè de 1,77 m³ : 1,78 m de long, 1,26 m de large, 0,73 m de haut (mesures extérieures) . (Fig. 54)

Figure 54 - En haut, structure 8 ; en bas, structure 9

• ***Structure 9 = Leytè***

Grand leytè de 2,51 m³ : 1,78 m de long, 1,48 m de large, 0,95 m de haut (mesures extérieures). Il a été restaurée/reconstruit en 2018. Tout comme pour les autres leytè restaurés, il est impossible de déterminer l'impact de cette restauration. (Fig. 54)

• ***Structure 10 = Leytè***

Petit leytè installé à l'extrémité d'une canalisation du ruisseau. La canalisation est délimitée par des dalles posées de champ sur 7,2 m de long sur 0,65 m de large. Cette canalisation, de 3,29 m de long, est conservée sur 0,16 m de haut en moyenne. Le caisson du leytè est composé de dalles posées de champ qui dessinent un U de 0,16 m³ (mesures intérieures), soit 0,88 m de long, 0,39 m de large et 0,71 m de haut). L'ensemble (caisson + canal) n'ont pas été restauré. (Fig. 55)

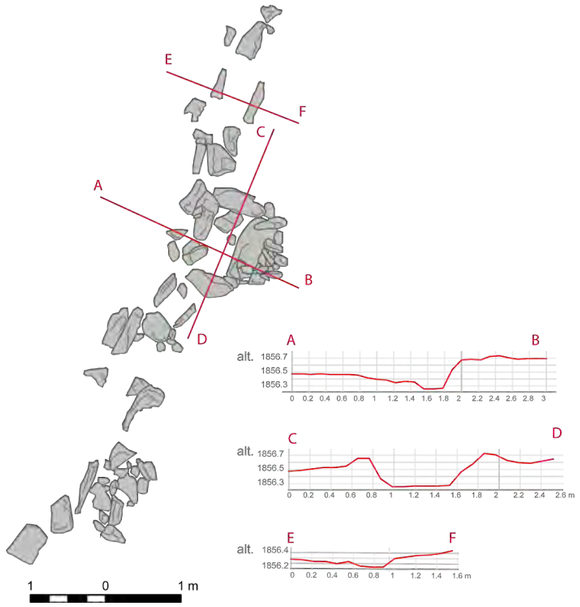


Figure 55 - Relevé pierre à pierre de la structure 10 faite à partir de l'orthophotographie (Metashape)

• ***Structure 11 = Leytè***

Petit leytè de 0,54 m³ : 1,06 m de long, 0,30 m de large et 0,57 m de haut (mesures extérieures). Les faces latérales sont constituées de deux blocs posés de champ. L'arrière est composé de petits blocs entassés les uns sur les autres. Le tout est recouvert par une dalle de 0,51 m de long et 0,77 m de large. (Fig. 56)

Figure 56 - Au-dessus, orthophotographie de la structure 11 ; au-dessous, orthophotographie de la structure 12 (Metashape)

• ***Structure 12 : Leytè***

Petit leytè précédé par un couloir d'amené de l'eau du ruisseau. Le caisson mesure 0,21 m3 : 0,89 m de long, 0,80 m de large et 0,30 m de haut (mesures extérieures). Des blocs posés de champ forment un U. L'ensemble est recouvert par une dalle. Les faces latérales sont prolongées vers le Sud (vers le ruisseau) par un petit canal de conduction de l'eau. Ce canal est délimité par des blocs et dalles posés de champ. Il se développe sur 1,22 m de long. La largeur du canal varie entre son entrée Sud (0,56 m de large) et au niveau de l'entrée du caisson du leytè (0,75 m de large). (Fig. 56)

•***Structure 13 = Cabane***

Structure quadrangulaire très arasée perceptible par un léger microrelief. Cette construction est installée en bas de pente et est marquée par un petit replat entouré d'une ligne de pierre affleurant la surface. Longue de 11,72 m, large de 4,04, elle couvre une surface de 47,35m². Son degré d'arasement (naturel ou anthropique ?) est tel qu'il est difficile d'en tracer exactement les limites et encore plus d'observer son architecture. Conservé sur 0,40m de hauteur, les murs ne son visibles que

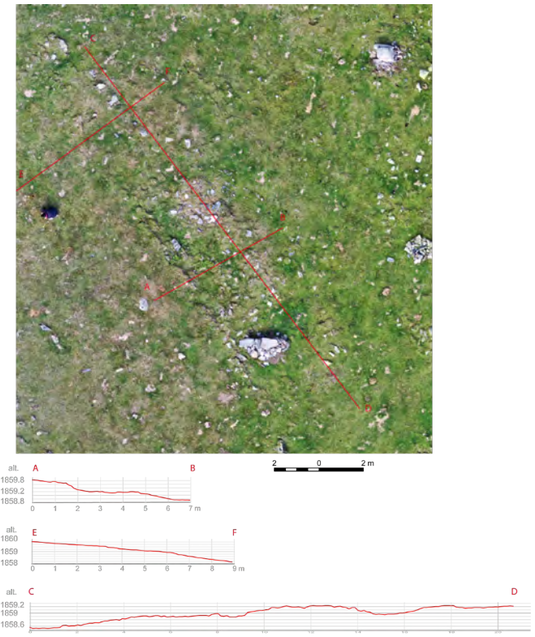


Figure 57 - Ci-dessous orthophotographie et profils de la structure 13 (Metashape et Qgis)

par quelques blocs alignés ainsi qu'une rupture de pente nette et droite. Une absence de bourrelet de pierre, dans l'angle sud-est laisse penser que l'entrée pourrait se trouver à cet emplacement. Dans le prolongement de l'angle nord, une ligne de blocs d'axe sud-ouest/nord-est se prolonge sur 7,30 m de long. Il s'agit là d'indice de surface trop faible pour pouvoir confirmer la présence d'un mur à cet emplacement, mais juste d'en émettre l'hypothèse. (Fig. 57)

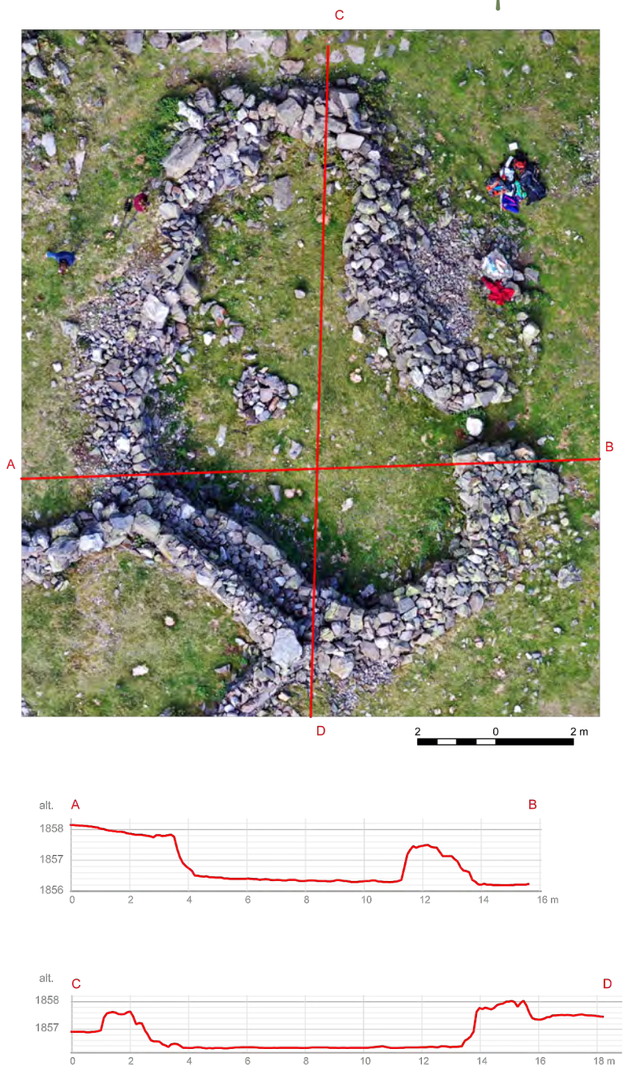


Figure 58 - Structure 14, orthophotographie (Metashape) avec des profils (Qgis)

• ***Structure 14 = Enclos***

Enclos de forme pseudo « rectangulaire », de 15 m de long, 10,7 m de large (mesures extérieures). Les murs sont très larges (entre 0,95 m et 2 m) et haut (entre 1 m et 1,39 m). Ils ont la même facture que les enclos 1 et 2 : large à la base et étroit au sommet. Ils ont été restaurés en 2018. Nous ne savons pas quel a été l'impact de ces restaurations sur l'architecture de cette structure, ni d'où proviennent les pierres qui ont été utilisées pour remonter les murs sur un tel volume (61,54 m² et 73,84 m³). Le mur délimite un espace intérieur de 57,48 m². La surface totale du mur est plus importante que la surface qu'il enserre. L'accès à la structure se fait par une ouverture de 1,08 m de large pratiquée dans la face ouest. (Fig. 58)

• ***Structure 15 = Enclos***

Structure rectangulaire de 11,47 m de long et 7,62 m de large (mesures extérieures). Les murs ont la même facture que ceux de la structure 14. Ils sont larges à la base (entre 0,80 et 1,3 m), étroits au sommet (entre 0,40 et 0,50 m) et très haut (entre 1 et 1,26 m). Tout comme la structure 14, les murs de la structure 15 ont été restaurés en 2018. Ces murs délimitent un espace intérieur de 42,46 m². (Fig. 59 et 61)

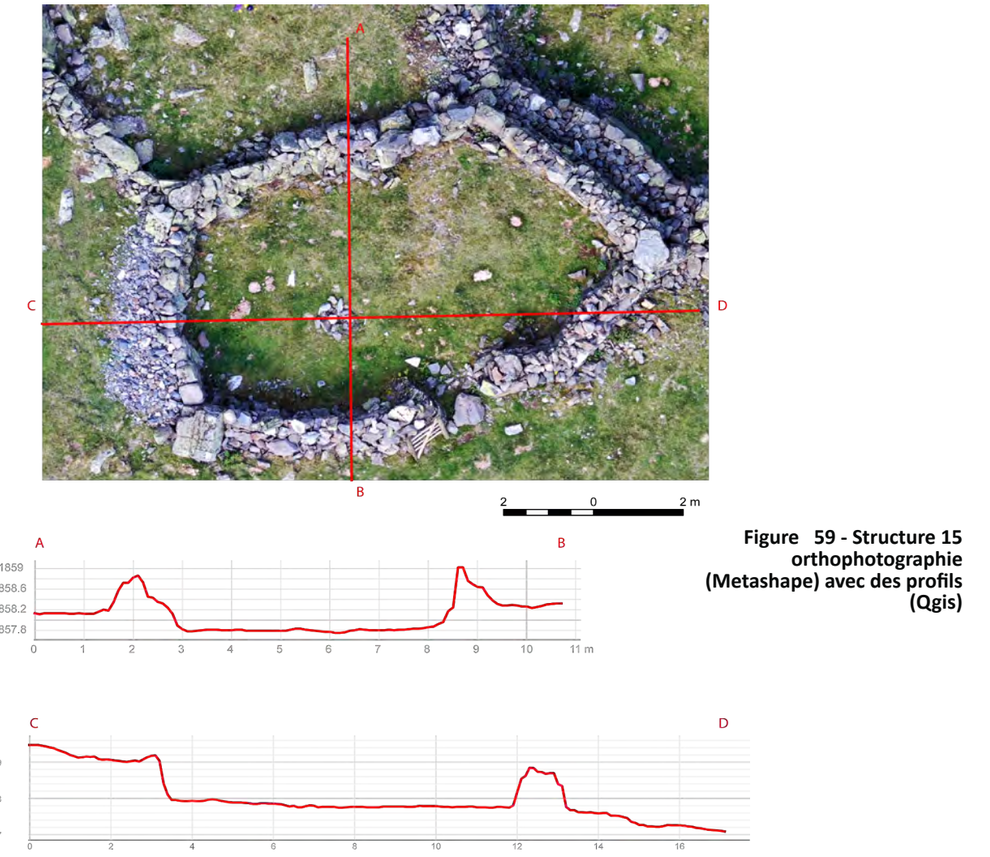


Figure 59 - Structure 15 orthophotographie (Metashape) avec des profils (Qgis)

• ***Structure 16 = Enclos***

Structure trapézoïdale de 5,24 m de long et 3,158 m de large (mesures intérieures). Tout comme les structures 1, 2, 14 et 15, cette construction a été restaurée. Les murs ont été remontés et surélevés. Actuellement, ils mesurent 0,30 m de large pour une hauteur variant de 0,29 m (face ouest) à 1,148 m (face est). D'après les données faites sur le terrain, il semblerait que ces restaurations aient prit appuis sur une structure plus ancienne et en ai repris l'architecture. (Fig. 60 et 61)

Figure 60 - Structure 16, orthophotographie (Metashape)

• ***Structure 17 = Enclos ?***

Replat herbeux situé entre plusieurs enclos. Cette aire a pu également servir de zone de gardiennage et/ou a été en lien l'activité pastorale. Cet espace est délimité à l'ouest par la structure 15, au sud par la structure 16, à l'est par les structures 16 et 29, et au nord par le mur 29. L'ensemble de ces murs délimitent une surface de 128 m². (Fig. 61)

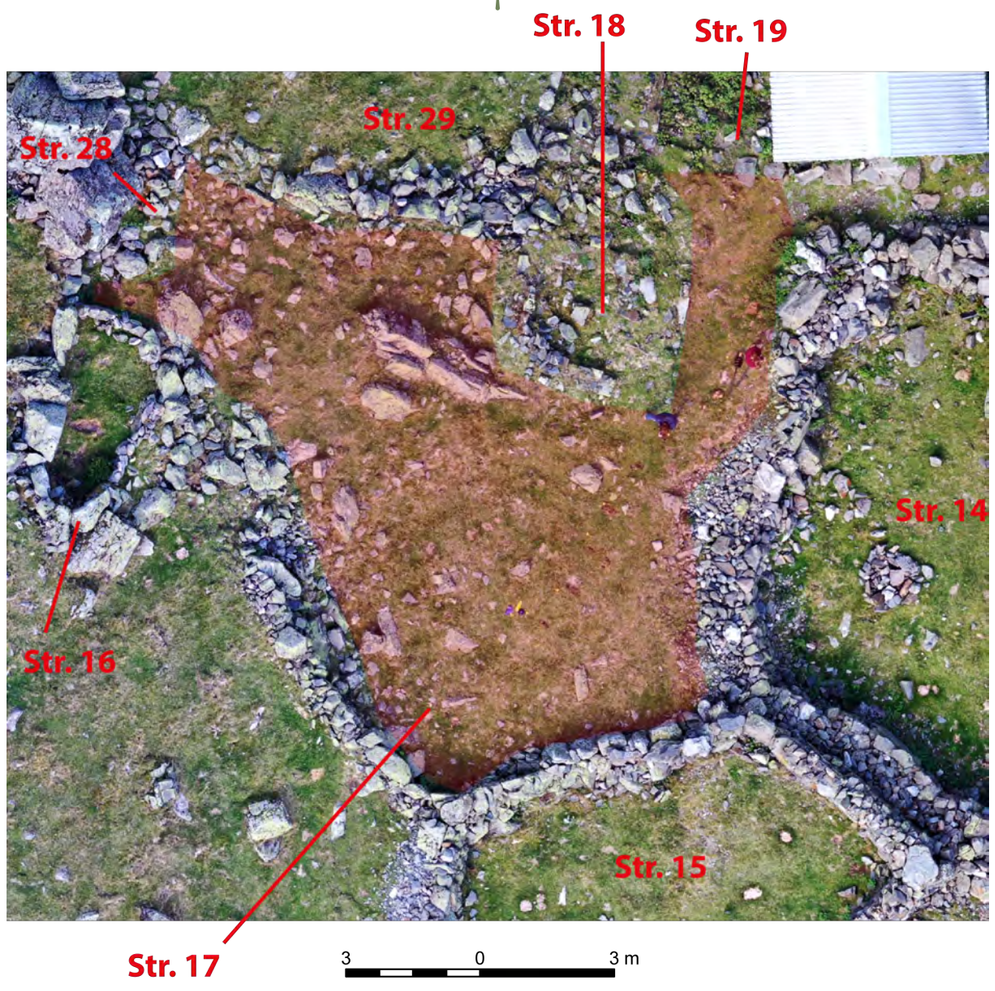


Figure 61 - Structure 17 (Orthophotographie - Metashape)

• ***Structure 18 = Cabane***

Petite cabane quadrangulaire de 5 m² de surface intérieure : 3,23 m de large et 4,01 m de long (mesures extérieures) ; 2,15 de large et 2,64 m de large (mesures intérieures). Cette structure se trouve à 2 m à l'Ouest de la structure 14 et à 7 m au Sud-Est de la structure 28. L'éboulis de la structure 29 semble venir recouvrir l'éboulis de son angle Nord-Est. Elle est très arasée. Les murs sont conservés sur une hauteur variant de 0,25 à 0,35 m. Ils paraissent être à double parement. Cette construction a semble-t 'il était épierrée, probablement pour fournir les matériaux pour l'actuel centre pastoral. La porte devait se trouver dans l'angle Sud. (Fig. 62) Elle fait partie de l'ensemble pastoral du XIXème siècle. (Fig. 61)

• ***Structure 19 = Cabane***

Petite cabane de 4,89 m² (mesures intérieures) : 2,38 m de long et 2,15 m de large (mesures intérieures). Elle a été édifiée à 2 m au Nord de la structure 18 et à 1 m à l'Ouest de la structure 29. Cette structure a le même état de conservation que la structure n° 18 : elle est très arasée et conservée sur une hauteur maximale de 0,66 m de haut. Tout comme la structure 18, les murs sont à double parement. La cabane pastorale actuelle a été édifiées par-dessus le mur est de la structure 19. (Fig. 60 et 62)

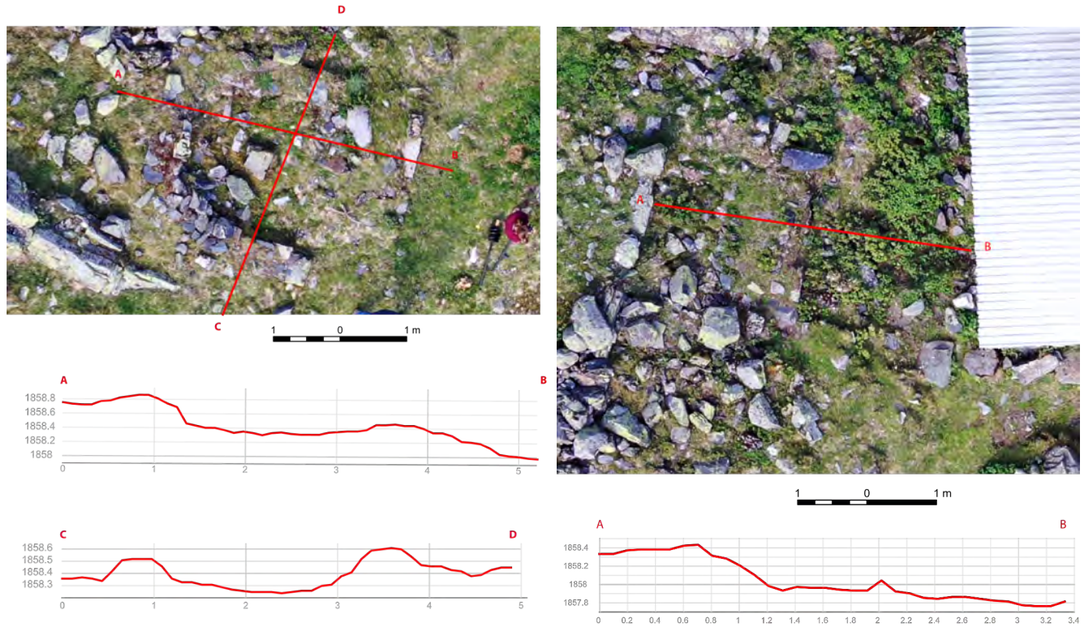


Figure 62 - A gauche, structure 17 ; à droite, structure 18 (Orthophotographie - Metashape et profil - QGis)

• ***Structure 20 = Cabane***

Petite cabane très arasée dont la face Est est totalement masquée par la construction de l'actuelle cabane pastorale. Elle a été édifiée à 1 m au Nord de la structure 19 et à 1,5 m au Sud de la structure 21. Cette construction semble avoir été quadrangulaire. Elle se développe sur 4,44 m² : 3,33 m de large et 3,94 m de long (mesures extérieures) ; 2,62 m de large et 1,97 m de long (mesures intérieures). L'architecture est très mal conservée. Les murs semblent avoir été épierrée (pour pouvoir édifier la cabane actuelle ?). Le mur Ouest est celui qui a l'élévation la plus marquée avec une hauteur de 0,67 m de haut. (Fig. 63)

Structure 21 = Cabane

Petite cabane de 6,8 m² : 4,95 m de long et 3,42 m de large (mesures extérieures) ; 3,09 m de long et 2,23 m de large (mesures intérieures). Elle a été construite à 2 m à l'Ouest de la structure 25, à 4 m à l'Est de la structure 23 et à 5 m au Sud-Ouest de la structure 22. Elle est de forme rectangulaire. Son état de conservation est le même que celui des structures 18, 19 et 20. Le mur Ouest est le mieux conservé avec une hauteur de 0,57 m. Les murs paraissent être à double parement et avoir une largeur de 0,70 à 0,80 m. (Fig. 63)

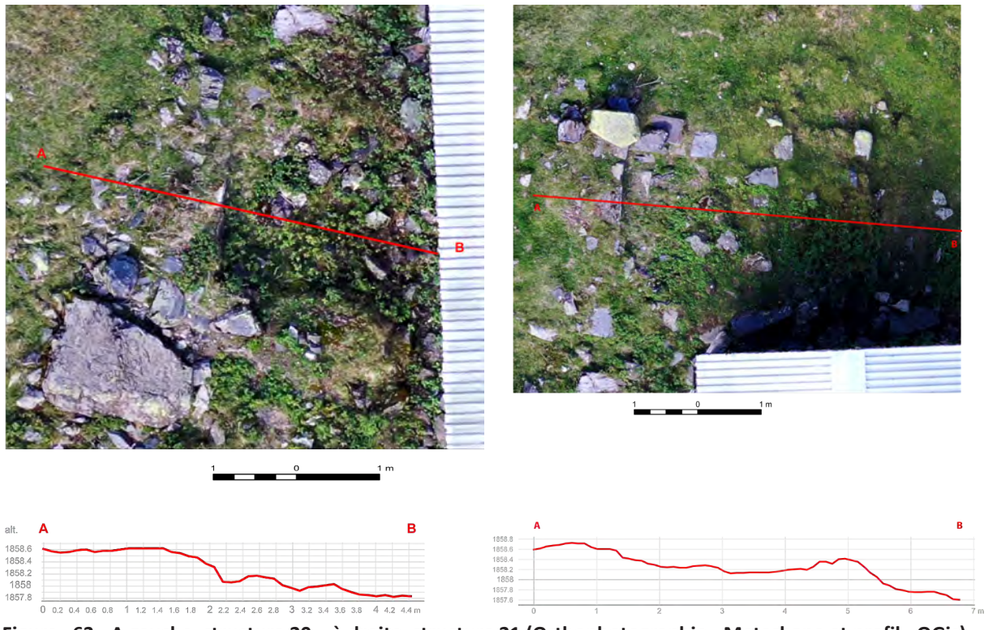


Figure 63 - A gauche, structure 20 ; à droite, structure 21 (Orthophotographie - Metashape et profil - QGis)

• ***Structure 22 = Cabane***

Petite cabane de 6,23 m² (mesures intérieures) : 2,65 m de long et 2,34 m de large. Elle a été édifiée à 3 m au Nord de la structure 23, à 2,5 m à l'Ouest de la structure 81 et à 3 m au Nord-Ouest de la structure 25. Elle est de forme légèrement rectangulaire. Son état de conservation est le même que celui des structures 18, 19, 20 et 21. Le mur Ouest est le mieux conservé avec une hauteur variant de 0,29 et 0,09 m. (Fig. 64)

• ***Structure 23 = Cabane***

Petite cabane d'au moins 3 m² (mesures intérieures) : 2,88 m de long et 2,59 m de large (mesures intérieures). Elle a été édifiée à 3 m à l'Ouest de la structure 25 et à 2,6 m au Nord de la structure 24. Cette structure a le même état de conservation que les structures n° 18, 19, 20, 21 et 22 : elle est très arasée et conservée sur une hauteur maximale de 0,30 m de haut. Tout comme la structure 18, les murs paraissent être à double parement. (Fig. 64)

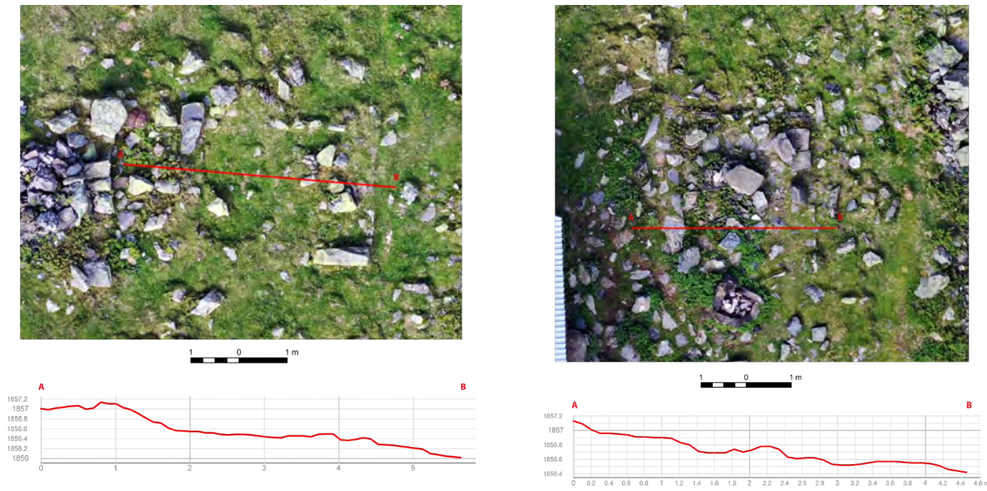


Figure 64 - A gauche, structure 22 ; à droite, structure 23 (Orthophotographie - Metashape et profil - QGis)

• ***Structure 24 = Cabane***

Petite cabane d'au moins 18 m² : 4,28 m de long et 4,24 m de large. Elle a été édifiée à 3,8 m au Nord de la structure 25 et à 4 m au Nord-Est de la structure 14. Elle est de forme légèrement quadrangulaire. Son état de conservation est le même que celui des structures 18, 19, 20 et 21. Le mur le mieux conservé a une hauteur maximale de 0,18 m. (Fig. 65)

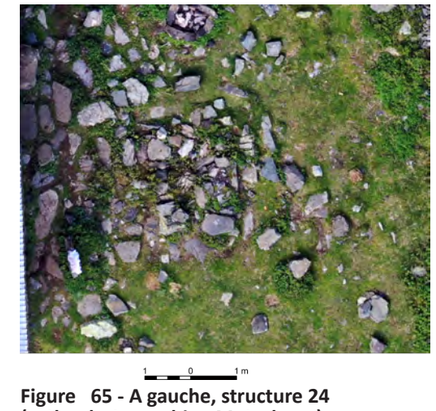


Figure 65 - A gauche, structure 24 (orthophotographie - Metashape)

• ***Structure 81 = (possible) Cabane***

Petite cabane d'au moins 4 m² (mesures intérieures) : 2,4 m de long sur 1,7 m de large (mesures intérieures). Elle a été édifiée à 1 m au Nord de la structure 25. Son état de conservation est très mauvais. Elle est totalement arasée et perceptible que par un alignement de blocs que marque un microrelief de 0,10 m de hauteur. (Fig. 66)

• ***Structure 25 = Mur***

Mur de 15,60 m de long pour une largeur variant de 1 m à 0,50 m et une hauteur de 1 m. Il forme la face Est de l'ensemble pastoral actuel (qui a été installé sur celui du XIXème siècle). Il peut être identifié comme étant un mur de terrasse ou de protection de la zone d'habitation contre les avancés et attaquent du ruisseau. (Fig. 66)

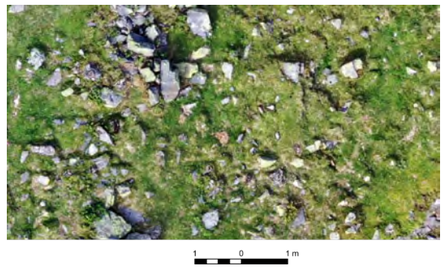


Figure 66 - A gauche, structure 81 ; à droite, structure 25 (Orthophotographie - Metashape)

• ***Structure 26 = Possible cabane de terre***

Zone excavée semi-circulaire de 3,35 m de long et 5,24 m de large. Cet arrachement de matériaux est important. Il s'élève à 0,927 m de haut sur la face Nord-Est (côté versant). Sur la face Sud-Ouest, se remarque un bourrelet de terre et de pierre. Il est complexe de faire la part entre déformation naturelle du sol (due à une instabilité des sédiments ou l'arrachement d'un bloc de façon naturelles) ou anthropique (dû au prélèvement de matériaux ou à l'aménagement d'une structure).

Un type cabane pastoral laisse ce type de marque dans le paysage. Il s'agit des cabanes de terre décrites par Messieurs Blanc et Rouzaud en 1994 (Fig. 67) et photographiés, au début du XXème siècle, en Aragon par Ricardo Compairé ou en Catalogne par Francesc Blasi Vallespinosa. L'ossature de ces cabanes était faite en matériaux périssables : un tronc planté dans la pente sert de poutre faîtière, les chevrons utilisent des branches et sont recouverts par des mottes d'herbes et/ou des écorces. Un petit muret en pierre sèche de quelques assises est construit à l'avant pour fermer la construction et donner un appui au foyer. (Fig. 68)

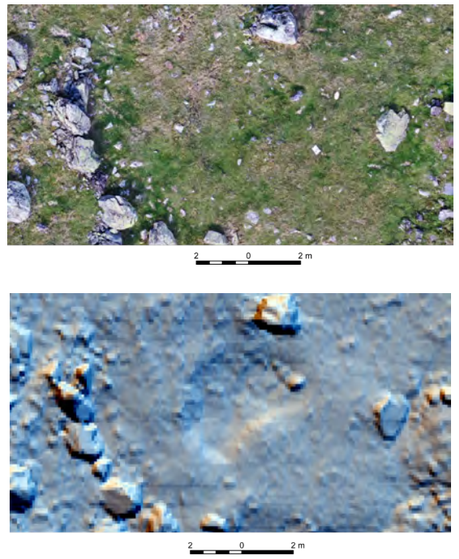


Figure 67 - En haut, orthophotographie (Metashape), en bas, ombrage multidirectionnel (16 directions, hauteur 35° (RVT)

Figure 68 - Exemple de cabane dite « de terre » (d'après Blanc et Rouzaud,

• ***Structure 27 = Possible cabane de terre***

Petite zone excavée semi-circulaire de 1,63 m de long et 2,66 m de large. Le creusement se développe sur 0,49 m de haut sur la face Est. A l'avant, sur la face Sud, se remarque un bourrelet de terre et de pierre. Il pourrait s'agir du même type de construction que la structure 26 : une cabane de terre. (Fig. 69 et 70)

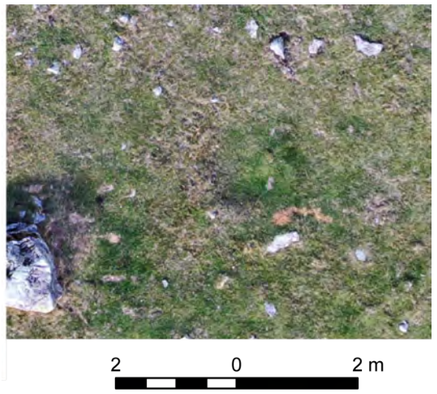


Figure 69 - Structure 27 (Orthophotographie - Metashape)

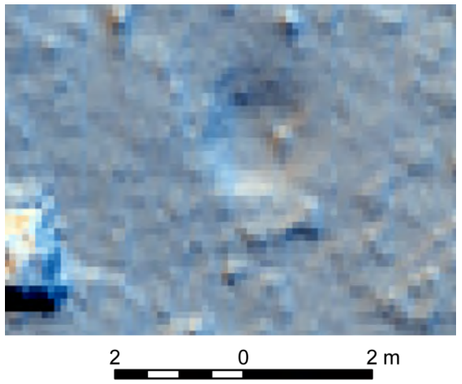
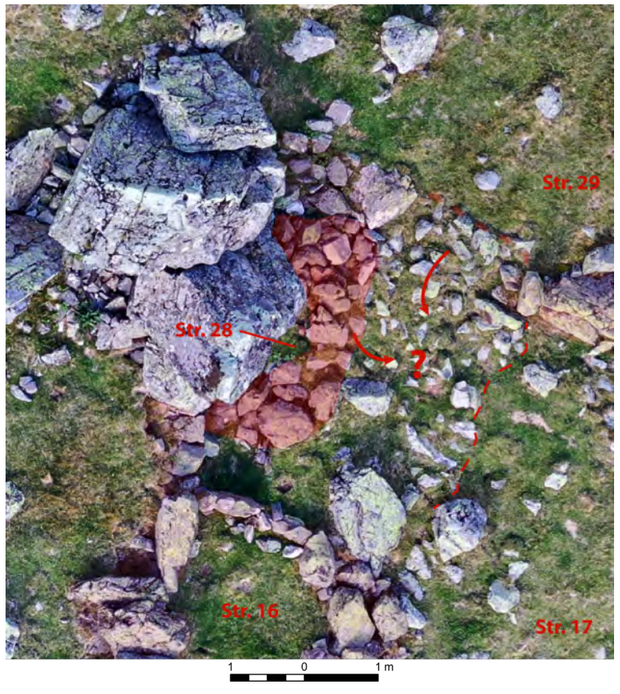


Figure 70 - Structure 27 (ombrage multidirectionnel avec 16 directions et une hauteur de 35° - RVT)

• ***Structure 28 = Abri sous roche***

Petit abri sous roche de 3,07 m de long. La profondeur est impossible à préciser sur les observations et analyses des livrables de la photogrammétrie. La vue zénithale ne permet de voir que la partie extérieure du mur. Il est composé d'une assise de blocs de différentes taille entassés sur 0,27 m de hauteur. Cette structure se trouve accolée à la face Sud du mut de la structure 29 et à 1 m au Nord de la structure 16. A l'Est de la structure se perçoit un glacis de 2,14 m de long et 2,45 m de large. L'angle d'incidence de ce glacis est de 16,6°. Il se compose de petits blocs. Avec les données disponibles, il est impossible de déterminer s'il s'agit d'un aménagement anthropique ou s'il provient de la destruction d'une partie du mur de la structure 29. (Fig. 71)

Figure 71 -Structures n° 28, mais partiellement les structures n° 29, 16 et 17 (orthophotographie -Metashape)



• ***Structure 29 = Indéterminée (mur ?; enclos ?)***

Mur de 9,24 m de long (axe Ouest/Est) et 4,27 m de large (axe Nord/Sud). Il s'élève sur 0,27 m de haut. Il a été édifié à 1 m à l'Ouest de la face externe de la structure 19 et à 1,37 m de l'angle Nord-Ouest de la structure 18. Clôture t'il la face Nord de la structure 17 ou délimite-t-il un espace situé à l'Ouest des cabanes 19, 20 et 21 ? (Fig. 72)

• ***Structure 30 = Mur***

Possible mur d'axe Est-Ouest. Il se développe sur 18,90 m de long et 0,70 m de large. Il est formé d'un alignement de blocs épars qui dépasse de la surface sur 0,22 m de haut. Il se trouve à 13 m à l'Est de la structure 13 et à 13 m au Sud-Est e la structure 15. (Fig. 73)

• ***Structure 31 = Indéterminée***

Petite dépression semi-circulaire de 2,90 m de long et 1,95 m de large qui se développe sur une hauteur maximale de 0,71 m. Elle se trouve à moins d'1 m de la structure 30. Il est très complexe de déterminée, s'il s'agit d'un aménagement anthropique (construction ? prélèvement de matériaux ?) ou d'une formation naturelle. (Fig. 72)

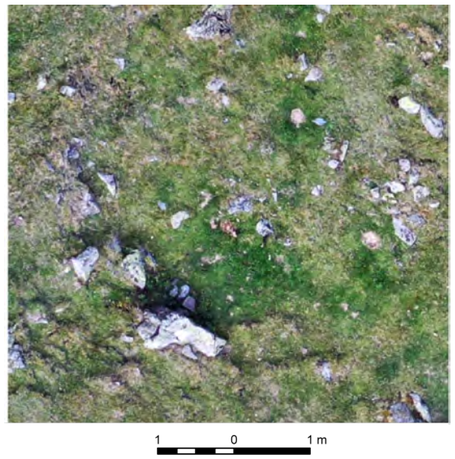


Figure 72 - En haut, structure 31 ; en bas, structure 29 (orthophotographie (Metashape)

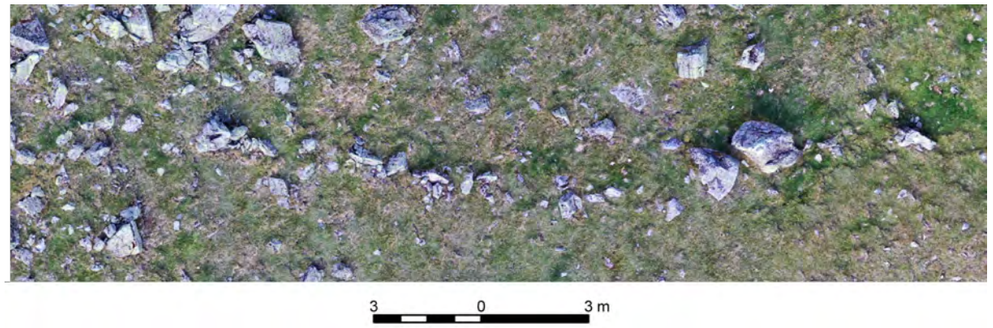


Figure 73 - Structure 30 (orthophotographie réalisée par photogrammétrie (Metashape)

• ***Structure 32 = Enclos***

Enclos de forme ogivale de 20,94 m de long et 8,58 m de large, soit 104,38 m². Cette structure est très arasée. Les murs ne sont visibles que par un alignement de pierre irrégulier qui dépasse de la surface sur maximum 0,28 m de haut. Il s'inscrit dans le sens de la pente. Ce positionnement n'est pas étonnant. Les enclos sont souvent installés dans les pentes pour faciliter son nettoyage et ainsi limiter les maladies des sabots du bétail. (Fig. 74, 76) et 82) Cet enclos fait partie d'un ensemble pastoral plus important constitué de 4 édifices imbriqués les uns dans les autres : Structure 32, 33, 34, 35 et 154. L'état de conservation de cette structure est tellement dégradé qu'il est impossible de localiser la porte de l'enclos sur la seule observation de l'orthophotographie. (Fig. 76) L'image thermique aide toutefois à sa délimitation (Fig.75). Elle questionne sur la jonction avec les structures 33, 34 et 35. Un accès paraît avoir été mis en place au niveau de la structure 33. S'agissait t'il d'un petit corridor de 1 m de large. ?

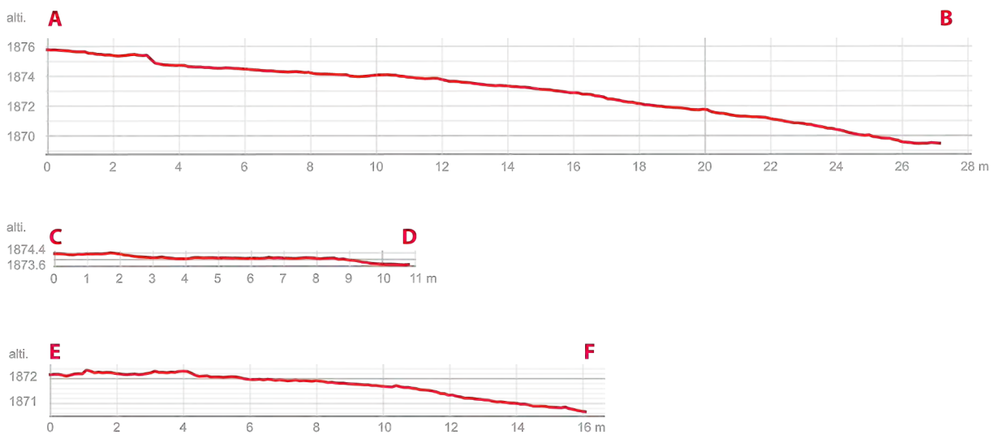


Figure 74 - Structure 32 (profils réalisés avec QGis)

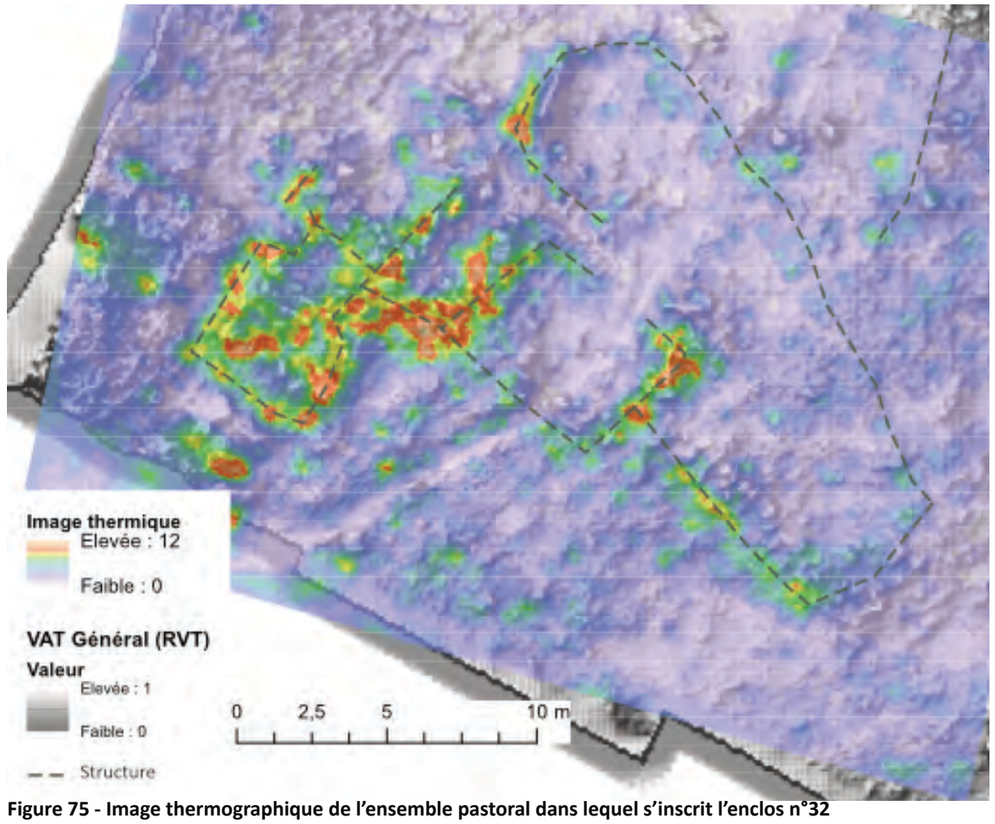


Figure 75 - Image thermographique de l'ensemble pastoral dans lequel s'inscrit l'enclos n°32

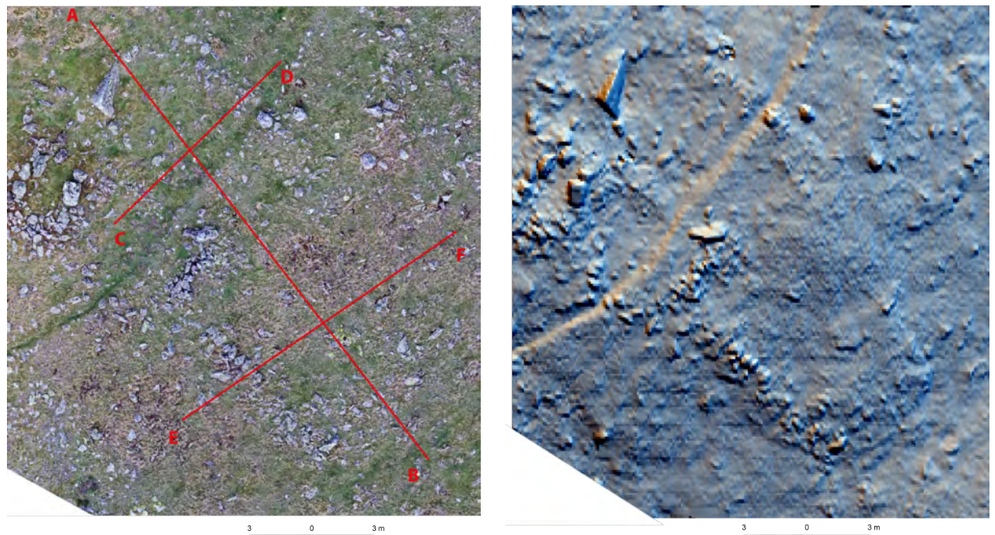


Figure 76 - Structure 32 (à gauche, orthophotographie réalisée par photogrammétrie (Metashape ; à droite, le résultat du calcul « Archaeological-VAT » de RVT)

• ***Structure 33 = Indéterminée***

Petite construction rectangulaire de 5,35 m de long et 3,78 m de large (mesures extérieures) et de 3,35 m de long et 1,77 m de large (mesures intérieures). Les murs sont très arasés et ne sont conservé qu'au maximum sur 0,53 m de haut. Cette construction semble ouvrir sur l'angle Sud-Est de l'enclos 32. Sont-elles architecturalement liées (par des chaînons d'angle par exemple) ? Est-ce-que l'une a été construite par-dessus l'autre ? La relation architecturale entre ces deux bâtiments est impossible à préciser avec les données actuellement disponibles. Il est également très complexe de déterminer sa fonction : Abris pour du matériel ? Des animaux ? Zone d'affinage des fromages ? (Fig. 77)

• ***Structure 34 = Cabane ?***

Petite construction rectangulaire de 8,38 m² (mesures intérieures) : 6,38 m de long et 4,85 m de large (mesures extérieures) ; 4,74 m de long et 2,09 m de large (mesures intérieures). L'architecture est très complexe à lire tant la structure est arasées (les murs sont conservés sur 0,30 m de haut). Seule la vue aérienne permet d'avoir une image plus claire de cette construction. Les murs sont identifiables uniquement par un amoncellement de blocs qui dépasse de la surface et des myrtilliers sur 30 cm (soit 1 bloc). L'état de dégradation de cette construction est tel qu'il est impossible d'identifier la porte. Il est également très complexe de définir une relation architecturale entre les structures 34, 33 et 35. Seul l'accolement des structures 34 et 35 est observables. (Fig. 77)

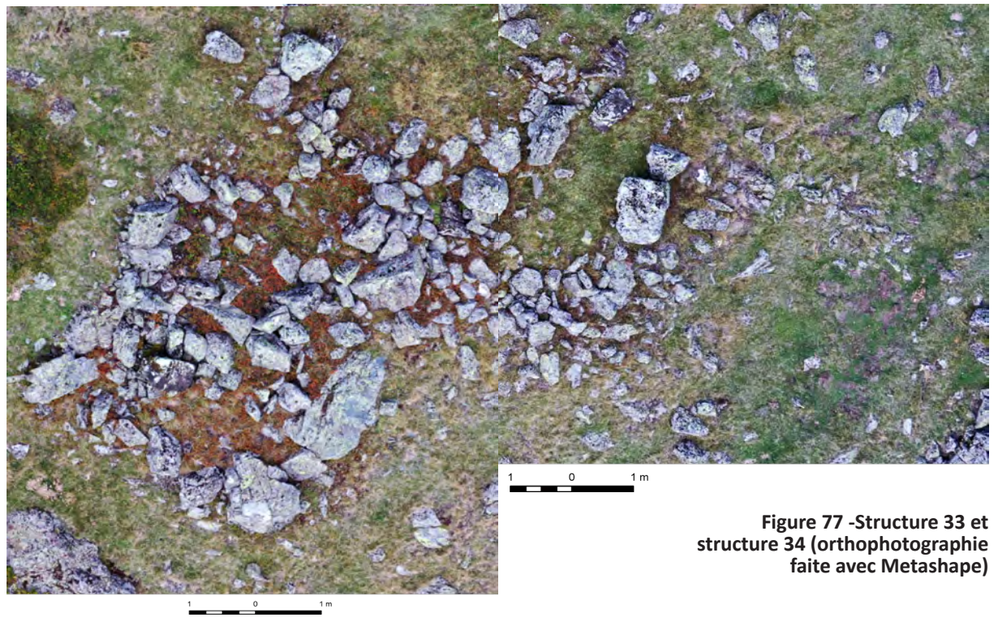


Figure 77 -Structure 33 et structure 34 (orthophotographie faite avec Metashape)

• ***Structure 35 = Indéterminée***

A Nord et dans le prolongement de la structure 34 se perçoit un replat de 6,14 m de long et 3,76 m de large qui est entouré par un léger bourrelet constitué de blocs alignés de façon irrégulière qui s'élève sur 0,23 m de haut (face Est). Inscrit dans la pente, la face Ouest est marquée par une rupture du sol naturel. Il est très complexe d'affirmer la réalité de cet espace. S'agit'il d'un bâtiment ou de l'aménagement d'une aire plane aménagée à l'avant d'une construction (la structure 34) ? A 2,29 de l'angle Sud-Ouest et à 4,49 m de l'angle Sud-Ouest, deux blocs émergeant de la surface tracent deux prolongements qui paraissent partiellement fermer l'espace. Toutefois, il est très difficile de voir là des murs. L'impression laissée par les observations de surface laissent plutôt entendre à la présence de blocs naturel ou liés à l'effondrement du mur de la structure 32. (Fig. 78)

•***Structure 82 = Enclos ?***

Possible enclos ou partition de l'enclos n° 32. De forme quadrangulaire, il se développe sur 5,41 m de long et 5.71 m de large. La présence d'un chemin qui le traverse de part en part perturbe sa lisibilité. Mais, c'est surtout son très mauvais état de conservation (il n'est perceptible que par la vue aérienne par quelques blocs disjoints qui tracent la ligne des murs). (Fig. 78) L'image thermique aérienne permet d'en tracer plus sûrement les limites (Fig. 78). Un porte paraît ouvrir vers intérieur de l'enclos 32. Il forme la limite entre le zone de parcage du bétail et la zone de vie (structures n° 33, 34 et 35).

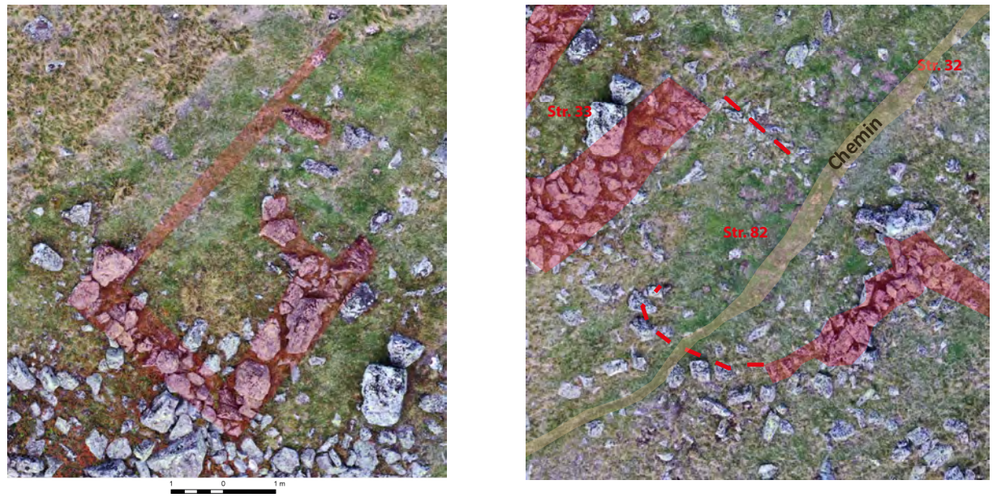


Figure 78 - A gauche, structure 35 ; à droite, structure 82 (orthophotographie faite avec Metashape)

• ***Structure 36 = Enclos***

Petit enclos rectangulaire de 27,47 m² (surface intérieure) : 15,28 m de long et 5,036 m de large (mesures extérieures). Il se trouve sur une petite pente qui donne sur le replat herbeux du ruisseau Le Lavedan. Il a été édifié sur les marges du chaos rocheux qui occupe le centre du replat de l'Auloueilh. Il a été édifié en repoussant les blocs sur les côtés pour former un espace « plan » et « dégagé ». Les murs ainsi construits sont plus des blocs mal empilés. Ils sont conservés sur une hauteur variant de 0,19 m à 0,44 m. Leur largeur varie également de 0,70 m à 1 m et dépend plus de la taille des blocs entassés que d'un procédé architectural. L'entrée se fait par la face Est par une porte de 0,70 m. (Fig. 79)

• ***Structure 37 = Mur***

Mur semi-circulaire de 11,27 m de long et 0,80 m de large. Il est conservé sur une hauteur maximale de 0,287 m. Il prend appui sur un bloc qui est également inclut dans la face Ouest de la structure 36. (Fig. 79)

• ***Structure 38 = Mur (?)***

Alignement de blocs disjoints qui suivent un axe Nord-Sud et vient butter contre le pied droit nord de la porte de la structure 36. (Fig. 79)

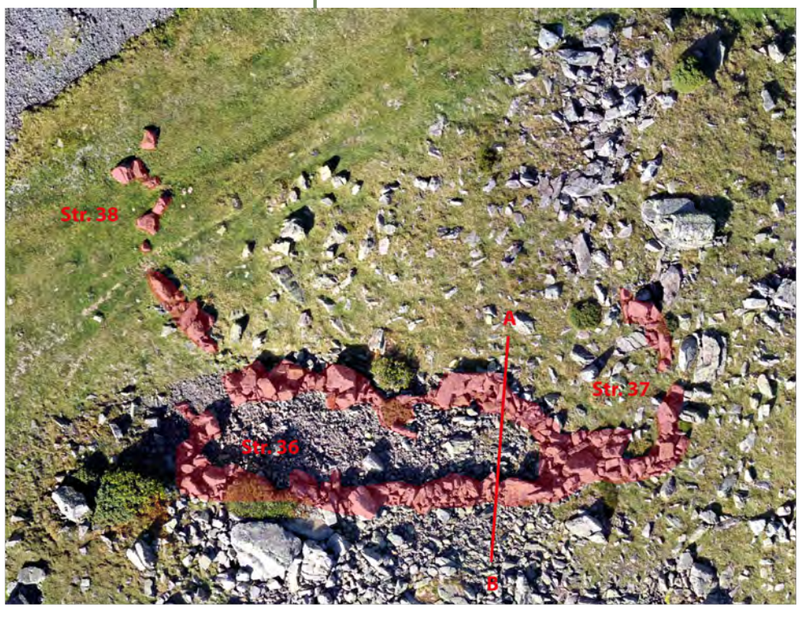


Figure 79 - Structures 36, 37 et 38 - orthophotographie (Metashape) et profils (Qgis)

• ***Structure 39 = Cabane***

Cabane rectangulaire de 7,50 m de long et 3,21 m de large (mesures extérieures). Elle a été édifiée sur un relief qui surplombe le ruisseau Le Lavedan, en marge du chaos qui marque la partie centrale du replat de l'Auloueilh. Elle est très arasée et n'est perceptible que par un alignement de blocs affleurant de 0,16 m de la surface et une très légère dépression centrale. Les murs paraissent avoir été édifié à double parement. Ils semblent s'appuyer en partie sur des rochers naturel (face Nord) et sur ce qui pourrait être un affleurement rocheux (face Sud). L'accès à l'intérieur du bâtiment ne peut pas être localisé avec les données disponibles. (Fig. 81) L'image thermique (Fig. 82) ne permet pas d'identifier des détails architecturaux supplémentaire.

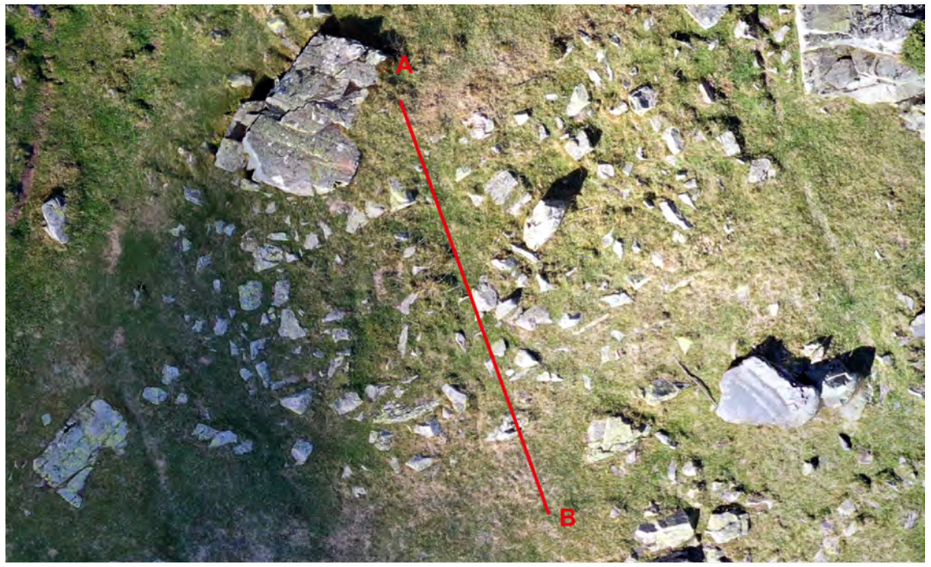
Trois anomalies thermiques interrogent cependant.

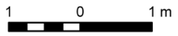
La premier, la plus « forte » est une bande plus chaude qui longe la face extérieur Sud de la structure n° 39 (G de la Fig. 82). Faisant face au Sud, cette partie reçoit un ensoleillement plus important que le reste de la partie étudiée. Cela pourrait expliquer sa présence.

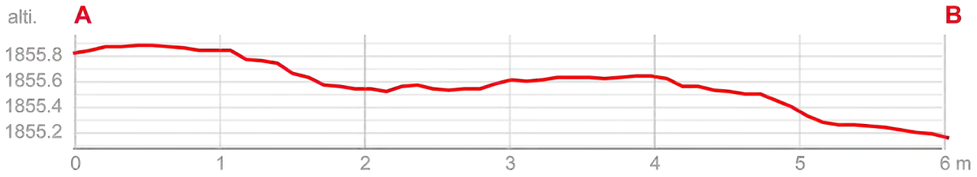
Au Sud de la structure n° 39 (E de la Fig. 82), une ligne plus chaude en forme d'arc de cercle pourrait témoigner la possible présence d'un mur sous-jacent ou d'un moins d'une structuration/cloisonnement de l'espace par des moyens inconnus.

A l'Est de la structure n° 39 (F de la Fig. 82), marquant la partie Est de la structure n° 45. Il pourrait également indiquer la présence d'un retour d'axe Est-Ouest.

Figure 80 - Relevé thermographique par drone







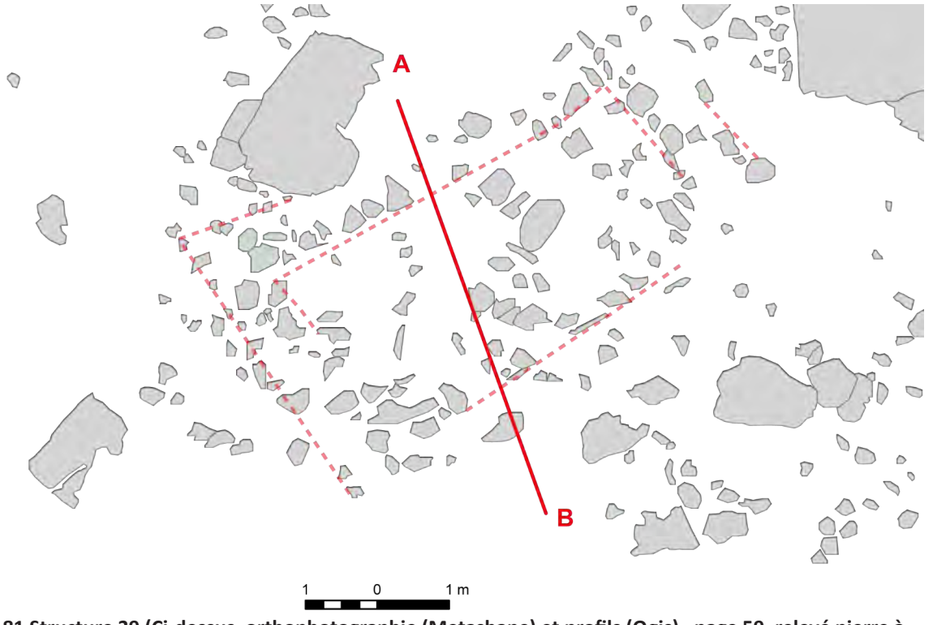
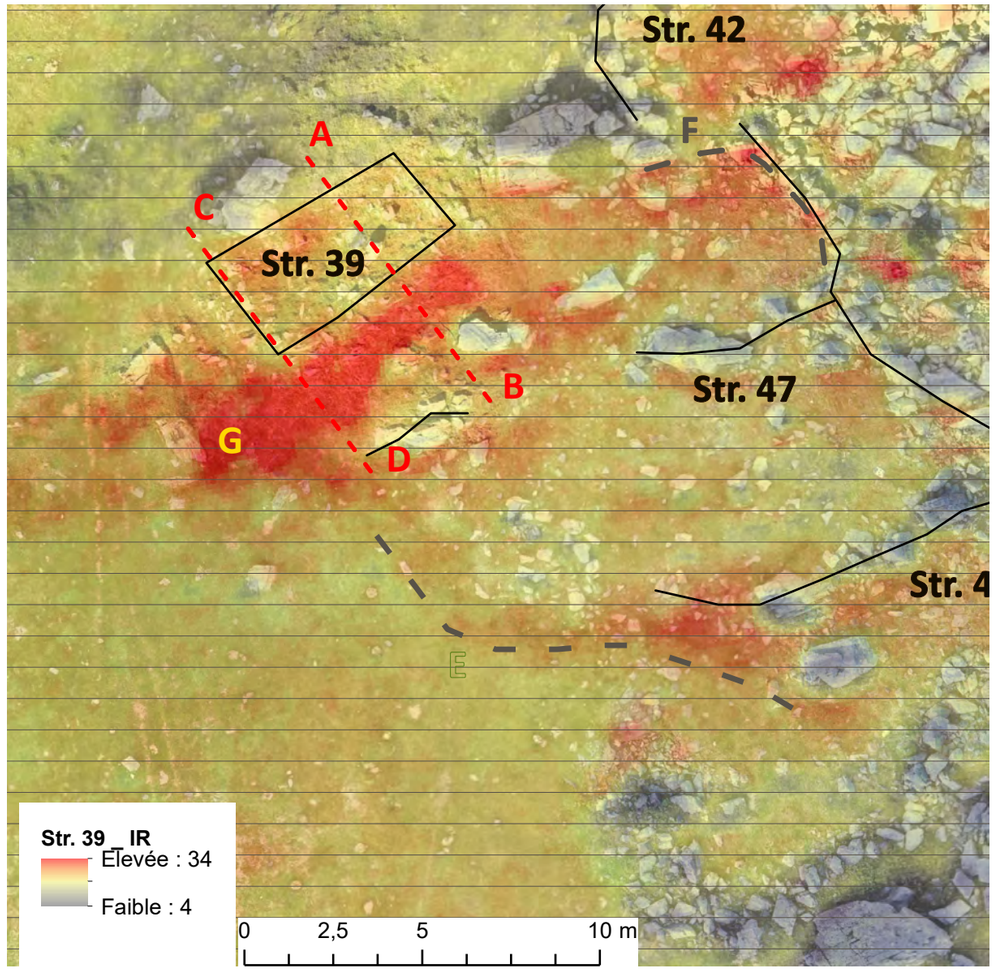
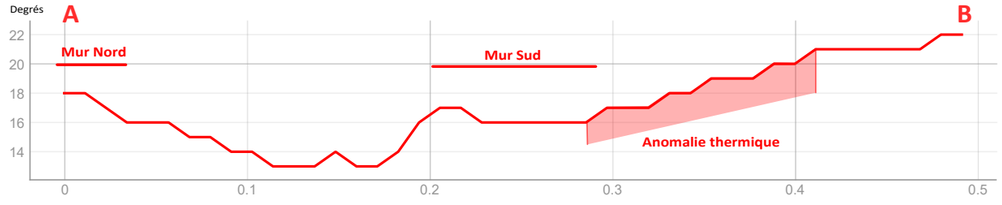


Figure 81 Structure 39 (Ci-dessus, orthophotographie (Metashape) et profils (Qgis) , page 59, relevé pierre à pierre réalisé à partir de l'othophotographie





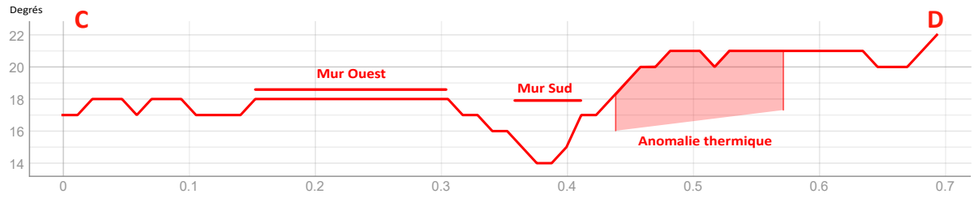


Figure 82 - Structure 39 - Image et profils thermique

• ***Structure 40 = Enclos***

Enclos de forme trapézoïdale, de 387 m² : 23,91 m de long et 16,924 de large au Sud et 20,129 m de large au Nord (mesures extérieures). Il a été construit sur les marches Sud-Est du chaos rocheux qui marque la partie centrale du replat de l'Auloueilh. Il entoure une légère butte qui surplombe la rivière. Il a été édifié en repoussant les blocs sur les côtés pour former un espace « dégagé ». Les « murs » ainsi construits sont plus des blocs mal empilés que de murs architecturés. Ils sont conservés sur une hauteur variant de 0,23 m à 0,44 m de haut. De façon générale, l'état de conservation de cette structure est mauvais. Cela est dû à son mode constructif et au temps. Les faces Nord, Sud et Est sont le plus lisibles : des blocs sont alignés et forment le cordon d'un mur. A l'Est, sa lecture est plus complexe. Les blocs du chaos perturbent sa compréhension. La face Ouest parait en grande partie ouverte. Seul une ligne de blocs affleurant la surface pourrait laisser entendre l'existence d'une clôture sur cette face. (Fig. 83)

• ***Structure 41 = Indéterminée***

Espace de 115,84 m² (22,47 m de long et 6,10 m de large) situé entre les enclos 40 et 46. Il est complexe de déterminer à partir des données disponibles si cette partie a été utilisée comme enclos ou s'il s'agit d'un espace transitoire entre l'enclos 40 et l'enclos 46. Ses limites sont très « floues ». Seule par partie Est est définissable. Elle est constituée de blocs repoussés et amoncelés sur 0,35 m de haut. Il est très complexe de déterminer si ces amoncellements sont dus à un processus naturel ou anthropique. Les faces Nord et Sud sont composées des murs des enclos 40 et 46. La face Ouest, paraît largement ouverte sur le replat et la rivière. (Fig. 83)

• ***Structure 83 = Cabane***

Structure quadrangulaire de 6,45 m de long et 3,46 m de large (mesures intérieures). Elle a été édifiée en utilisant ce qui parait être une dépression naturelle située au Sud de la butte enclose par la structure 40. Ce bâtiment en forme même l'angle Sud-Ouest de cet enclos. La porte semble avoir été installée dans la façade Ouest. Les murs Nord et Est sont conservés sur 1,04 m de haut. Les murs de cette construction s'appuient également sur des affleurements rocheux et des éléments du chaos contre lequel il est niché. (Fig. 83)

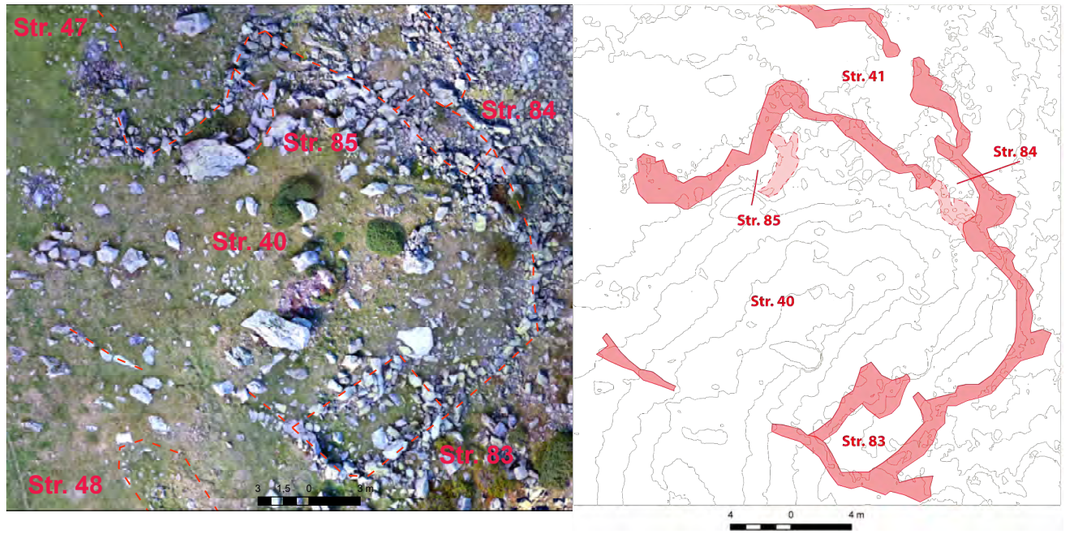
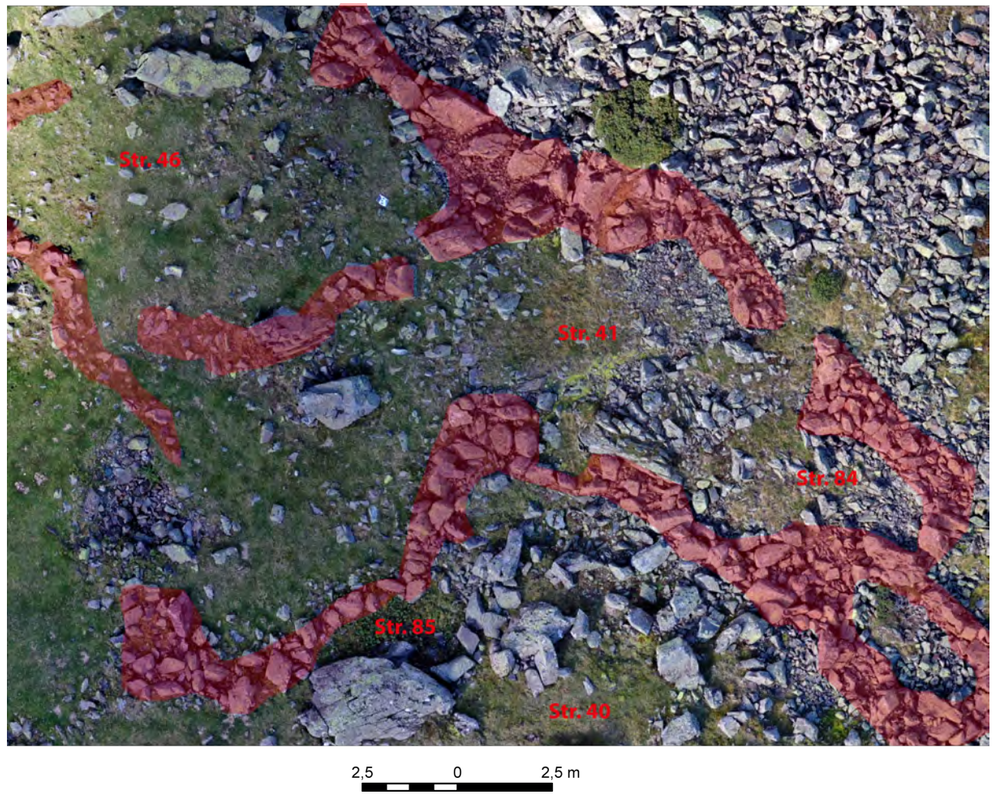


Figure 83 - Au-dessus, orthophotographie et plan de l'enclos 40 et des structures adjacentes (str. 40, 41, 83, 84 et 85): les isolignes ont été réalisées avec ArcGis) ; en dessous, structure 41 (orthophotographie



• ***Structure 84 = Indéterminée***

Possible édifice de 4,88 m de long et 2,38 m de large (mesures intérieures). Situé à 2 m de l'angle Nord de la structure 40. La face Nord est constituée du mur Nord de la structure 40. Un gros bloc marque la face Sud-Ouest. Les autres faces sont définies par une dépression dont les parois sont « tapissées » de blocs. Il est complexe de déterminer s'il s'agit d'une construction anthropique ou d'un élément naturel. (Fig. 84)

• ***Structure 85 = Indéterminée***

Possible construction pastorale en lien avec l'enclos 40. Elle mesure 5,88 m de long et 1,81 m de large (mesures intérieures). Elle se trouve contre le mur Est de la structure 40 et semble ouvrir vers l'extérieur, vers la structure 41. Totalement incluse dans le chaos rocheux, il est très complexe d'en définir les limites et de faire la part entre mur et amoncellement naturel de blocs. (Fig. 84)

Figure 84 - A gauche, structure 84 ; à droite, structure 85 (orthophotographie - Metashape)

• ***Structure 42 = Possible mur***

Possible mur d'axe Nord/Sud de 3,30 m de long et 1,11 m de large. Il s'agit d'un alignement de blocs qui marque une légère rupture de pente de 0,44 m de haut. Etant située en marge du chaos rocheux, il est très complexe de déterminer si cet amoncellement de blocs est anthropique ou naturel. (Fig. 82)

• ***Structure 44 = Mur (?)***

Mur en forme de « L » qui « délimite » un espace de 3,20 m de long et 2,64 m de large. Ce mur, très arasé (observable seulement par une déformation du sol d'environ 0,08 m de haut), se perçoit par un alignement de blocs jointifs qui dépasse du couvert végétal. (Fig. 85)

• ***Structure 45 = Enclos***

Possible enclos de 20,78 m² installé dans la bordure Ouest du chaos rocheux qui marque la partie centrale du plateau de l'Auloueilh. Il a été édifié à 2,40 m à l'Est de la structure 39 et à 11 m au Sud-Ouest de la structure 36. La face Est est la seule qui soit bien marquée et visible. Cette face a été réalisée en déplaçant et rassemblant les blocs pour former une ligne de 0,80 m de large et dégager un espace plan. La face Sud, peu certaine, se compose d'une succession de rocher. Au nord et à l'Ouest aucun mur n'est perceptible en surface. (Fig. 83). L'imagerie thermique montre une anomalie chaude qui pourrait témoigner de la présence d'un retour d'axe Est-Ouest du mur n° 45 (Fig. 82 et 86)

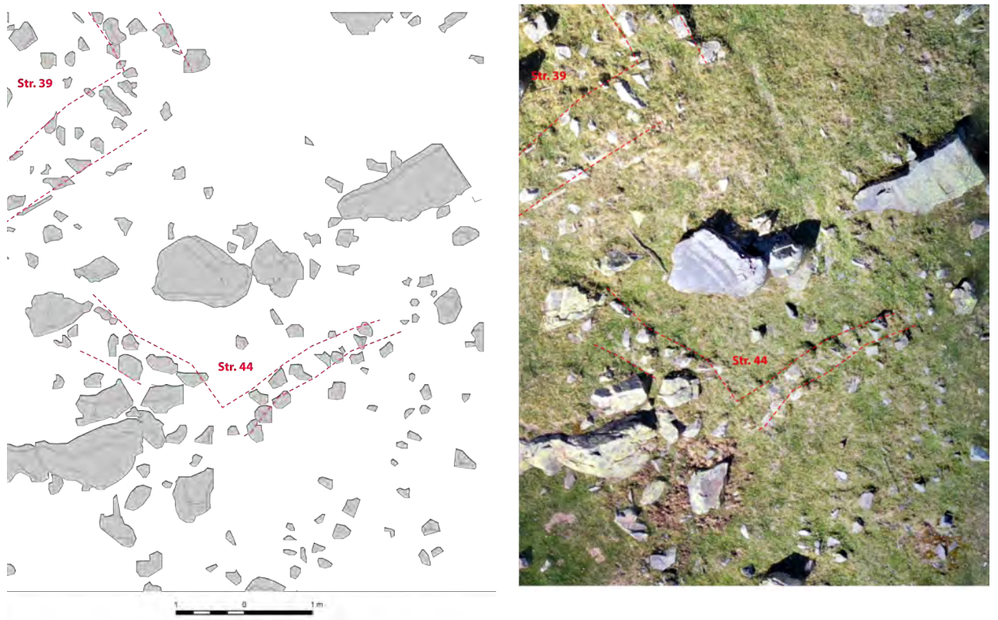


Figure 85 - Structure 44 (à droite, orthophotographie ; à gauche, relevé pierre à pierre)

• ***Structure 46 : Enclos***

Possible enclos de 44,18 m² installé dans la bordure Ouest du chaos rocheux qui marque la partie centrale du plateau de l'Auloueilh. Il est accolé à la structure 45 et se trouve à 5 m au Sud-Est de la structure 39. La face Est est la seule qui soit bien marquée et visible. Elle a été réalisée en déplaçant des blocs pour former une ligne de 0,80 m de large et ainsi dégager un espace plan La face Sud est délimitée par de gros blocs et d'affleurement rocheux. Entre ces éléments, se perçoit des amoncellements de petits blocs qui se prolonge sur 2,7 m de long vers l'Ouest. Au nord se trouve le mur Sud de la structure 44. A 1,20 m à l'Ouest se trouve la structure 47. (Fig. 82, 83 et 86)

• ***Structure 47 = Mur***

Possible mur de 11,46 m de long et 0,24 m de haut. Il est très complexe de faire la part entre mur et microrelief naturel . (Fig. 86)

• ***Structure 48 = Indéterminée (cabane ? naturel ?)***

Possible cabane de forme oblongue, de 7,41 m de long et 2,81 m de large perceptible par un affaissement du sol de 0,49 m de haut. Elle est située au sommet d'un petit monticule. Elle se trouve à 7,50 m de l'angle Sud de la structure 40. (Fig. 87)

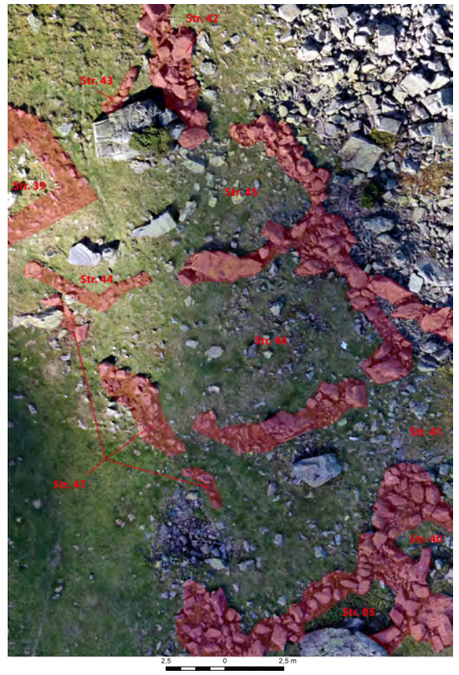
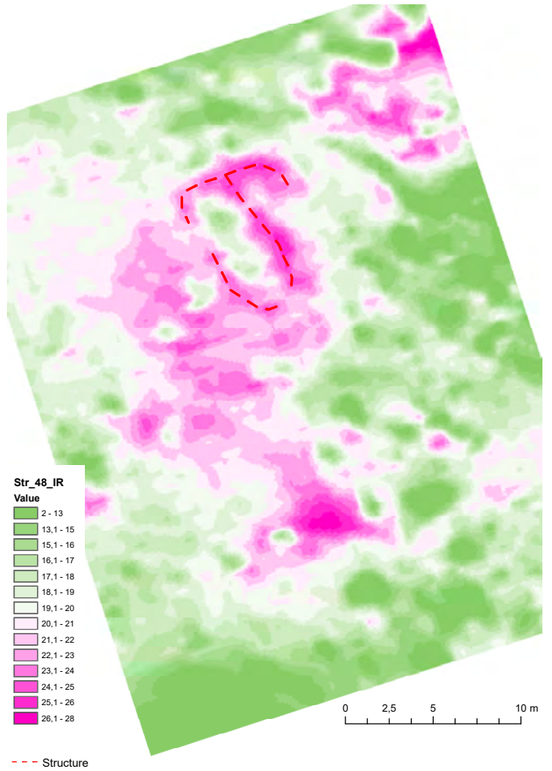


Figure 86 - Structures 45, 46 et 47 : A gauche, le résultat du traitement « Openness Positive du logiciel RVT ; à droite, orthophotographie faite par photogrammétrie (RVT)

Figure 87 - Structure 48 : à gauche, orthophotographie (Metashape) avec les profils (Qgis) ; à droite, résultat du calcul Archaeological VAT du logiciel RVT



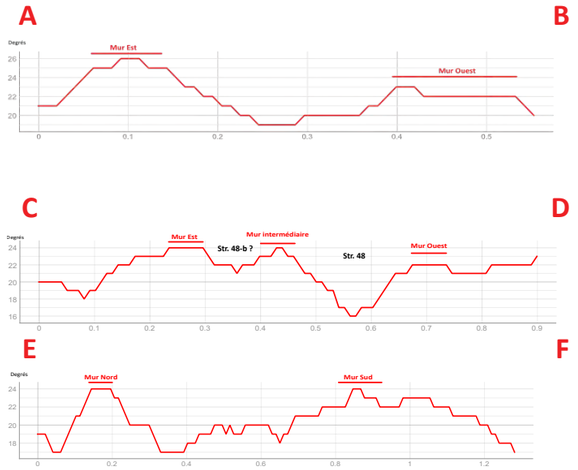
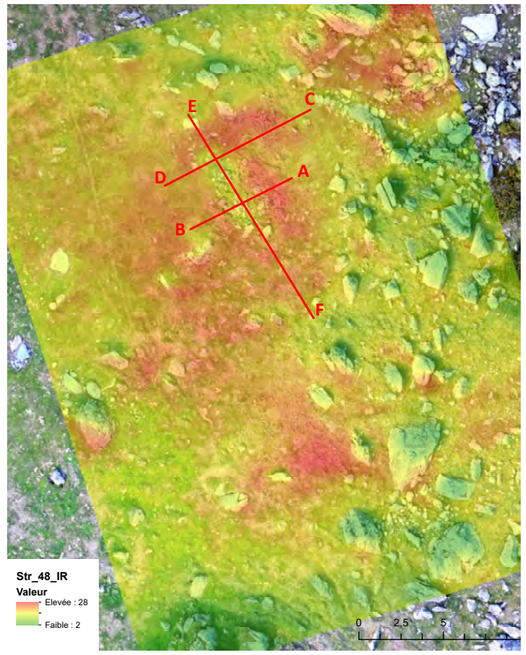


Figure 88 - Image thermique réalisée au-dessus de la structure n° 48 avec la localisation de 3 profils thermographiques

Il s'agit d'une construction rectangulaire. Sa porte est située sur la face Ouest, à 2 m de l'angle Nord-Ouest. Les trois profils thermiques réalisés (Fig. 88 et 89) permettent bien d'identifier la zone plus froide correspondante à l'intérieur de la construction. A l'Est, accolé à la face, se perçoit une anomalie thermique (qui se traduit sur le profil B-C par une déclivité, puis une reprise, de la courbe thermographique un peu en amont de la dépression de l'espace intérieur de la structure n° 48. L'anomalie thermique est de forme semi-circulaire et semble ouvrir vers le Sud. En surface, aucun indicateur de la présence d'un vestige archéologique n'est visible. Il est donc complexe de l'identifier comme une construction : Str. 48-b.

Figure 89 - Image thermique réalisée au-dessus de la structure n° 48 avec la localisation des indicateurs archéologiques



• ***Structure 49 = Mur***

Mur de 15,56 m de long et 0,62 m de large. Il barre un petit vallon situé au centre du chaos rocheux du replat de l'Auloueilh. En partie recouvert par une végétation ligneuse basse et dense (rhododendron), il est très complexe d'en suivre le tracé dans sa totalité. (Fig. 90)

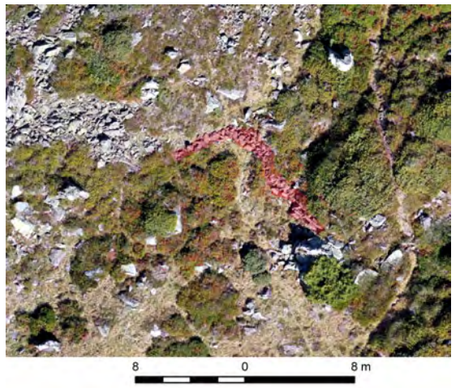


Figure 90- Au-dessus, structure 49 ; au-dessous, structure 50 (orthophotographie (Metashape)

• ***Structure 50 = Indéterminée (Cabane ? naturel ?)***

Possible cabane de 4,63 m de long et 3,46 m de large. Elle n'est perceptible que par un alignement de blocs qui dépasse la surface de 0,19 m de haut. Elle se trouve à 51 m à l'Est de la structure 37 et à 35 m à l'Ouest de la structure 51. Elle a été édifiée au sommet d'une petite crête, avec à l'Ouest les structures 36 à 49, et à l'Est, les structures 51 à 63. (Fig. 90)

• ***Structure 51 = Cabane ? Étable ?***

Structure rectangulaire de 10,49 m de long et 5,54 m de large (mesure extérieures). Elle est construite en bas d'une pente. La face Ouest est donc prise dans le versant. L'édification de cette construction a donc du nécessité un surcreusement pour aplanir le sol intérieur. Les murs sont en double parement avec un blocage intérieur. Les parties les mieux conservées permettent de préciser que les murs ont une largeur de 1,25 m. Au vu des éboulis et de la hauteur de la dépression centrale (qui parait importante), il semblerait que les murs devaient être haut. Il est impossible de déterminer s'ils étaient suffisamment haut pour permettre la construction d'un étage. L'accès est difficile a identifié tant la structure est arasée et en partie recouverte par des rhododendrons. Elle pourrait se trouver au centre de la face Est, mais cela reste à confirmer. Sa fonction est impossible à indiquer sur les seules observations de surface. Rien ne permet de définir si elle était destinée aux Hommes (cabane) ou au bétail (étable) ou au deux. (Fig. 91)

• ***Structure 52 = Cabane ? Étable ?***

Structure rectangulaire de 11,81 m de long et 5,16 m de large. Elle est quasi-entièrement recouverte de rhododendrons. Il est donc impossible d'en faire une description précise et complète. Les murs paraissent avoir une largeur de 1,17 m. Tout comme la structure 51, il semblerait que les murs devaient être haut. La localisation de la porte est impossible a identifier tant la structure est recouverte par des rhododendrons. Sa fonction est également difficile à préciser sur les observations de surface. Rien ne permet de déterminer si elle était destinée aux Hommes (cabane) ou au bétail (étable) ou aux deux. (Fig. 91)

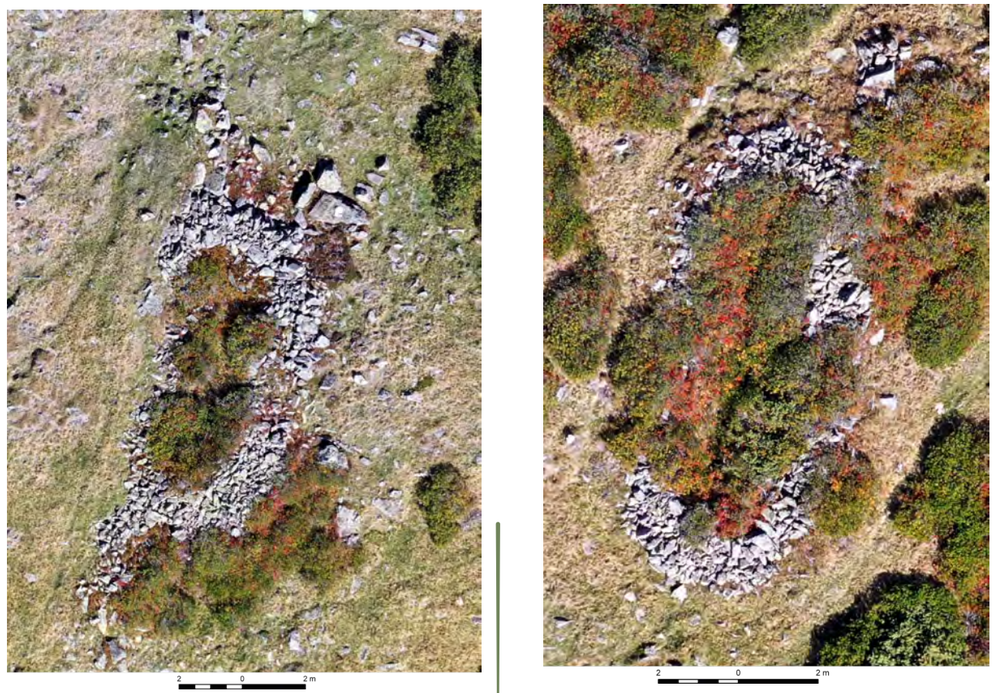


Figure 91 - A gauche, structure 51 ; à droite, structure 52 (orthophotographie - Metashape)

• ***Structure 53 = Enclos***

Enclos de 30,86 m² (12,14 m de long et 6,17 m de large – mesures extérieures). Il a été édifié en marge qu'un chaos, en repoussant les blocs pour former un espace clôt. Même si la structure est en partie recouverte par des rhododendrons, il est possible d'observer que les murs sont en partie conservés sur 0,65 m de haut et ont une largeur qui varie entre 0,80 et 1,19 m de large. (Fig. 92)

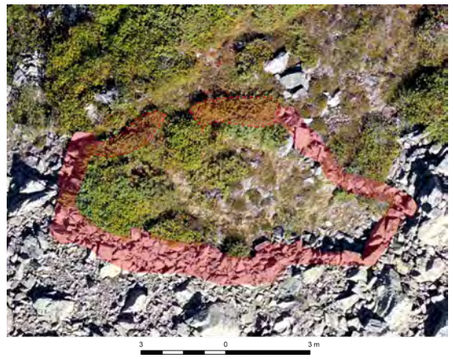


Figure 92 - Au-dessus, structure 53 ; au-dessous, structure 54 (orthophotographie (Metashape)

• ***Structure 54 = Cabane ?***

Possible cabane rectangulaire de 11,51 m² (mesure intérieures) : 6,10 m de long et 4,76 m de large (mesures extérieures). Elle a été construite en bas de pente, à 6 m au Sud de la structure 51. Cela a nécessité un surcreusement pour aplanir le sol intérieur. Le mur Ouest est constitué d'une ligne de grands blocs et dalles avec un blocage intérieur qui comble l'espace entre la ligne du mur et la paroi de terre. Cette structure étant en partie masquée par des rhododendrons, il est difficile de l'observer avec précision. L'entrée est située sur la face Nord. (Fig. 92)

• ***Structures 55, 56, 57, 58, 60, 61, 86, 87 = Mur (enclos ? clôture ?)***

Les structures 55, 56, 57, 58, 60, 61, 86 et 87 paraissent former une seule et même entité archéologique. Il semble s'agir d'un mur de clôture qui inclut également les structures 51 et 54. Ce grand mur parait enclore une petite éminence située dans les marges Nord du chaos et qui domine le ruisseau le Lavedan. Il enclos un espace de 55,19 m de long et 54,07 m de large, soit 3000 m² qui comprends les structures 52, 53, et 78. D'autres constructions pourraient avoir existé dans l'angle Nord-Ouest, à l'Ouest de la structure 52 et au Sud de la structure 79. Toutefois, le développement végétal est tellement dense qu'il ne permet pas de le certifier. Et sur les parties visiblement, le degré d'éboulement des murs limite son observation. La partie la plus visible est le prolongement Nord de la structure 51 : il est conservé sur une hauteur de 0,53 m. Ce mur, de 1 m de large, semble avoir été à double parement. (Fig. 93)

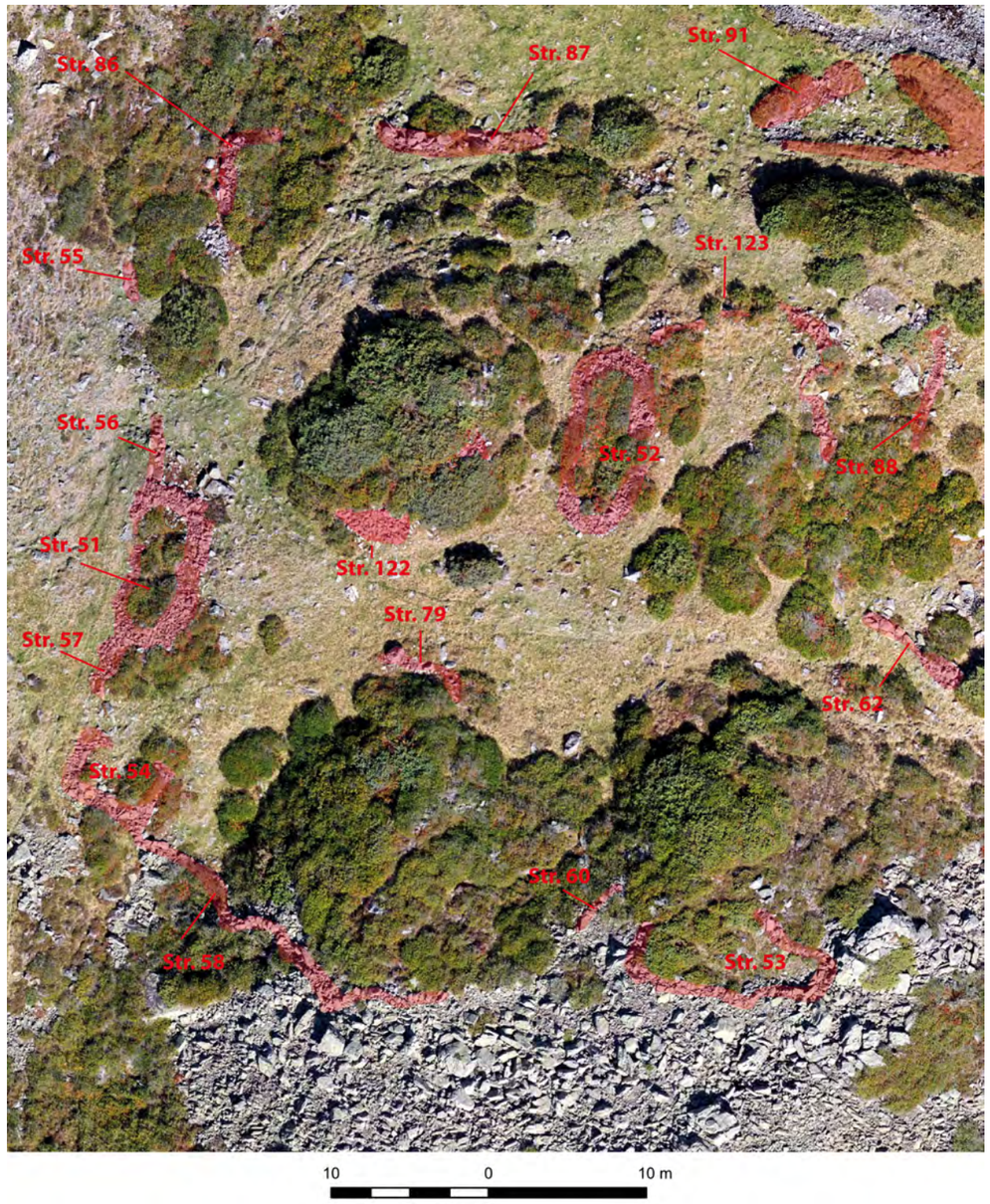


Figure 93 - Structures 55, 56, 57, 58, 60, 61, 88 et 87 (orthophotographie - Metashape)

• ***Structure 59 = Mur***

Mur conservé sur 6,32 m de long et 0,81 m de large. Il barre un petit vallon qui donne accès à l'ensemble pastoral enclos comprenant les structures 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 63, 79 et 88. Il est fait par empilement de blocs. Son état de conservation est mauvais ; il n'est visible que sur 0,34 m de haut. Il est possible qu'à l'origine, il se prolongeait vers l'Est et l'Ouest. (Fig. 94)

• ***Structure 62 = Mur***

Mur en forme de « L » qui vient « s'accrocher » à l'angle Sud-Ouest de la structure 63. Le développement végétal ne permet pas d'indiquer s'il se poursuit au Nord et à l'Ouest. Il trace un espace de 8,38 m de long et 6,79 m de large. Avec une largeur de 1,51 m et une hauteur de 0,39 m ; la partie la mieux conservée se trouve à la connexion avec la structure 63. (Fig. 94)

• ***Structure 63 = Cabane ? Étable ?***

Possible cabane ou étable quadrangulaire de 6,77 m de long et 6,49 m de large (mesures extérieures). Les murs sont difficilement observables du fait du très fort développement végétal (rhododendron). Pour ce que l'on peut en voir, notamment sur la face Est, les murs ont une épaisseur de 0,91 m et sont conservé sur une hauteur de 0,10 m. Ils paraissent avoir était édifié avec des dalles posées de champs sur la face intérieure, une rangée de blocs pour la face externe et un petit blocage pour

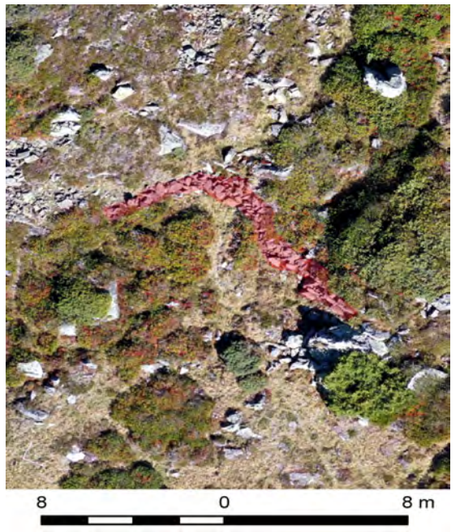


Figure 94 - Ci-dessus, structure 59 ; ci-dessous, structures 62 et 63 (orthophotographie (Metashape)

combler l'espace entre ces deux lignes. (Fig. 94)

• ***Structure 79 = Indéterminée***

Mur en forme de « L » de 6,52 m de long et 0,86 m de large. Il ne se perçoit que par un alignement de pierres jointives. La partie Sud de ce mur est totalement recouverte par des rhododendrons, ce qui empêche de pousser plus avant l'observation de cette structure.

• ***Structure 88 = Mur***

Mur d'axe Nord-Sud qui se développe sur 6,01 m de long. Il a été construit contre un petit versant. C'est probablement ce qui a permis sa conservation sur 0,33 m de haut. Il devait avoir une épaisseur de 0,95 m. Se pose la question de sa longueur initiale, impossible à indiquer en raison du fort développement végétal. (Fig. 95)

• ***Structure 91 = Enclos (?)***

Possible enclos semi-circulaire de 16,15 m de long et 5,15 m de large. Il a été édifié entre le pied de pente d'une petite butte et le ruisseau le Lavedan. En raison du fort développement végétal et de l'état très dégradé des murs, il est complexe d'en fixer les limites précises Les murs sont perceptibles par un large bourrelet constitué de terre et de blocs (entre 1,8 m et 2,5 m de large) qui émerge de la surface sur 0,28 m de haut. (Fig. 95)

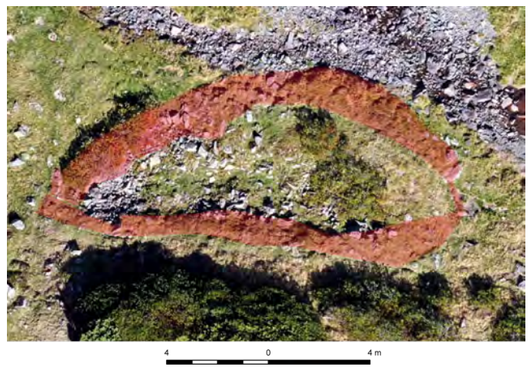
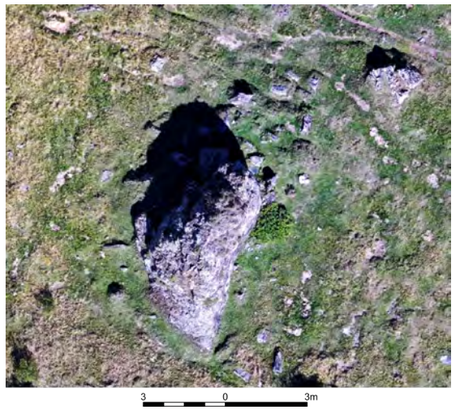


Figure 95 - A gauche, structure 91 ; à droite, structure 88 (orthophotographie (Metashape)

• ***Structure 64 = Abri sous roche (?)***

Possible abri sous roche de 3,77 m de long et 3,52 m de large. Il a été construite à 20 m à l'Ouest de la structure 65, au Nord d'un blocs rocheux. Il se perçoit par 7 blocs disjoints qui tracent un arc de cercle. Le calcul de Local Distance réalisé avec le logiciel RVT permet de distinguer deux rangés de petits blocs qui s'intercalent entre les gros blocs et forment la face Nord de cet édifice. (Fig. 96)



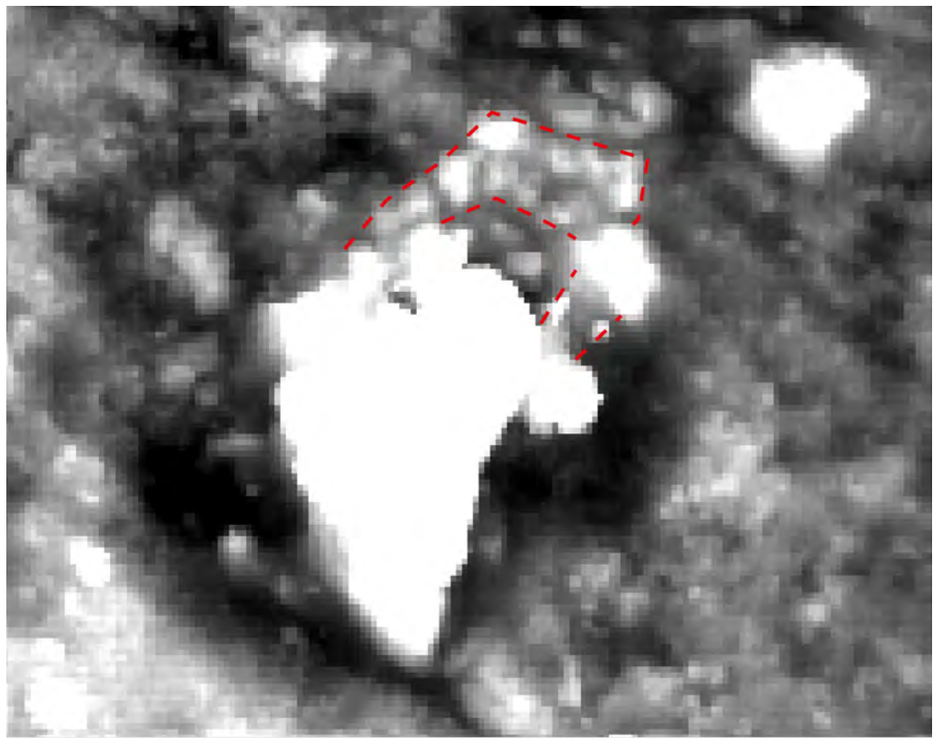


Figure 96 - Au-dessus, orthophotographie de la structure 64 (Metashape) ; ci dessous, résultat du calcul de Local Distance réalisé avec le logiciel RVT

• ***Structure 65 = Cabane***

Cabane rectangulaire de 5,64 m de long et 3,87 m de large (mesures extérieures). Elle a été édifiée à 20 m à l'Est de la structure 64. Elle a une surface intérieure de 6,23 m². Les murs font 1 m de large et la partie la mieux conservée (à l'Est) dépasse de la surface de 0,54 m de haut. Cette construction prend appui au Sud-Est contre un gros rocher. La porte se trouvait dans l'angle Nord-Est. Le calcul de Simple Local Relief Model réalisé avec le logiciel RVT confirme la localisation des murs qui entourent la dépression centrale correspondant à l'espace intérieur de l'édifice. (Fig. 97)

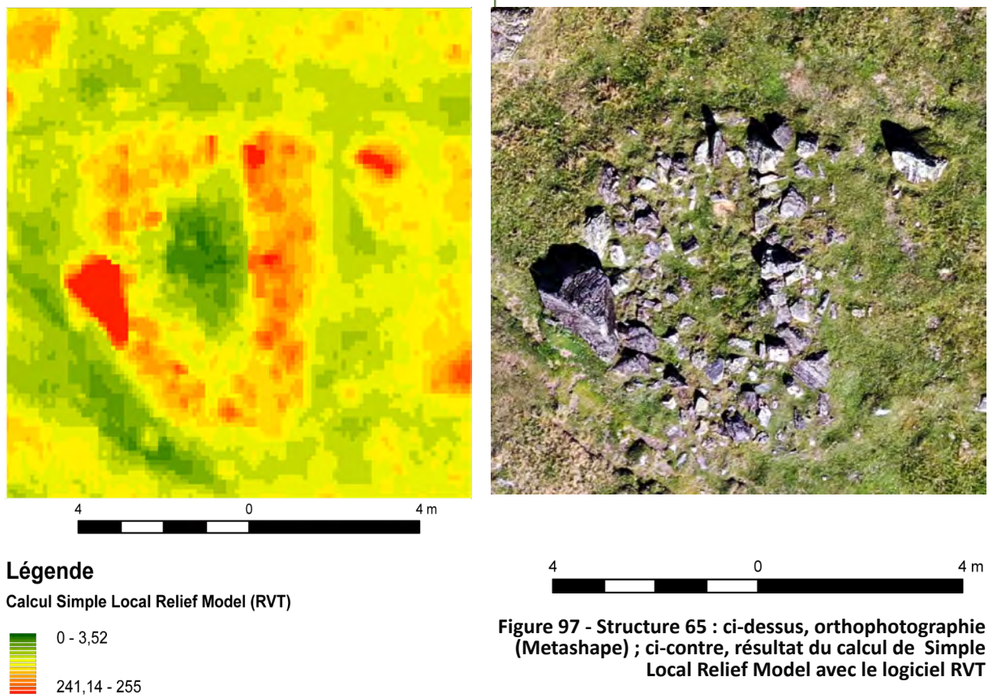


Figure 97 - Structure 65 : ci-dessus, orthophotographie (Metashape) ; ci-contre, résultat du calcul de Simple Local Relief Model avec le logiciel RVT

• ***Structure 66 = Mur***

Mur de 8,90 m de long et 1,18 m de large conservés sur 0,17 m de haut. Il a été construit à 2,80 m au Nord-Ouest de la structure 89, entre le versant d'une butte et le ruisseau le Lavedan. Il pourrait tracer les limites Est d'un enclos de 62 m² (15,94 m de long et 10,03 m de large). Toutefois, il ne peut s'agir ici que d'une extrapolation en raison du recouvrement végétal qui masque quasi-totalement la partie Ouest de la structure 66. (Fig. 98)

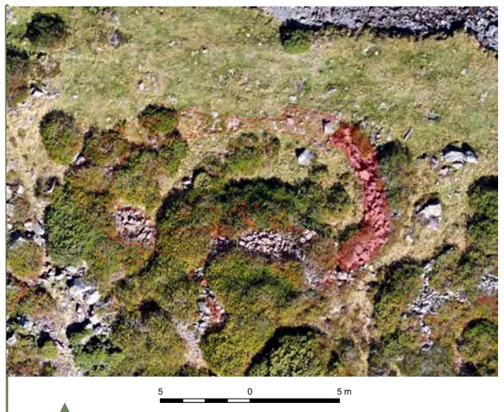
• ***Structure 67 = Cabane (?)***

Possible cabane de 4,33 m de long et 3,77 m de large (mesures intérieures). La structure 89 vient s'accrocher à sa face Ouest. Les murs mes

1,13 m d'épaisseur et sont conservé sur 0,54 m de haut. Cette construction est en grande partie recouverte par la végétation. Le tracé de sa face Ouest est extrapolé (Fig. 98 et 135).

• ***Structure 89 = Enclos***

Enclos de 8,76 m de long et 7,29 m de large. Il est accolé à la face Est de la structure 67. L'entrée se trouve dans l'angle Sud-Est. Les murs, de 1,21 m de large, sont conservés sur 0,31 m de haut. (Fig. 98 et 127)



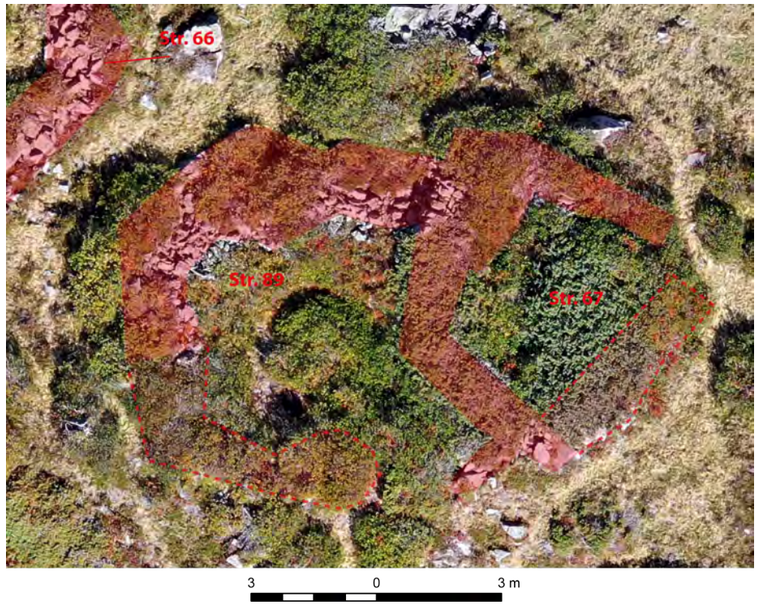


Figure 98- Au-dessus, structure 66 ; ci-contre, structures 67 et 89 (orthophotographie -Metashape)

• ***Structure 68 = Enclos ? Cabane ?***

Structure pouvant avoir été un petit enclos ou cabane. Son état d'arasement, sa forme et ses dimensions ne permettent pas d'en apprécier la fonction exacte. Il s'agit d'une petite construction de 4,77 m de long et 2,79 m de large édifiée en bas de versant. Les murs sont visibles par un simple bourrelet de terre et de pierre de 0,70 m de large et de 0,47 m de haut maximum. Elle est accolée à la face Ouest de la structure 69 et en face de la structure 91 (de l'autre côté du ruisseau Lavedan). (Fig. 99)

• ***Structure 69 = Enclos ? Cabane ?***

Accolée à la face Est de la structure 68. Elle n'est perceptible que par un bourrelet de terre parsemé de petits blocs qui émergent de la surface sur 0,144 m de haut. Ce bourrelet forme une structure quadrangulaire de 4,10 de long et 4,05 m de large (mesures extérieures). L'intérieur est marqué par une légère dépression. (Fig. 99 et 100)

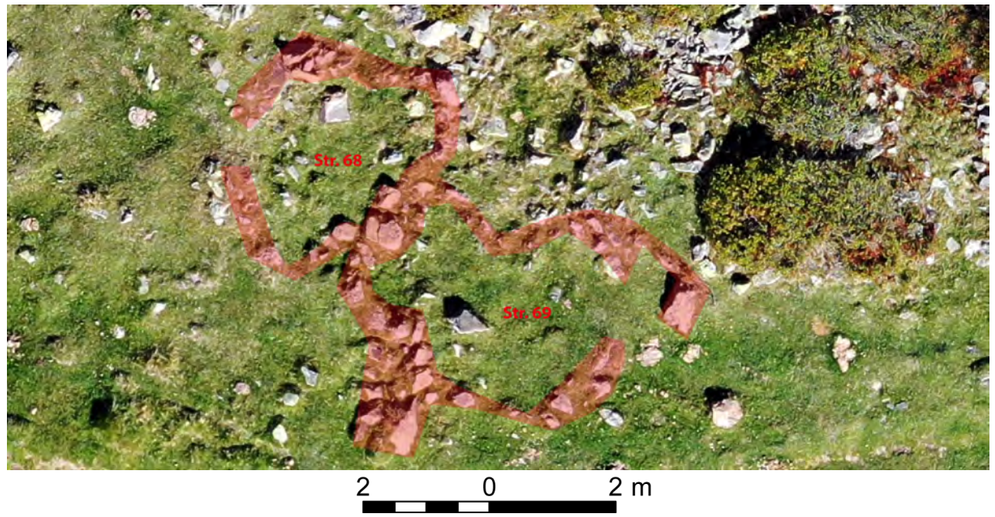


Figure 99 - Structures 68 et 69 - orthophotographie (Metashape)

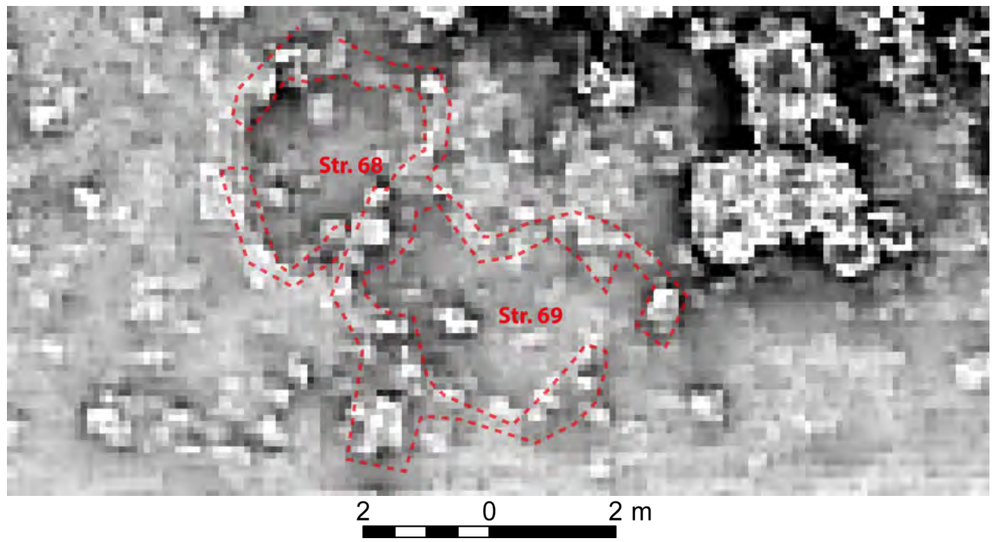


Figure 100 - Structures 68 et 69 - résultat du calcul Archaeological VAT réalisé avec le logiciel RVT

• ***Structure 70 = Cabane ? Enclos ?***

Petite structure circulaire de 8 m² (5,25 m de long et 4,84 m de large – mesures extérieures) construite en bas de pente, sur les marges d'un chaos rocheux. Les murs ont une largeur maximale de 1 m. L'entrée est probablement située sur la face Est. Il est complexe de faire la part entre petit enclos et cabane. (Fig. 101)

• ***Structure 71 = Indéterminée***

Possible petite structure quadrangulaire de 4 m² (2,16 m de long et 2,02 m de large) située à 3 m à l'Ouest de la structure 70. Elle se perçoit par un petit amoncellement que dépasse de la surface de 0,05 m et trace un carré. Les rhododendrons qui se développent à l'intérieur empêchent de lire les autres indices de surface. (Fig. 101)

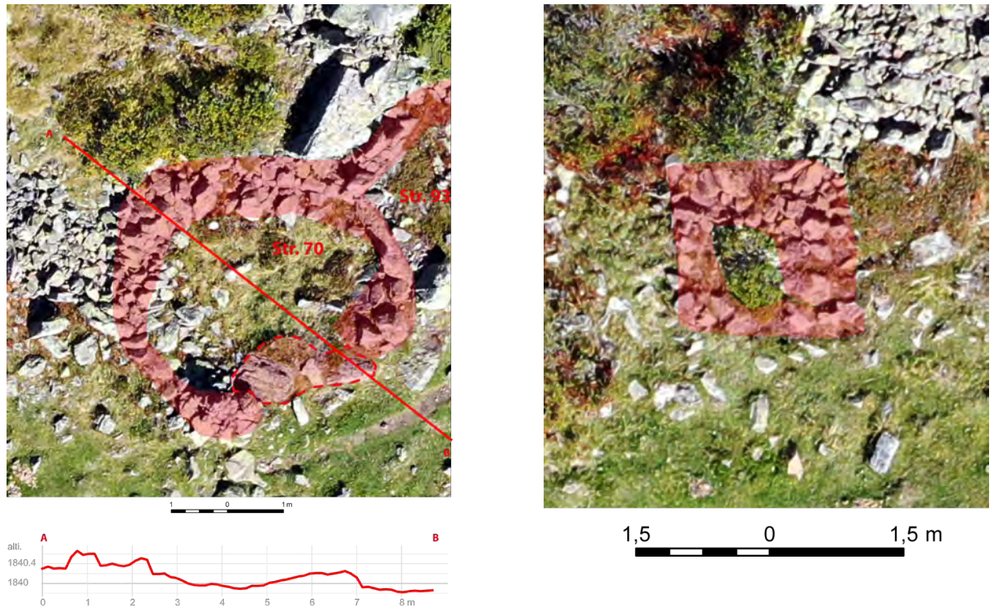


Figure 101 - A gauche, structure 70 ; à droite, structure 71 (orthophotographie - Metashape)

• ***Structure 72 = Enclos (?)***

Amoncellement de blocs qui paraissent dessiner un espace clôt de 10,25 m de long et 7,05 m de large. Cette structure a été édifiée à 3 m à l'Est de la structure 70. Le développement végétal (rhododendrons) empêche toute observation complémentaire. (Fig. 102)

• ***Structure 73 = Cabane***

Petite structure de 5,50 m² : 4,54 m de large et 4,37 m de long (mesures extérieures) installée en bas de pente, face au ruisseau le Lavedan. Elle a été construite à 2,5 m à l'Est de la structure 72. Elle ouvre au Sud. Elle est très arasée et ne se perçoit que par un petit amoncellement de blocs qui entoure une dépression centrale. (Fig. 102)

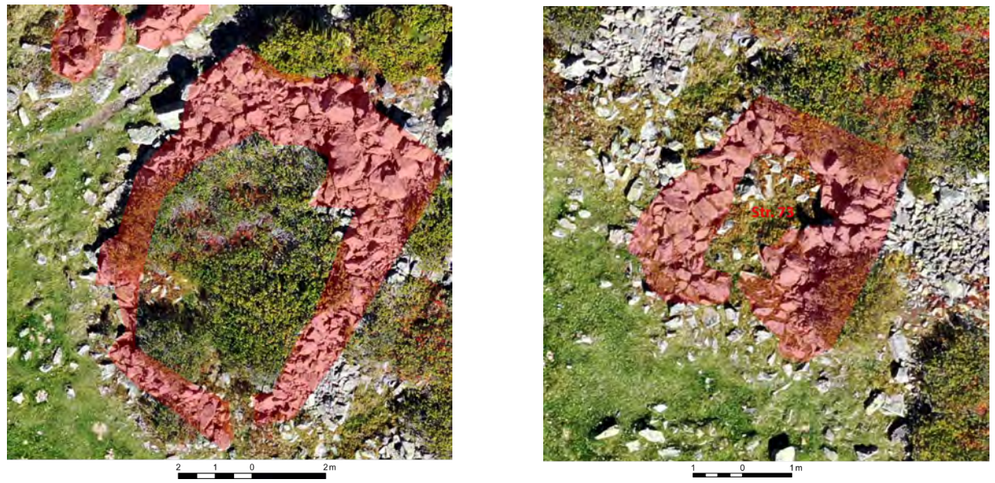


Figure 102 - A gauche, structure 72 ; à droite, structure 73 (orthophotographie - Metashape)

• ***Structure 92 = Mur***

Mur de 5,77 m de long et 1,20 m de large qui relie (ou passe sous ?) les structures 70 et 72. Il est situé à 13 m au Nord du ruisseau Le Lavevdan. Il se perçoit par un léger bourrelet de terre et pierre qui dépasse de la surface de 0,21 m de haut

• ***Structure 93 = Cabane***

Petite structure, possiblement une cabane, ayant une surface intérieure de 5m² : 2,23 m de long pour 2,84 m de large (mesures intérieures) et 5,19 m de long et 4,09 m de large (mesures extérieures). Cette cabane a été édifié en bas de pente, sur les bords d'un chaos rocheux. Elle est accolée à la face Nord de la structure 70 et à 1,30 à l'Ouest de la structure 72. Les murs sont assez bien conservés. Ils ont une élévation variant de 0,42 à 0,78 m de haut. Sa structure prend appui sur de gros blocs et des affleurements rocheux. Les matériaux constituant les murs sont faiblement organisés. Ils sont entassés de façon à combler les interstices entre les rochers. La porte était située sur la face Sud. (Fig. 103)

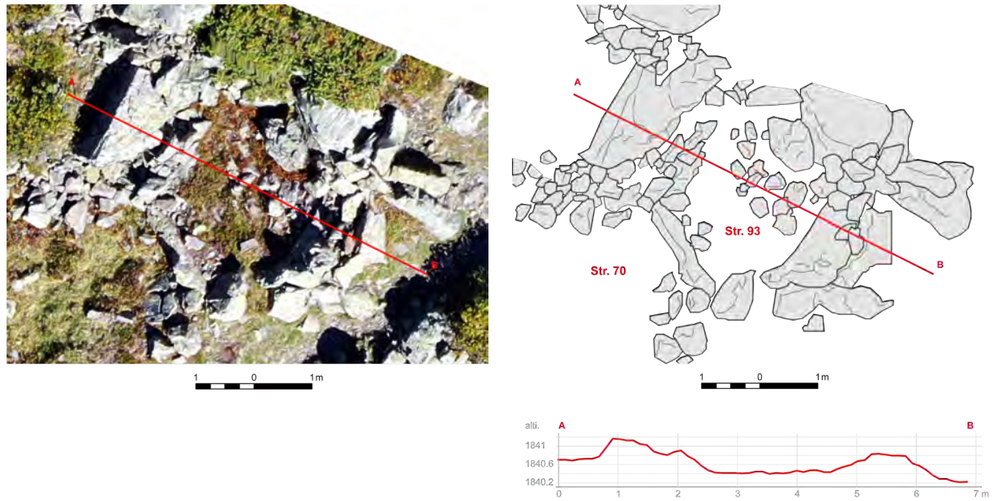


Figure 103 - Structure 93 - A gauche, orthophotographie (Metashape) ; à droite, relevé pierre à pierre avec un profil (Qgis)

• ***Structure 74 = Enclos (?)***

Grand amoncellement ogival de pierres et blocs de 10,58 m de long et 4,40 m de large. L'intérieur est entièrement comblé par des rhododendrons. Le développement végétal perturbe l'identification et la délimitation de cette possible structure. Il empêche également d'avoir un aperçu de la hauteur des murs. Elle a été édifiée à mi-pente, à 20 m du ruisseau et accolée à la structure 75. (Fi. 104)

• ***Structure 75 = Cabane (?)***

Possible petite cabane de 4,15 m de long et 3,27 m de large. L'intérieur est entièrement comblé par des rhododendrons. Le développement végétal perturbe l'identification et la délimitation de cette structure. Il empêche également d'avoir un aperçu de la hauteur des murs. Elle a été édifiée à mi-pente, accolé aux structures 74 (à l'Ouest) et 78 (à l'Est). (Fig. 104)

Figure 104 - A gauche, structure 74 ; à droite, structure 75 (orthophotographie - Metashape)

• ***Structure 76 = Mur***

Mur en forme de « L » de 33,84 m de long et 0,80 m de large enserre un espace d'au moins 365 m². Il prolonge les structures 74, 75, 77 et 78. Il longe le ruisseau suivant un axe Est-Ouest en épousant le relief naturel. Puis, au bout de 13 m, il change d'orientation pour suivre un tracé Nord-Sud sur 11 m de long. A 6 m d'une barre rocheuse, il revient à son orientation initiale sur 3 m et renvient à un axe Nord-Sud jusqu'à venir butter, 4 m plus loin, sur le bloc rocheux. (Fig. 105)

• ***Structure 77 = Mur***

Mur de 3.05 m de long et 1,21 m de large qui part du bloc rocheux et s'arrête à 1 m de la structure 76. Ce mur parait former une construction placée à l'extrémité Nord du mur 76. (Fig. 105)

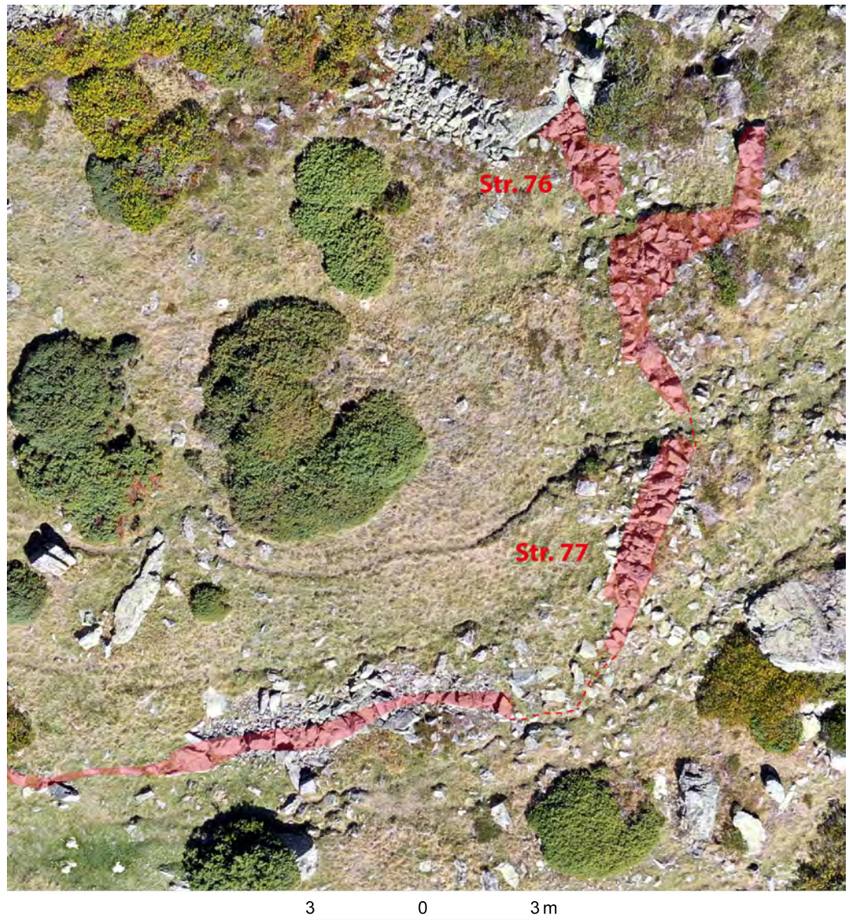


Figure 105 - Structures 76 et 77 (orthophotographie - Metashape)

• ***Structure 78 = Enclos (?)***

Entre les structures 75 et 77, installée au Sud d'un affleurement rocheux, des blocs ont été alignés pour former ce qui parait être un petit enclos ogival. Toutefois, le développement des rhododendrons dans et à l'extérieur de cet aménagement rendent son observation très difficile. (Fig. 106)

• ***Structure 90 = Mur (?)***

Alignement de blocs qui forme ce qui semble être un mur de 7,46 m de long, 0,34 m de large. Cet amoncellement de blocs marque une rupture topographique de 0,48 m de haut. Il se trouve prit à l'intérieur d'un chaos rocheux, à mi-pente et à 11 m au Nord-Ouest de la structure 68. La lisibilité de cet aménagement est complexe à analyser en raison du développement fortement dense de myrtillier et de son positionnement à l'intérieur d'un chaos rocheux.. (Fig. 106)

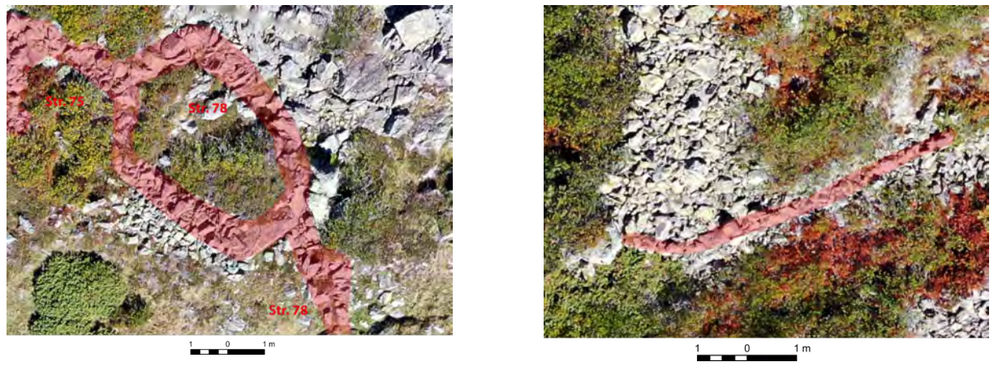


Figure 106 - A gauche, structure 78 ; à droite, structure 90 (orthophotographie - Metashape)

Structure 94 = Enclos

Situé au Nord-Ouest de la zone d'étude, au Sud d'un chaos rocheux, se trouve un enclos de 62 m² de superficie. Il est très arasé. Seules quelques pierres affleurantes tracent un espace de 12 m de long et 10 m de parle. Une large porte de 3,264 m ouvre sur le replat (Sud-Ouest). (Fig. 109)

Structure 96 = Indéterminée

Au centre de la structure 94, émergeant de 20 cm de la surface, plusieurs blocs rocheux délimitent un espace de 1,78 m de long et 0,98 m de large (Superficie de 1,398 m²). Il est très difficile de déterminer la fonction de cet aménagement … ni s'il s'agit vraiment d'un aménagement tant il est frustre. A t'on ici à faire avec un foyer extérieur ? Un emplacement de tente récent ? Un vestige archéologique ? (Fig. 109)

Structure 97 = Enclos

Situé à 7 m à l'ouest de la structure 94, il s'agit d'un enclos de 61 m² (8 m de long et 8 m de large). Il se perçoit par une dénivéllation de 47,61 cm. Les modes constructifs sont difficiles à déterminer avec certitude, soit, les blocs qui constituent les parois Nord et Ouest ont arrêtés l'écoulement des sédiments, soit ces faces ont été installées dans la pente après creusement. (Fig. 107 et 109)

Structure 98 = Enclos

Enclos de 164 m² accolé à l'angle Nord-Est de l'enclos n° 97. Il se développe dans la pente sur 11 m de large et 19,3 m de long. Il a été édifié en bordure d'un chaos en repoussant les blocs pour dégager un espace dégagé et un mur a été édifié au Nord et à l'Ouest. Au Nord, le mur qui devait avoir été installé sur la roche mère s'est écroulé dans la pente, vers le Sud. (Fig. 108 et 109)

Figure 107 - Vue zénithale et Profil Ouest-Est de l'enclos n° 97

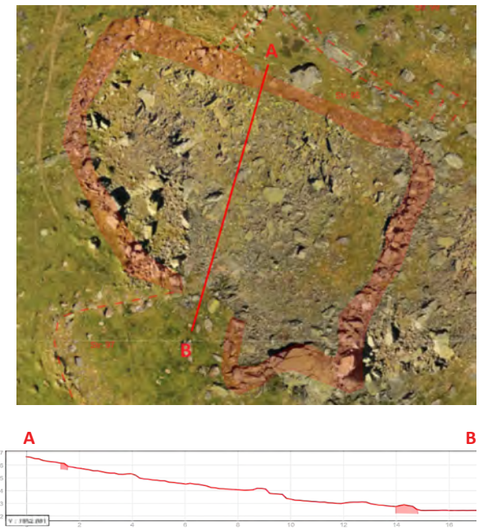


Figure 108 - Vue zénithale et profil Nord-Sud de l'enclos n° 98

Structure 95 = Couloir de traite ? Enclos ?

Enclos rectangulaire qui se développe le long de la face Nord de l'enclos n° 98. Il mesure 12,14 m de long, 4,30 m de large et couvre une superficie de 43,79 m². Se perçoit au sol par un alignement de blocs qui dépassent de la surface au maximum de 22 cm de haut. La fonction de cet espace de contention du bétail est difficile à établir sur les seules bases de l'observation de surface. Il peut s'agir d'un couloir de traite, comme d'en enclos destiné aux soins et à la protection du bétail. L'entrée se faisait par une porte de 1,17 m de large installée dans l'angle Nord-Est. (Fig. 109)

Structure 99 = Enclos

Enclos de 429,208 m² (24,35 m de long et 21,73 m de large). Il se trouve accolé à la face Nord de l'enclos n° 95. L'accès se fait par une porte large de 2 m qui ouvre vers l'Ouest. A l'intérieur de l'enclos, s'appuyant sur des gros blocs rocheux, deux murs ont été édifier pour former une chicane. (Fig. 109 et 127)

Structure 100 = Enclos

Accolé à la face Est de l'enclos n° 99, se trouve l'enclos n° 100 de 119,23 m². Sa forme est rectangulaire. Il mesure 15,86 m de long et 7,66 m de large. Avec les observations de surface, il est impossible de déterminer si l'accès à cet enclos se faisait par une rupture de 2 m de large visible dans le mur Est ou s'il se faisait par un décalage des murs Est et Sud de l'enclos n° 99. (Fig. 109)

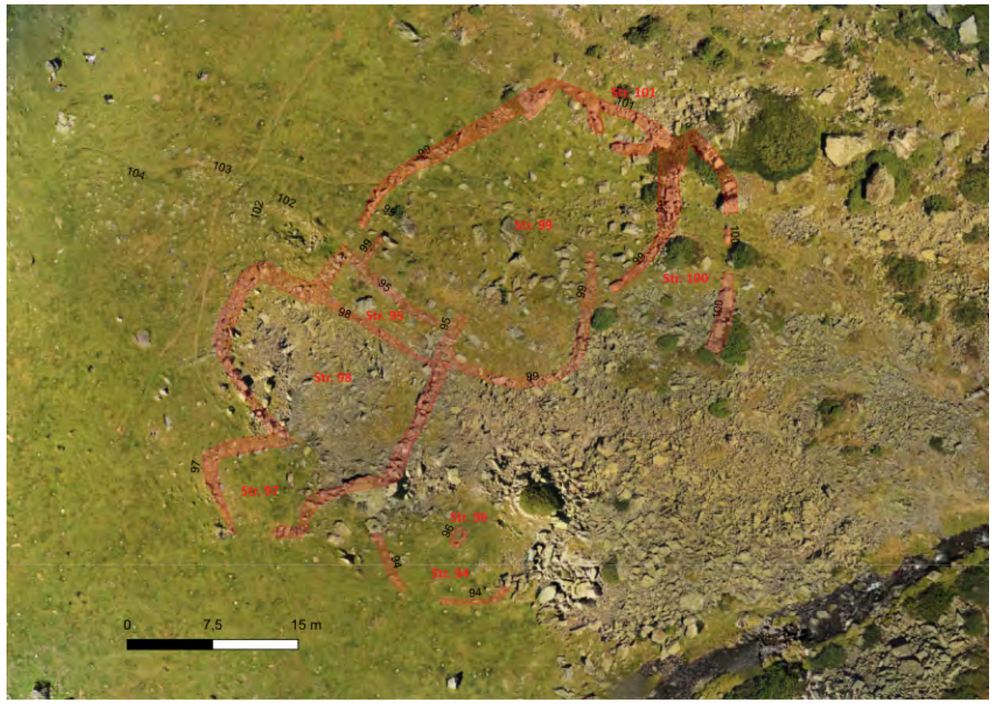


Figure 109 - Vue zénithale du regroupement d'enclos (structures n° 94, 97, 98, 99 et 100

Structure 101 = Possible cabane ou bâtiment pour le bétail

Inclut dans la face Nord de l'enclos n° 99, se trouve une petite structure oblongue, de 5,16 m de long et 2,54 m de large (superficie = 10,45 m²). Elle ouvre sur l'intérieur de l'enclos n° 99. Le positionnement de la porte ainsi que sa localisation à l'intérieur de l'ensemble pastoral auquel elle appartient (qui a la particularité de présenter une partition de l'espace avec à droite les enclos et à gauche les « habitations ») font que sa fonction serait plutôt orienté vers un bâtiment destiné au bétail. Cela peut être une petite cabane pour parquer les agneaux pour les protéger des prédateurs dans la journée, pour parquer les bêtes malades ou les chiens. (Fig. 110)

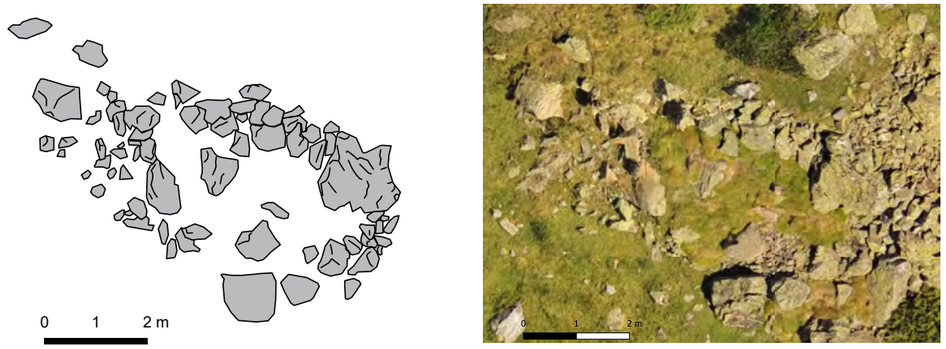


Figure 110 - A gauche, relevé pierre-à-pierre de la ; à droite, orthophotographie structure n° 101

Structure 102 = Cabane

Grande cabane rectangulaire de 8,22 m de long sur 2,63 m de large. (21,28 m² de superficie). Elle est très visible dans le paysage. Elle a été édifié sur un petit replat artificiel qui surplombe la partie Ouest du replat de l'Auloueilh. Elle a été édifiée par nivellement de la pente (qui va vers le Sud). Il est très compliqué de déterminer s'il s'agit d'un seul bâtiment présentant au moins une division intérieure (peut-être deux) ou deux bâtiments plus petits accolés l'un à l'autre. Les murs, qui étaient en pierres sèches, forment aujourd'hui un large éboulis de 2,24 m de large sur tout le pourtour de l'édifice. Aucune porte n'est perceptible, ni aucun aménagement extérieur de type banquette, porte de seuil. Même si les murs paraissent conservé sur au moins 41 cm de hauteur, ils sont très érodés (Fig. 111, 112, 113 et 114).

Structure 103 = Indéterminée

Grande construction rectangulaire de 8,57 m de superficie (4,43 m de long et 2,14 m de large). Les murs sont très érodées. Seule une ligne de pierre et une légère déformation du sol en marquent les contours. Elle paraît (tout comme la structure 102) avoir été édifié sur un replat artificiel. Cependant, soit le décaissement à été moins important, soit les murs n'étaient pas entièrement en pierres sèches, mais l'état de conservation est beaucoup moins bon que celui de la structure 102. Est-ce-que cela traduit dune période d'utilisation différente, des modes constructifs différents ou des fonctions différentes ? Il est impossible de répondre sur la seule base des observations de surface. Elle se trouve accolé et dans le prolongement du mur Ouest de la structure 102. Une rupture de 1 m de large dans le mur Sud pourrait être un indice de la présence d'un accès à cet emplacement. (Fig. 111, 112, 113 et 114)

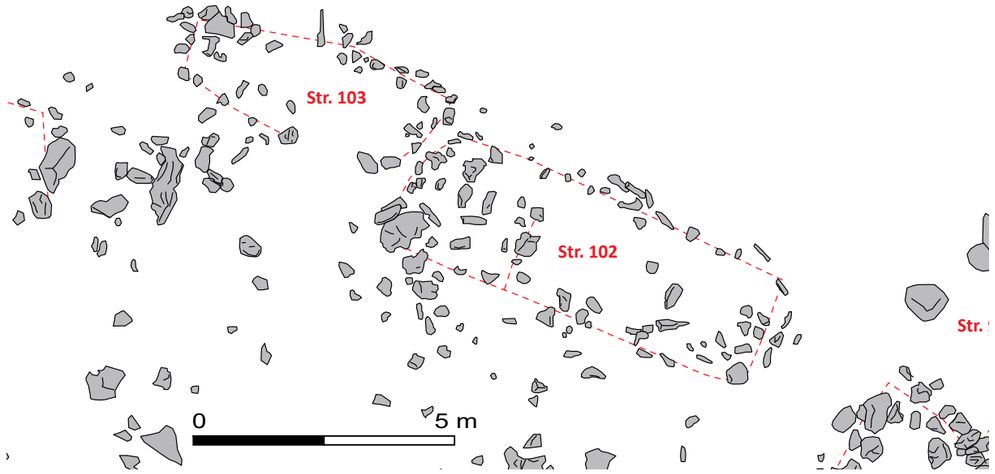


Figure 111 - Relevé pierre-à-pierre des structures

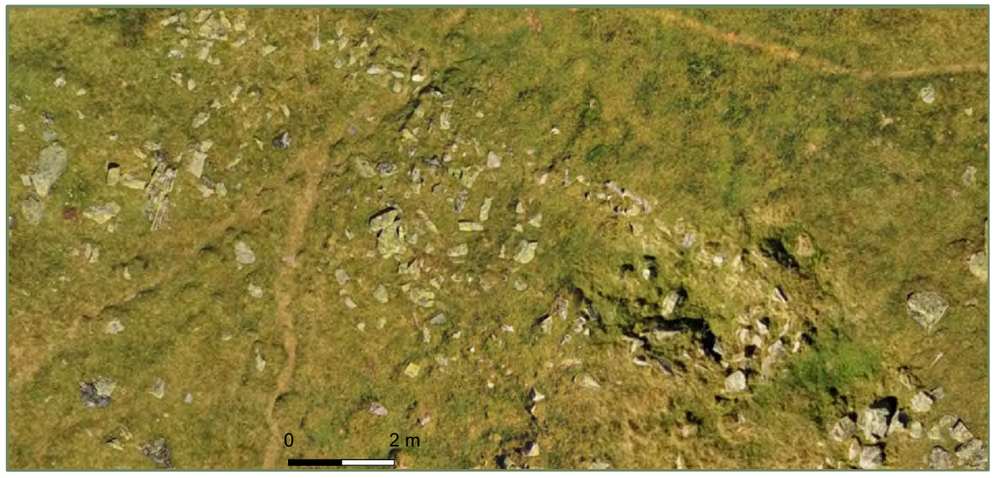


Figure 112 - Orthophotographie des structures 102

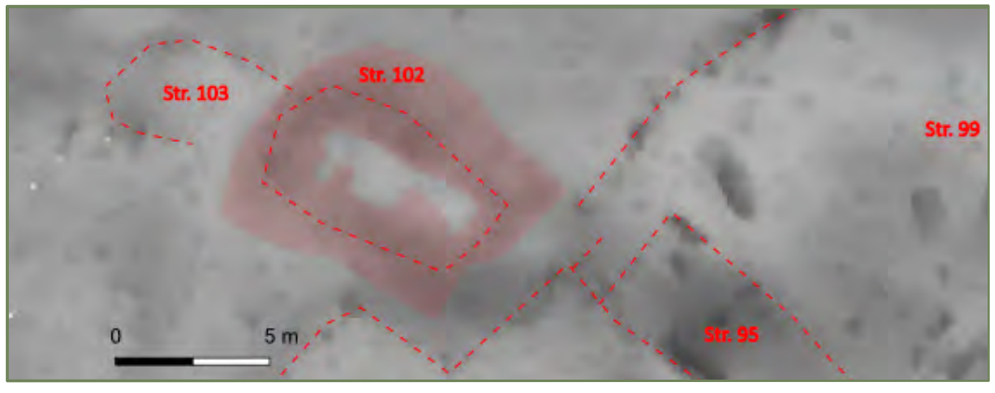
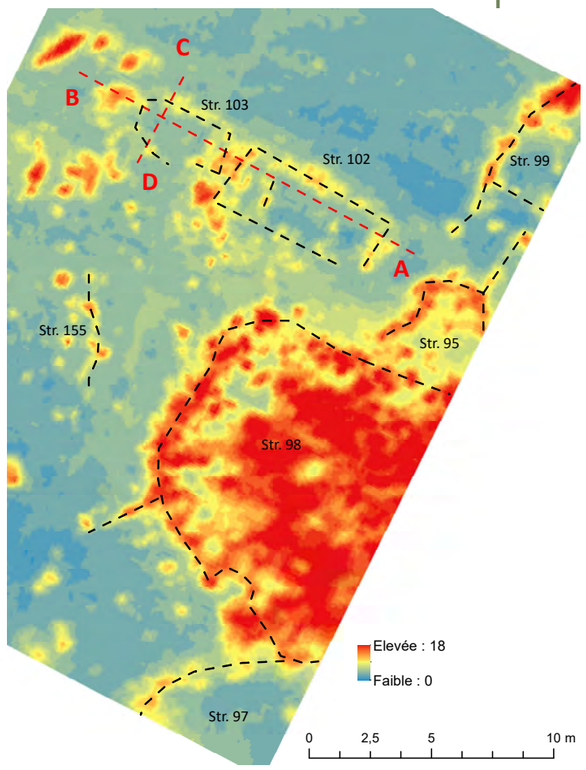


Figure 113 - Résultat du calcul SLRM (réalisé avec le logiciel RVT) à l'emplacement des structures 95, 99, 102 et 103

L'image thermique confirme la présence de deux constructions accolées (str. 102 et 103) (Fig. 114).

Ces deux constructions n'ont pas été réalisées en même temps. En effet, le mur mitoyen est double.



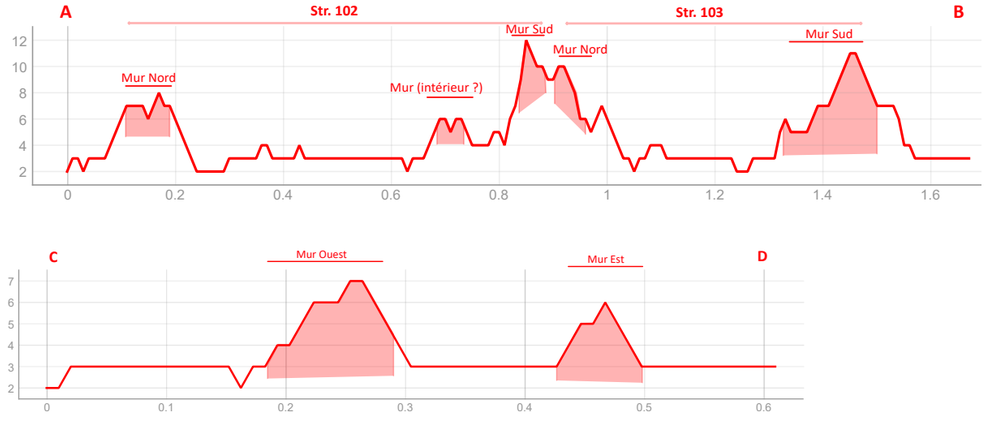


Figure 114 -Structure 102 et 103 - Image et profils thermographiques

Structure 104 = Indéterminée

Enclos installée contre une barre de roche mère qui borde la face Nord d'une petite dépression oblongue. Il mesure 12,52 m de long et 10,52 m de large (113 m²). Les murs sont dégradé et ne sont conservé que sur 30 cm de haut. Pour appuyer les murs, les constructeurs se sont servi des blocs rocheux naturels. (Fig. 115 et 119)

Structure 105 = Cabane (?) / Édifice destiné au bétail (?.)

Possible cabane ou édifice destiné au bétail installée à l'intérieur de l'enclos 104, contre sa face Sud. Elle est de forme semi-circulaire qui délimite un espace de 27,47 m² (9,30 m de long et 3,23 m de large). (Fig. 15 et 119)

Figure 115 - A gauche, localisation des structures 104, 105 et 106 ; à droite, profils des structures 104 et 105

Structure 106 = mur

Petit mur de 2,15 m de long barre la dépression oblongue. Il vient prendre appuis contre le mur Nord de l'enclos n°104. (Fig. 115 et 119)

Structure 107 = Mur

Mur édifié pour combler des interstices entre les gros blocs qui marquent la limite Sud de la dépression oblongue. Il se développe sur 7,55 m de long et 0,54 m de large. Il est fait par simple entassement de blocs moyens sans ordre. (Fig. 119)

Structure 109 = Cabane

Cabane quadrangulaire de 7,131 m² (3,22 m de long et 2,781 m de large). Les murs sont conservés sur 0,21 m pour la face Ouest et sur 0,34 m pour al face Est. (Fig. 116 et 119)

Structure 110 = Indéterminée

Possible petite construction de 1,396 m² (1,429 m de long et 1,036 m de large) qui aurait été édifiée entre les cabanes n° 108 et n° 109. Sa fonction est indéterminée. (Fig. 116 et 119)

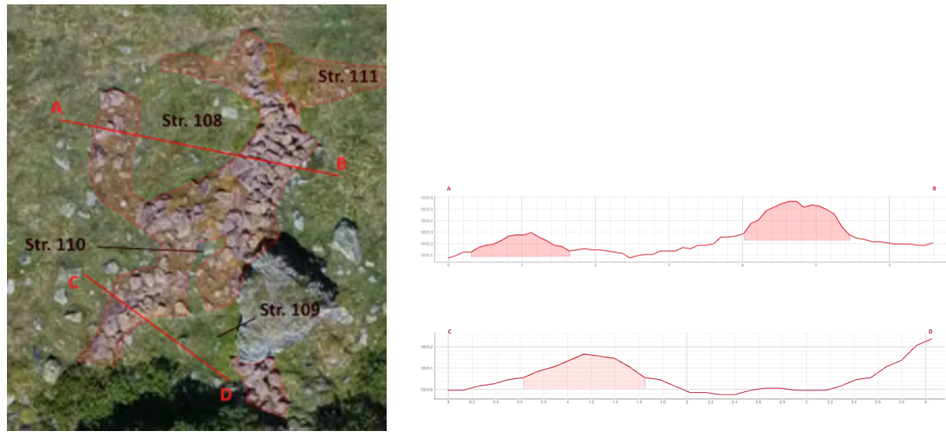


Figure 116 - A gauche, localisation des structures 108, 109 et 110 ; à droite, profils

Structure 111 = Enclos

Enclos de 59,54 m² (10,431 m de long et 7,204 m de large). Cette construction prend appuis, à l'Ouest, sur les structures 108, 109 et 110, et au Sud, sur la barre rocheuse qui marque la limite Sud de dépression oblongue. Les murs sont arasés et dépassent de la surface de 0,22 m. La moitié Sud de la structure est impossible à observer en raison de la présence de rhododendrons. (Fig. 117 et 119)

Structure 112 = Indéterminée

A 7 m à l'Est de l'enclos n° 111 se trouve une petite construction de 12,66 m² (5,55 m de long et 2,70 m de large). Elle a été édifié entre un gros bloc rocheux et la barre rocheuse qui marque la face Sud de la dépression oblongue. Des rhododendrons masquent totalement l'intérieur et la partie Sud de cette construction. (Fig. 117 et 119)

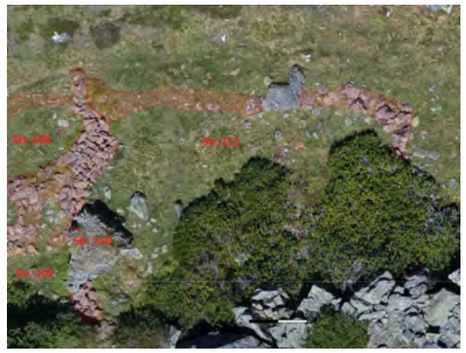


Figure 117 - Localisation de la structure n° 111

Figure 118 - Localisation de la structure n° 112

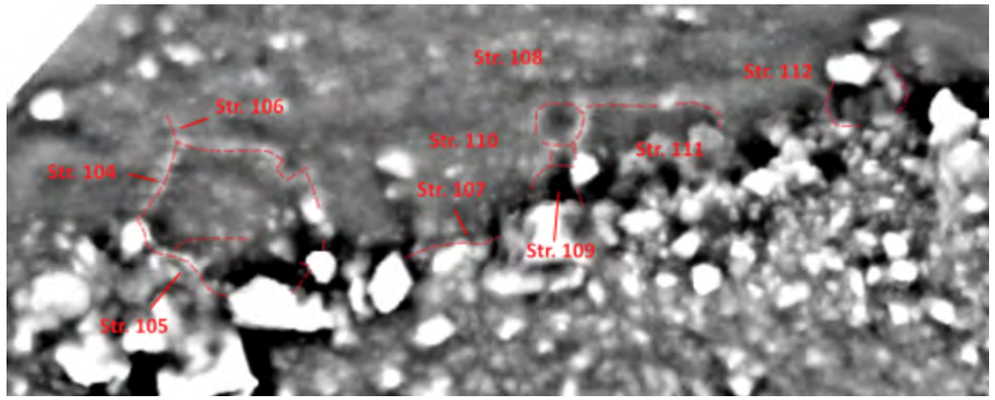


Figure 119 - Localisation des structure n° 104 n° 112. En fond, le résultat du calcul SLRM réalisé avec le logiciel RVT

Structure 113 = Possible enclos

Structure à la fonction indéterminée. Elle présente une forme qui pourrait être quadrangulaire (des rhododendrons empêche d'avoir une visibilité des 4/5ème de sa superficie estimée). Elle mesurerait 6,23 m de long et 3,5 m de large. Sa superficie pourrait donc être de 29,69 m². (Fig. 120)

Structure 114 = Possible cabane

Petite construction quadrangulaire de 4,11 m² (1,985 m de long et 1,852 m de large). Elle n'est identifiable que par quelques blocs. La face Est est la mieux conservée avec une élévation de 0,50 m. Elle paraît architecturalement liée à la structure 114. (Fig. 120)

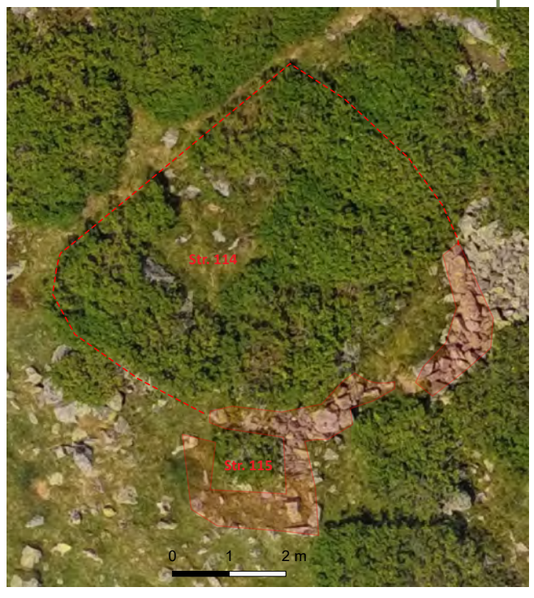


Figure 120 - Localisation des structures 113 et 114

Structure 116 = Cabane ? Etable ?

Cet édifice est accolé à la face Est de la structure n° 73. Il s'agit d'un grand édifice oblong de 46 m² (9,43 m de long et 3,02 m de large). Les murs sont identifiable par un amas de blocs qui s'élève sur 1 m de hauteur. Le centre de cette construction a été colonisé par les rhododendrons qui empêchent toute lecture plus fine de cet édifice. (Fig. 121)

Structure 117 = Possible cabane

Possible petite cabane de 5,35 m² de superficie (2,13 m de long et 2,88 m de large). Elle se trouve à 10 m au Sud-Ouest de la structure 74 et à 8 m au Sud-Est de la structure 116. Elle est identifiable par quelques blocs qui dépassent de 10 cm de la surface et tracent des alignements. (Fig. 121)

Figure 121 - A gauche, structure 116 ; à droite, structure 117

Structure 118 = Cabane

Petit amas de pierre de 10,90 m² (4,47 m de long et 2,70 m de large) qui dépasse d'une zone herbeuse de 0,47. Cette concentration de blocs présente une forme rectangulaire. Aucun des blocs visibles ne surface sont en place. (Fig. 122)

Figure 122 - Structure 118

Structure 119 = cabane ? / Étable ?

Construction ovoïde de 11,45 m de long et 3,75 m de large (superficie de 36,85 m²). Elle est identifiable par un fort amas de blocs qui s'élève sur, au maximum, 1 m de hauteur et 3 m de largeur. L'intérieur a totalement été colonisé par les rhododendrons. Ils empêchent toutes observations complémentaires. (Fig. 123)

Structure 120 = Enclos

Grand enclos de 67,24 m² (9,56 m de long et 8,89 m de large). Tout comme la structure n° 119, les limites de cet enclos sont marquées par un amas de blocs qui se développent sur 2 m de large. Tout comme la structure n° 119, l'intérieur de l'enclos n° 118 est totalement envahit de rhododendrons qui empêchent toutes observations plus précises. (Fig. 123)

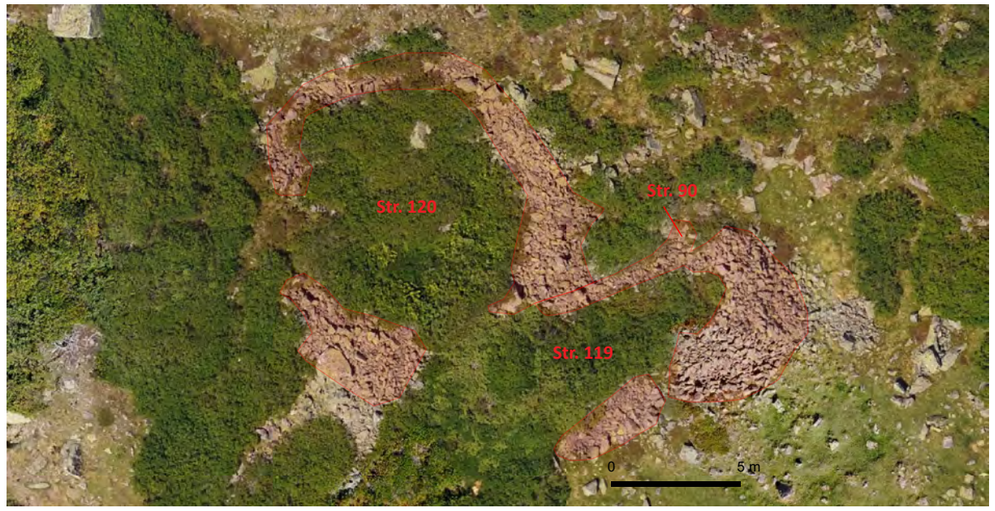


Figure 123 - Localisation des structures 90, 119 et 120

Structure 121 = Indéterminée

Structure à la fonction indéterminée. Elle se perçoit par deux lignes de blocs parallèles. Ces blocs s'alignent sur 7,97 m de long et sont séparés de 1,58 m de large (superficie de 12,33 m²). Les blocs ne sont pas « entassés », mais posés l'un à côté de l'autre. (Fig. 124)

Figure 124 - Localisation de la structure 121

Structure 122 = Cabane/ Étable

Cette structure est presque entièrement masqué par des rhododendrons très denses. On ne l'a perçoit que par quelques fragments qui semblent dessiner une construction de 108,28 m² (13,22 m de long et 10,49 m de large). Ces fragments sont constitués d'un amoncellement de blocs sur 60 cm de hauteur qui paraît très semblable aux structures n° 51 ou n° 63. (Fig. 125)

Figure 125 - Localisation de la structure 122

Structure 123 = Cabane (?)

Possible cabane de 26,71 m² (6,73 m de large et 4,674 m de large). Tout comme la structure n°122, celle-ci n'est perceptible que par des amoncellements de blocs qui émergent de rhododendrons et qui tracent une forme semi-circulaire. Cette construction est imbriquées entre les structures n° 66 (un enclos), n° 125 et n° 131 et n° 132. Ensemble, ils paraissent former un ensemble pastoral cohérent. (Fig. 126)

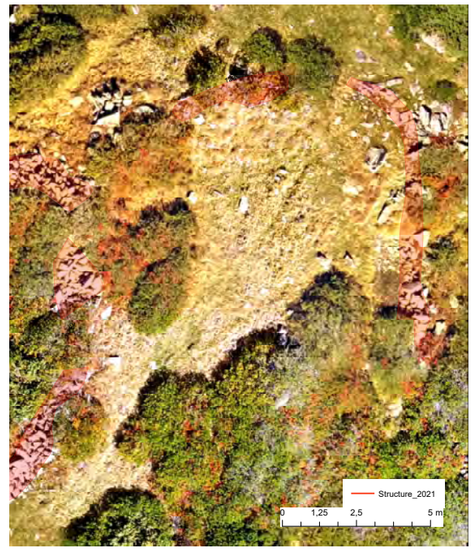


Figure 126 - Localisation de la structure 123

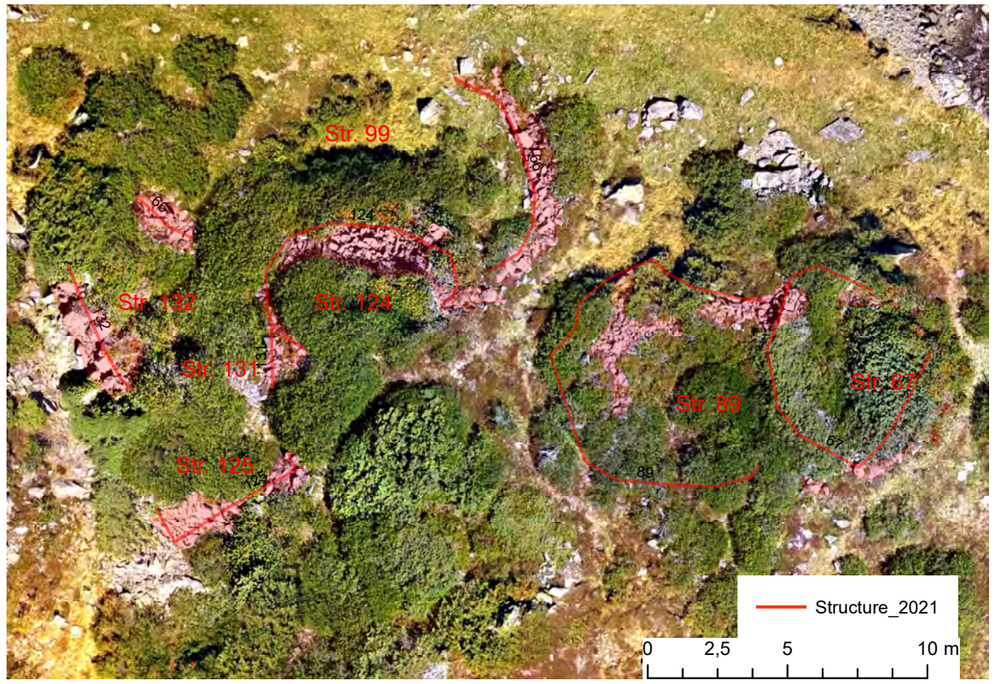


Figure 127 - Localisation des structures 67, 89, 99, 124, 125, 131 et 132

Structure 131 = Mur

Mur de 2,422 m de long et 0,579 m de large qui paraît architecturalement lié au mur de la structure n° 124. Le développement des rhododendron empêche de retracer les limites exactement de la construction à laquelle il appartient. (Fig. 127)

Structure 132 = Mur

Mur de 5,246 m de long et 1,682 m de large constitué de gros blocs posés l'un à côté de l'autre. Il est situé à 5,17 m à l'ouest de la structure n° 124. Tout comme la structure n° 131, le développement de la végétation ligneuse empêche de dessiner les limites exactes de cette construction. (Fig. 127)

Structure 124 = Cabane (?)

Possible cabane de forme ovoïde. Elle mesure 6,73 m de long et 4,674 m de large (26,71 m² de superficie). Elle est perceptible par un amoncellement de blocs sur 0,50 m de hauteur. Toute la partie intérieur et Sud est invisible en raison du développement des rhododendrons. (Fig. 127)

Structure 126 = Mur

Mur de 11,51 m de long et 8,18 m de large. Il est identifiable par un amoncellement de blocs qui se développe suivant un axe Nord-Est/Sud-Ouest. (Fig. 128)

Structure 127 = Cabane

Possible cabane quadrangulaire de 3,814 m de long et 3,183 m de large (9,14 m²). L'intérieur, ainsi qu'au Nord, à l'Ouest et au Sud sont masqués par des rhododendrons. Les murs de cette construction viennent s'appuyer sur le mur n° 126. Les murs Sud et Ouest paraissent avoir été fait avec le même mode constructif que le mur n° 126. Toutefois, on peut y observer une structuration des blocs. Pour ce que l'on peut en percevoir, ces murs ne semblent pas fait en double parement. L'accès à l'intérieur de l'édifice devait se faire par la face Nord ou Ouest. A l'Ouest, le mur n'est pas rectiligne. Il présente un diverticule de 0,47 m de long sur 0,48 m de large (0,25 m²). (Fig. 128)

Structure 134 = Mur

Mur de 3,818 m de long et 0,292 de large constitués de blocs entassés les uns sur les autres sur au moins, 46 cm de hauteur. (Fig. 128)

Structure 128 = Cabane (?)

Construction quadrangulaire dont on n'identifie que les murs Ouest et Sud. Ils tracent un espace de 3,978 m de long et 1,836 m de large (soit 5,965 m²). Les murs sont constitués d'un amoncellement de blocs sur 15 cm de haut. (Fig. 128)

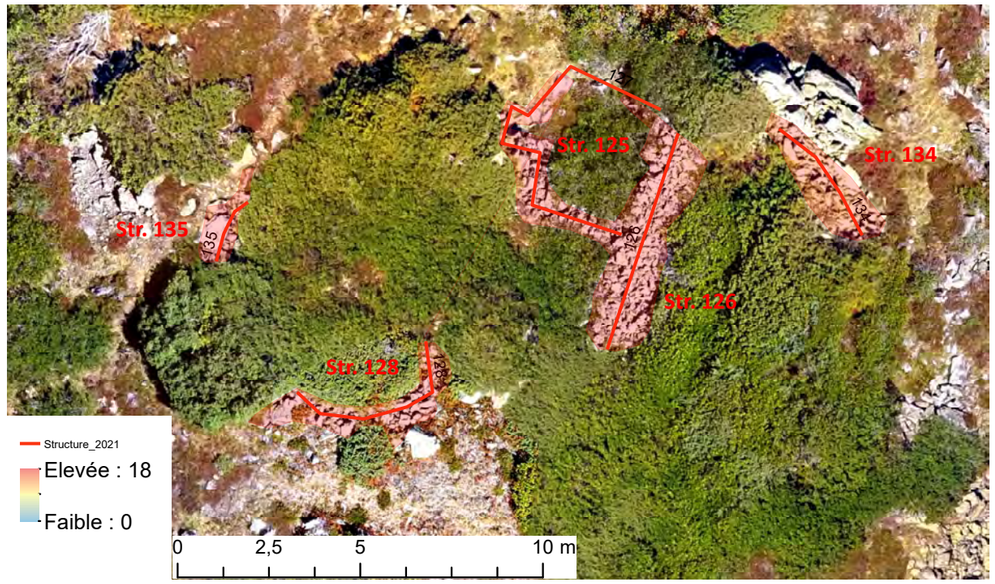


Figure 128 - Localisation des structures 126, 127, 128, 134 et 135

Structure 135 = Mur

Mur de 10,23 m de long et 0,47 m de large. Il est édifié par association de blocs de différente taille sur 18 cm de hauteur. Ce mur e trouve à 4 m au Nord-Ouest de la structure n° 128. Le développement des rhododendrons empêche de déterminer si les structures n° 128 et n° 135 font partie de structure différente ou d'une seule construction. (Fig. 128)

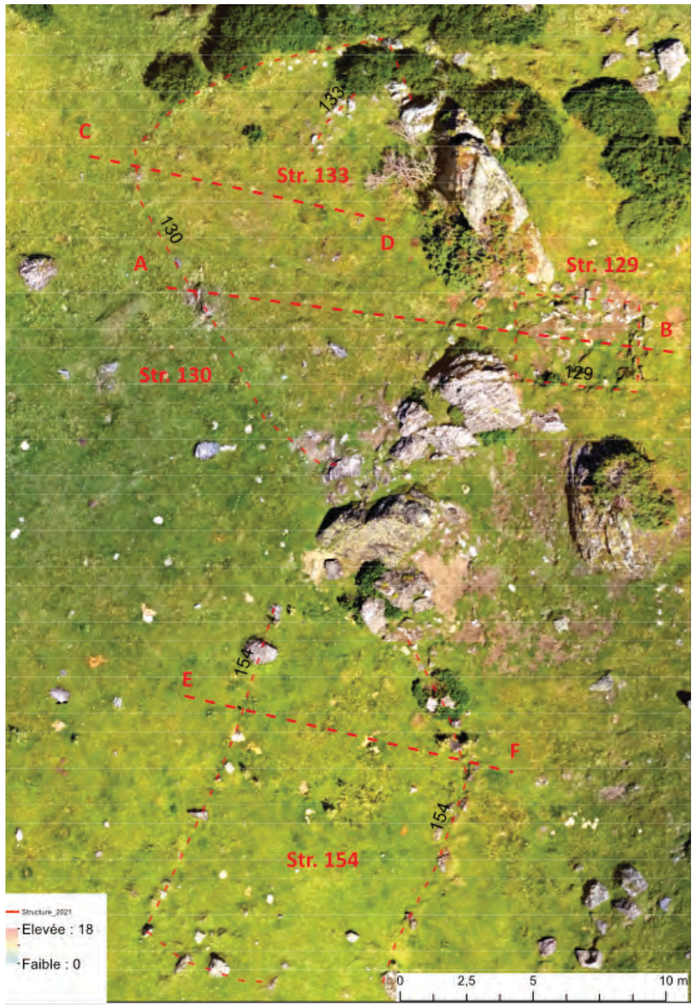


Figure 129 - Localisation des structures 129, 130, 133 et 154 (Fond - Orthophotographie réalisée par photogrammétrie (Metashape)

Structure 129 = Cabane

Cabane rectangulaire de 5,35 m de long et 3,82 m de large (9,26 m² de superficie). Les murs présentent une élévation de 0,56 m. Elle a été édifié en s'appuyant sur deux gros blocs rocheux naturel. L'angle Nord-Ouest est accolé au bloc Nord et l'angle Sud-Ouest est appuyé sur le bloc Sud. L'éboulis des murs s'étendent sur 2 m de large sur tout le pourtour de l'édifice. La localisation de l'entrée ne peut être identifiée (Fig. 129, 130 et 131).

Structure 130 = Enclos

Enclos de 127,865 m² (15,68 m de large et 13,94 m de large). De l'autre côté des deux blocs qui ont servit de support à la cabane n° 129. Cet enclos se développe à 2 m à l'Ouest de la structure n° 129. Les limites de cet enclos sont très peu perceptibles en surface. On ne l'identifie que que par quelques blocs qui émergent de la surface de quelques centimètres et une petite différence dans la croissance de a végétation dans sa partie Nord. (Fig.129, 130 et 131)

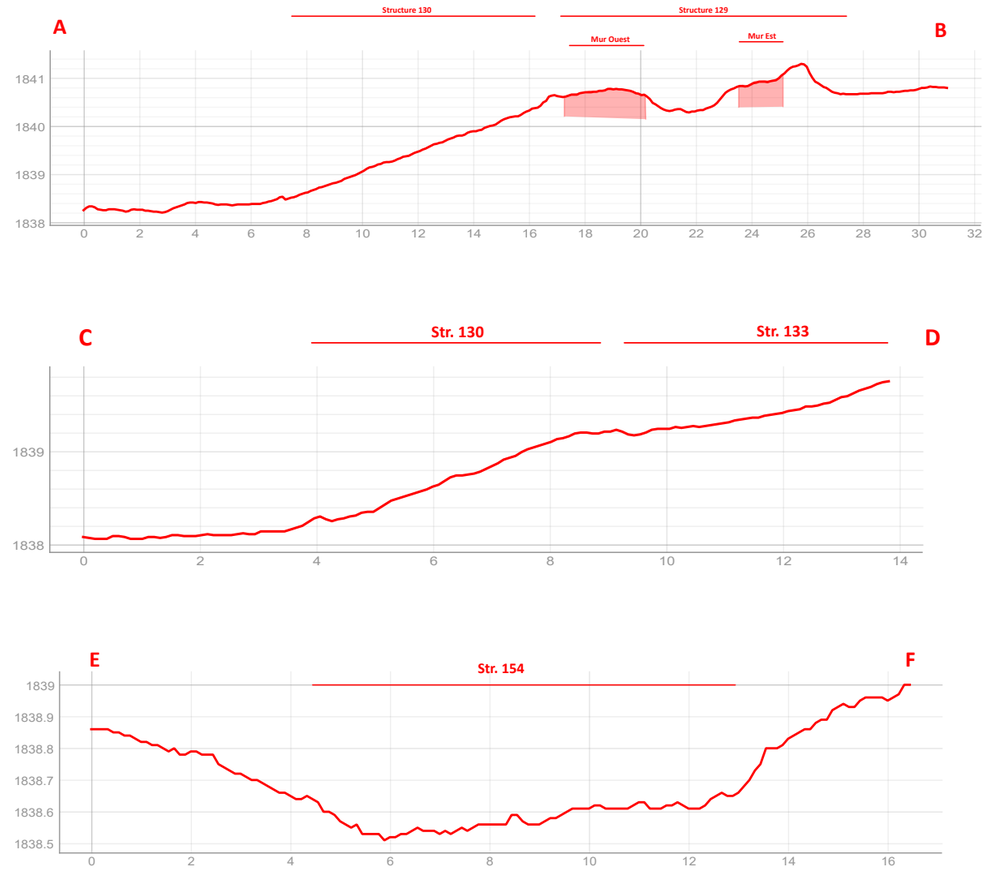


Figure 130 - Profils topographiques (réalisés avec Qgis à partir du MNT réalisé par par photogrammétrie (Metashape)

Structure 133 = Enclos ?

Mur de 2,997 m de long et 0,816 m de large. Des blocs affleurant de 5 cm de la surface dessinent un beau mur, bien structuré, sur la pelouse. Le traitement du DEM avec l'algoritme SLRM permet d'identifier une très légère déformation du sol qui suit parfaitement les limites de la structure 133 au Nord et qui dessin un triangle de 18,72 m² (9 m de long et 6,95 m de large). (Fig. 129, 130 et 131)

Structure 154 = Enclos

Enclos de 118,412 m² (14,398 m de long et 8,79 m de large). Il se perçoit que par quelques blocs disjoints qui dépassent du sol. Aucune déformation du sol n'est visible en surface. Seule la structure de ces blocs laissent entendre la présence d'un enclos. Une rupture de 4 m dans l'angle Sud-Est permet d'y voir la présence d'une porte. Cet enclos paraît structurellement lié aux structures n° 130 et 129. Il a été édifié au Sud d'un gros bloc rocheux, à 5 m au Sud de la structure n° 130. (Fig. 129, 130 et 131)

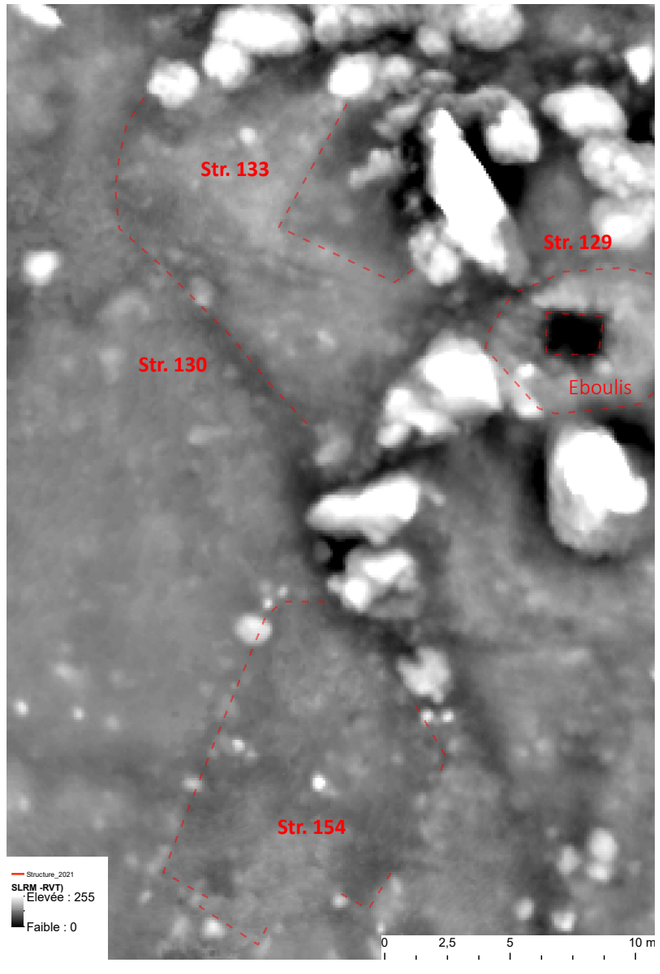


Figure 131 - Localisation des structures 129, 130, 133 et 154 (Fond - Résultat du calcul SLRM (RVT)

Structure 136 = Enclos

Enclos de forme rectangulaire de 107,918 m² (14,12 m de long et 9,035 m de large). Il a été installé au centre d'un replat situé dans un chaos rocheux. Les murs, de 0,80 m de large et 0,89 m de haut, ont été construit avec soin : deux blocs se font face ; les interstices sont comblés avec des blocs de plus petit module. Le mur s'appuis par endroit sur des gros blocs rocheux naturel. (Fig. 132)

Structure 137 = Indéterminée

Petite structure circulaire de 5,4 m² (2,755 m de long et 2,412 m de large). Les murs sont fait par juxtaposition de blocs. Ils traces les pourtours de cette structure et sont conservés sur 32 cm de haut. Cette construction a été édifié à l'intérieur de l'enclos n° 135, dans sa partie Est. Elle ouvre vers l'intérieur de l'enclos. (Fig. 132)

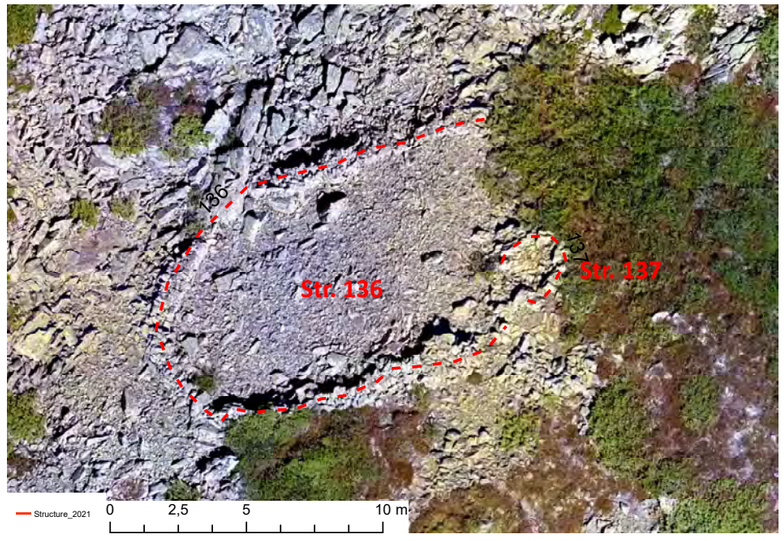


Figure 132 - Localisation des structures 136 et 137 (en fond l'orthophotographie réalisée par photogrammétrie - Métashape)

Structure 138 = Mur

Mur isolé de 7,22 m de long, 0,70 m de large et 0,20 m de haut. (Fig. 133)

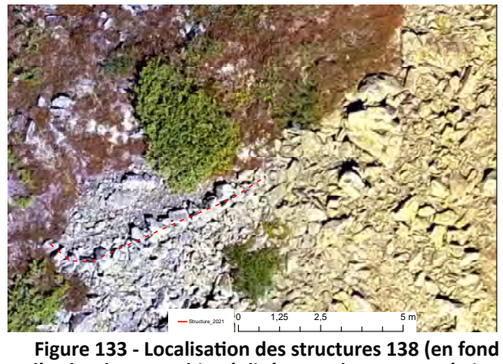


Figure 133 - Localisation des structures 138 (en fond l'orthophotographie réalisée par photogrammétrie - Métashape)

Structure 139 = Enclos

Enclos ovoïde de 130,836 m² (13,22 m de long et 11,85 m de large). Le mur est bien construit, avec soin. Il est conservé sur ,028 m de haut et 0,65 m de large. Sa face Sud-Est est accolé à l'enclos n° 140. Il a été édifié sur une légère pente qui fait face à l'Ouest. (Fig. 134)

Structure 140 = Enclos

Enclos rectangulaire de 132,20 m² (14,87 m de long, 11,26 m de large et 0,31 m de haut). Il est accolé à l'enclos n° 139. Les murs sont montés avec soin. Ils ont le même état de conservation que ceux de la structure n° 139. Le développement des rhododendrons empêchent toute lecture de la partie Sud de l'enclos. Le mur Est est mitoyen et commun avec l'enclos n° 139. La face Ouest n'est pas bien conservée. Son installation a semble t'il nécessité de surcreuser et/ou de s'appuyer sur une petite rupture de pente naturelle. (Fig. 134)

Structure 141 = Mur

Mur de 13,67 m de long sur 0,85 m de large et 0,30 m de haut. Il est accroché à l'angle Sud-Ouest de l'enclos n° 139 et suis un axe Nord-Sud. Le retour (face Sud et Ouest) ne sont pas visible en raison de la forte densité des rhododendrons. Cet enclos pourrait se développer vers le Sud. En effet, dans le prolongement de cette structure, on perçoit une rupture (naturelle ?) du relief qui pourrait avoir servit d'enclos ou de couloir de traite naturel. Toutefois, le développement des rhododendrons est trop important qu'en dehors de ce dénivelé, rien ne permet de le confirmer. Il s'agit seulement d'une hypothèse. (Fig. 134)

Structure 142 = Mur

Mur de 13,31 m de long, 0,70 m de large et 0,09 m de haut. Il n'est identifiable que par une ligne de pierre qui renforcent une rupture naturelle du terrain. Ce mur vient se connecter à l'angle Sud-Est de l'enclos n° 139 et suis un axe Nord-Est/Sud-Ouest. (Fig. 134)

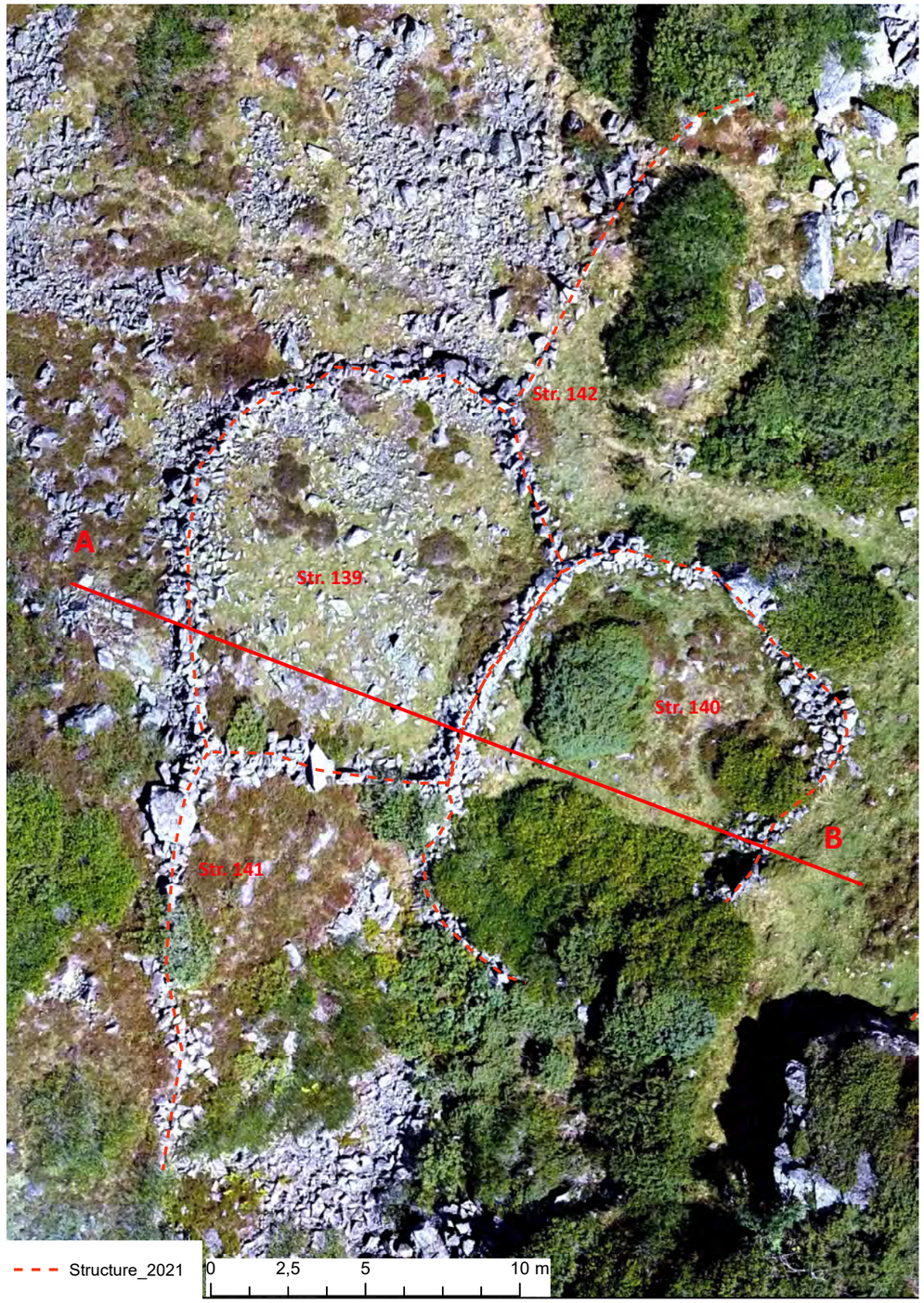


Figure 134 - A droite, localisation des structures 139, 140; 141 et 142 (fond orthophotographie réalisée avec Metshape) ; à gauche profils thermique

Structure 143 = Cabane

Construction circulaire de 27,23 m² (6,20 m de long, 5,82 m de large et 0,59 m de haut). La totalité du pourtour de cette construction n'est pas visible en raison du fort développement des rhododendrons. (Fig. 135)

Structure 144 = Cabane (?)

Possible petite construction très arasées et érodée. Elle n'est identifiable que par une légère déformation du sol de 5 cm de hauteur qui délimite une petite dépression centrale. Ce qui pourrait être les murs sont perceptibles par une lignes de blocs disjoints qui tracent un rectangle de 3,51 m de long et 2,55 ,m de large (soit 8,38 m). Elle aurait été construction en l'appuyant sur la face Nord d'un gros blocs rocheux naturel. (Fig. 135)

Structure 145 = indéterminée

Structure partiellement visible en raison de la densité des rhododendrons. Ce qui pourrait être des murs est identifiable par un amas de blocs qui tracent un demi-cercle de 7,16 m de long et 3,52 m de large (soit à minima 21,98 m²). Cette structure pourrait se développer un peu plus vers le Nord-Ouest et former un enclos de possiblement de 470 m². (Fig. 135)

Figure 135 - Localisation des structures 143, 144 et 145 (en fond l'orthophotographie réalisée par photogrammétrie - Métashape)

Structure 146 = Mur (?)

Possible mur visible entre les rhododendrons sur 2,12 m de long et 1,45 m de large. Comme le mur de la structure n° 145, il est visible par un amoncellement de blocs qui dépasse de la surface de 5 cm. (Fig. 136)

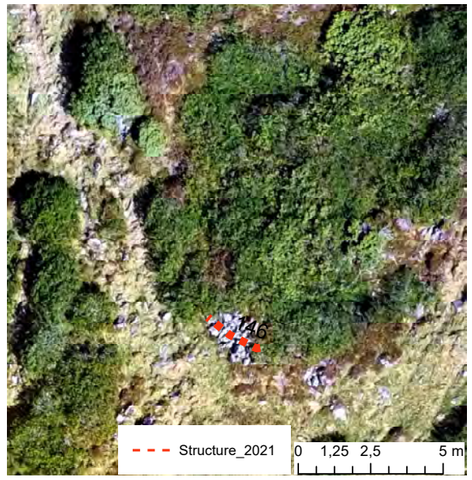


Figure 136 - Localisation de la structure 146 (en fond l'orthophotographie réalisée par photogrammétrie - Métashape)

Structure 147 = Cabane (?)

Structure rectangulaire de 16,54 m² (5,11 m de large et 3,02 m de large). Elle est très difficile à confirmer tant sont état des dégradée. Un très léger déformation du sol (10 cm de haut) séparée par une zone « plate » permet d'en tracer les limites. (Fig. 137)

Figure 137 - Localisation de la structure 147 (en fond l'orthophotographie réalisée par photogrammétrie - Métashape)

Structure 148 = Cabane (?)

Structure ovoïde de 26,203 m² (6,29 m m de long et 5,063 m de large). Les murs sont marqués par quelques pierres disjointes affleurantes. Une rupture de 2,9 m de long dans cet agencement (au Sud) laisse penser que la porte pourrait se trouver à ce emplacement. Son mode de construction est identique à celui de la structure n° 149 ou n° 146. (Fig. 138)

Figure 138 - Localisation de la structure 148 (en fond l'orthophotographie réalisée par photogrammétrie - Métashape)

Structure 149 = Cabane (?)

Possible petite cabane perçue seulement par sa moitié Sud (la moitié Nord est totalement envahit par les rhododendrons et les myrtilliers).. Elle est identifiable par une suite de blocs qui délimitent un espace qui pourrait être circulaire (17,44 m² perçu et 37,42m² possible). Les modes constructifs et l'état d'arasement sont les même que ceux des structures n° 147, 148 et 150. (Fig. 138)

Structure 150 = Cabane (?)

Possible petite construction quadrangulaire de 6,34 m de long sur 6,105 m de large (27,74 m²). L'angle Nord-Ouest est occupé par des rhododendron qui empêchent toute visibilité du sol. (Fig. 138)

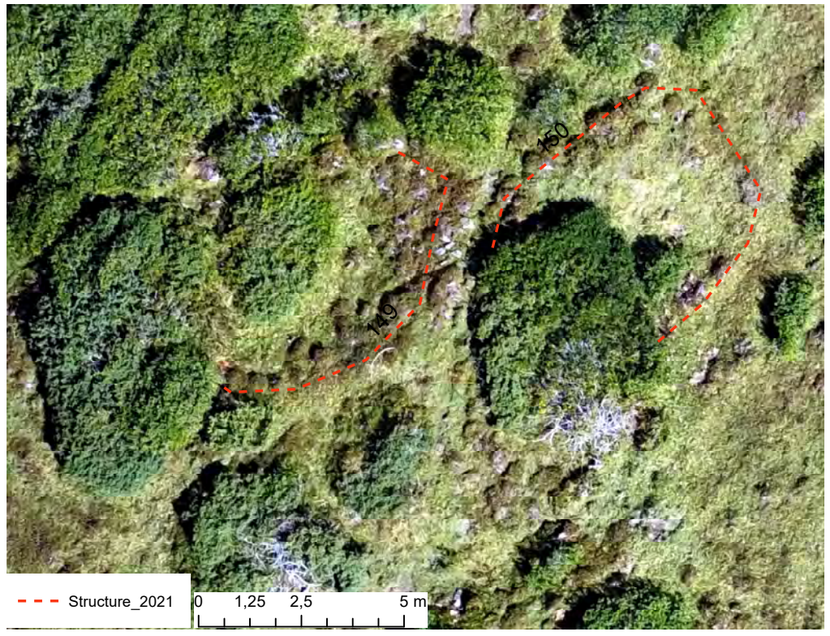


Figure 138 - Localisation des structures 149 et 150 (en fond l'orthophotographie réalisée par photogrammétrie - Métashape)

Structure 151 = Indéterminée

Construction de 7,9 m de long et 5,32 m de large (28,61 m²). La partie Sud et Sud-Ouest n'est pas lisible en raison du développement des rhododendrons. Elle présente les mêmes modes constructifs et le même état de conservation que les structures n° 147, 148, 149 et 150. (Fig. 139)

Structure 152 = Cabane

Construction ovoïde de 10,89 m de long et 6,54 m de large (61 m²). L'angle Sud-Est est le mieux conservé. Il se perçoit sur une hauteur de 30 cm. Elle présente les mêmes modes constructifs et le même état de conservation que les structures n° 147, 148, 149, 150 et 151. (Fig. 139)

Figure 139 - A gauche, structure 151 ; à droite, structure 152 (en fond l'orthophotographie réalisée par photogrammétrie - Métashape)

Chapitre 4 - Analyses archéologiques
Secteur de l'Auloueilh - Aulon

CHAPITRE 4

Analyses archéologiques - Secteur de l'Auloueilh - Aulon

Relation avec le réseau hydrographique **155-158**

Les leytès 155-157

Les structures installées sur le lit majeur 157-158

Hot spot **159-160**

Caractérisation fonctionnelle des édifices **160-166**

Méthode empirique 160-161

Analyse de Bertin 162-166

Définition des ensembles pastoraux … quelques tests **166-178**

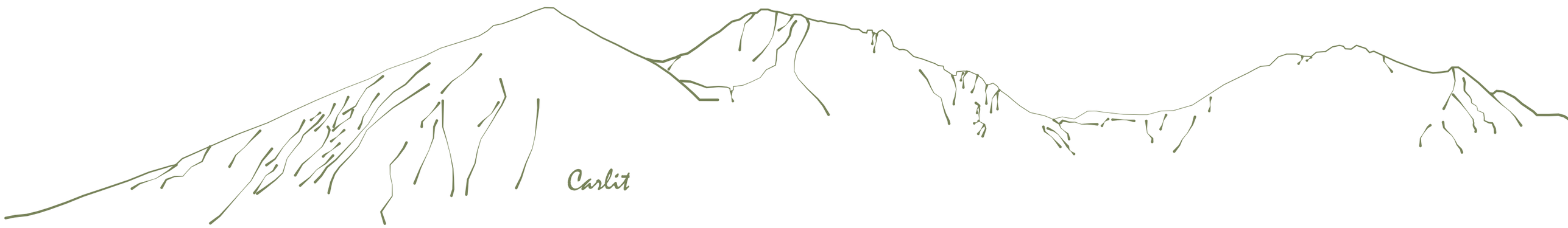
Approche empirique 166-170

Polygones de Thiessen et des anneaux concentriques 170-172

Analyse de regroupement 172-174

Classi cation Ascendante Hiérarchique 175-178

Phasage chronologique **179-183**



Chapitre 4

Quelques analyses spatiales

157 structures ont été inventorié sur le replat de l'Auloueilh. Elles témoignent d'une occupation de ce secteur de la Réserve Naturelle d'Aulon qui paraît longue.

	% du nombre total de structure
• *abris sous roche*	*2*
• *cabanes*	*45*
• *enclos*	*37*
• *leytès*	*8*
• *murs isolés*	*38*
• *structures indéterminées*	*27*
Total	*157*

Ces 157 constructions ne sont par réparties uniformément sur le replat (Fig. 140). Des secteurs paraissent avoir été plus favorables à l'installation des bergers et de leurs troupeaux. Ainsi, la moitié Ouest,t l'extrémité Est et les abords du ruisseau Lavedan paraissent être les secteurs propice à l'activité économique. .

Relation avec le réseau hydrographique

72% des structures (soit 114) se trouvent à moins de 50 m du ruisseau Lavedan. Le réseau hydrographique semble donc être un élément structurant (Fig. 141).

De façon générale, les constructions qui ont été édifié le long du ruisseau Lavedan occupent une position légèrement dominante par rapport au ruisseau. Elles se trouvent sur de petites éminences ou un peu au-dessus de la rupture de pente et paraissent ouvrir vers le ruisseau et non pas les versants. D'autres édifices se trouvent même sur le lit majeur actuel du ruisseau.

Les leytès

Les leytès (ou niche à lait) sont un exemple parfait d'édifice pastoral fortement lié à l'eau. Il s'agit de structure faite en pierre sèche. Trois dalles posées de chant forment un rectangle. Une autre dalle est posées dessus comme un couvercle. Ce caisson était fermé à l'aide d'un planche.. A l'intérieur deux dalles étroite sont placées pour former un sol. Un interstice est conservé entre ces dalles afin de bénéficier de la fraîcheur de l'eau. Sur ce sol était posé un bidon à lait qui servait à conservé le lait de la trait un ou deux jours avant sa transformation en beurre. Le froid et l'humidité à l'intérieur des leytès permettaient d'accélérer la montée de la crème. (Buissan, 1991).

Sur le plateau de l'Auloueilh, les leytès sont très concentré et regroupé. Généralement, sont installés en série le long d'une ruisseau ou d'un canal, sur les bords d'un lac, voire même à l'intérieur des cabanes grâce à une rigole qui passe de cabane en cabane.

Pour vérifier la relation entre le réseau hydrographique et les leytès visibles en surface, une carte des flux hydrographiques théoriques a été élaboré à partir du MNS via

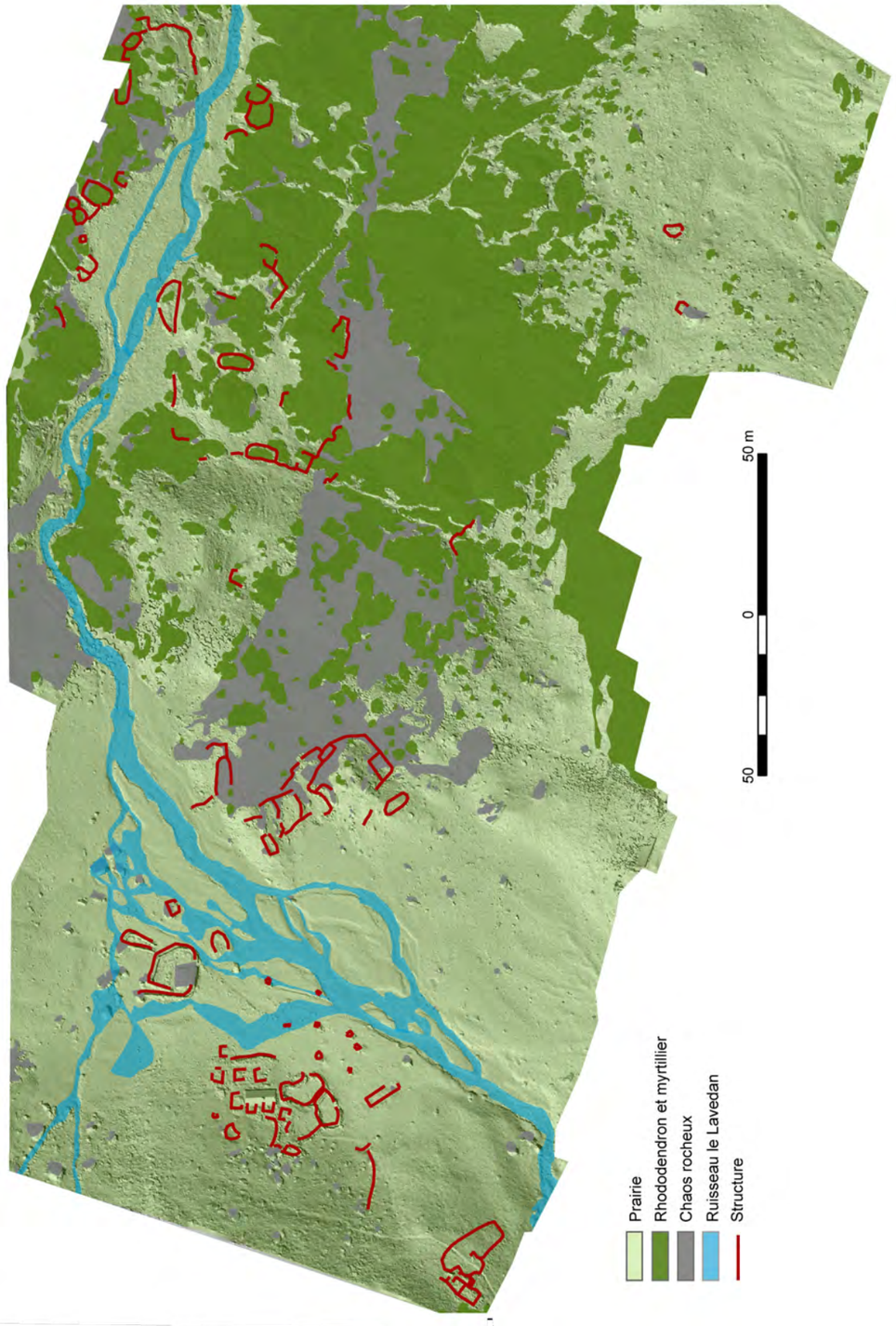


Figure 140- Carte de répartition des structures inventorier sur la moitié Ouest du secteur de l'Auloueilh dans la Réserve Naturelle d'Aulon (65)

les outils de traitement des données du logiciel ArcGis (Fig. 142).

Elle montre que les leytès n° 11, 5, 7, 8 et 6 auraient été édifié sur un axe hydrographique d'axe Sud-Nord qui recevait les eaux d'écoulement de la Pène de Pépious (à l'Ouest) et venait se déverser dans le ruisseau au Nord des structures n° 1 et 2 (Fig. 143- Bras théorique 1 et 2).

La structure 12 est située sur un axe hydrographique qui fonctionne encore actuellement lors de la fonte des neiges et des forts débordements du ruisseau (Fig. 143- Bras théorique n° 4). Il permet de recevoir l'eau d'écoulement et de débordement du secteur dit de Goudo (au Nord-Ouest).

Reste les structures 9 et 10 qui sont alimentée en eau par un canal (Fig. 151- Canal n° 3) creusé et bordé par des blocs posés de chant.

Les structures installées sur le lit majeur

Ces constructions se trouvent dans la partie Nord-Ouest de la zone d'étude, entre la Pène de Pepious et et le ruisseau qui mène au lac de Portarras.

Les structures n° 2, 3 et 4 (Fig. 143) sont situées sur le lit majeur du ruisseau Lavedan.

L'intérieur de la structure n°3 doit même être régulièrement immergé (en période estivale, elle est encore envahit par l'eau). Quant au mur Sud des structures n° 2, ils jouxtent directement le ruisseau.

La structure n° 4 paraît avoir été édifié sur une très légère surélévation du terrain, à moins que se ne soit les murs éboulés qui forment une petite barrière au ruisseau.

Rien, ici, ne laisse supposer une relation quelconque avec l'eau, mais plutôt des variations et des déplacements du ruisseau Lavedan.

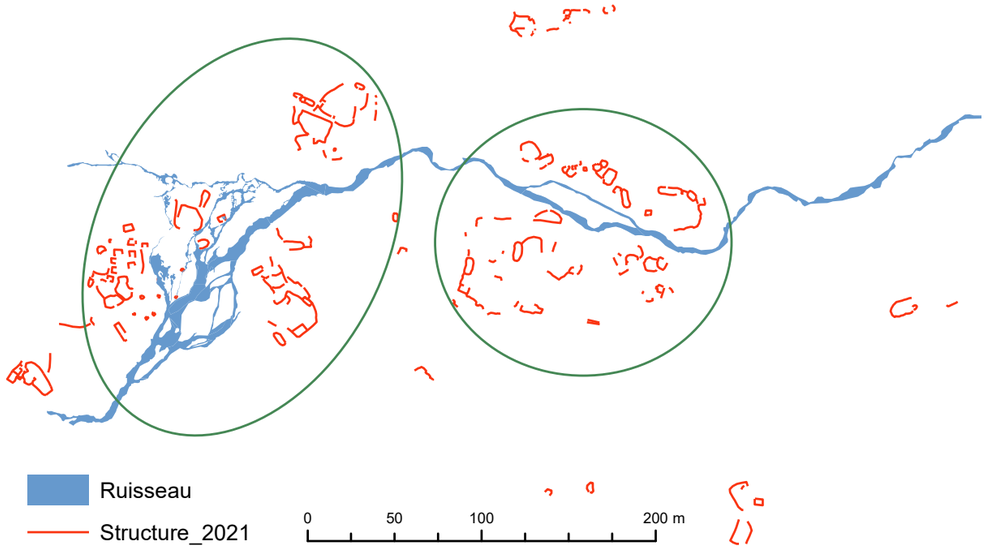


Fig. 141 - Relation au ruisseau Lavedan

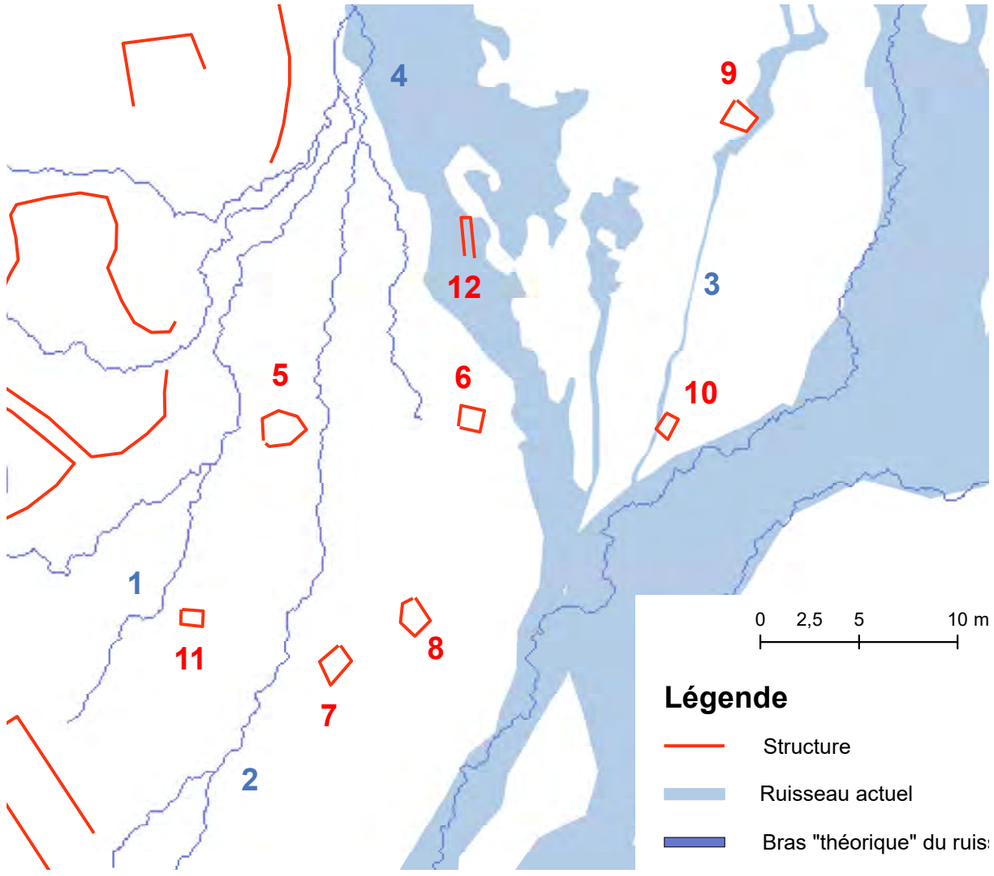


Fig. 142 - Calcul des réseaux hydrographiques théoriques

.

A l'échelle du replat, les divagations du ruisseau ont, semble-t'il, étaient importante et ont eu un réel impact sur les sites d'implantation des structures pastorales. En effet, ses fluctuations ont dus être à l'origine du déplacement des bergers d'un secteur à l'autre du replat.

Hot spot

Avec 157 structures inventorié sur les 23 hectares du replat de l'Auloueilh, la densité des vestiges archéologique est importante. Elle représente en moyenne 6,8 structures par hectares. A titre comparatif, la densité des structures archéologique est de 4,68 par hectares sur le secteur de La Glère (estive d'Anéou- Laruns- 64-) et de 3,22 par hectare sur le Plaa de l'orri (Enveitg- 66-). Seul le secteur du Liantran (Estaing- 65-) présente un nombre de structure plus important à l'hectare avec un taux de 19,27 structures.

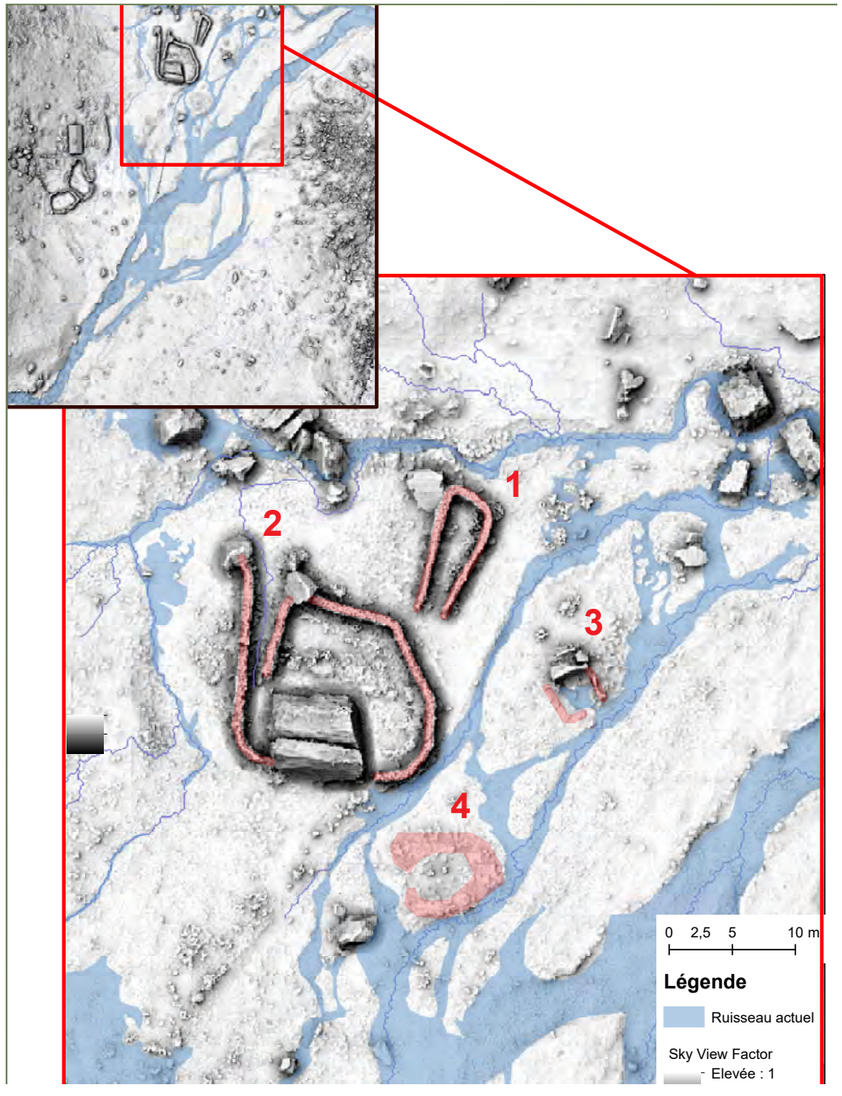


Fig. 143 - Structure inscrites à l'intérieur du réseau hydrographique

La carte de localisation des structures (Fig. 149) montre une répartition non uniforme de ces dernières.
Une autre manière d'observer la distribution des aménagements anthropiques sur un espace donné, peut passer par la réalisation d'une carte de densité qui met en avant les pôles de concentration et les zones de vides au moyen d'une variation du gradient de couleur. (Fig. 144).

A l'échelle du replat de l'Auloueilh, et sans prendre en compte la profondeur temporelle de l'occupation, 6 « Hot spot » se distinguent sur le territoire.
La moitié Ouest de la zone d'étude et les bordures du ruisseau Lavedan apparaissent comme ayant fortement attiré les installations pastorales. Seul le hot spot n°6 se trouve dans la marge Est du replat.
Dans la partie centrale du replat, un tiers du replat ne se montre pas comme attractif. Mais s'agit il d'un vide d'occupation ou d'un biais de prospection du à la forte présence des rhododendrons à cet endroit ?

Ce type d'analyse aide non seulement :

- à identifier les secteurs ayant attirés le plus fortement les aménagements anthropiques,
- à percevoir une gradation dans l'attractivité de ces zones,
- à tracer les premiers contours de la définition d'ensemble pastoraux.

Les zones de concentration ainsi définies interrogent sur l'organisation spatiale et sur leurs variations dans le temps.

Comment arriver à déterminer si l'occupation de ce replat a reposé sur le ou les mêmes centres d'élevage du début de cette pratique (à une date inconnue) jusqu'à nos jours ou s'il y a eu des oscillations dans les modes d'occupation, dans les façons d'habiter et de pratiquer l'activité pastoral au cours du temps?

Caractérisation fonctionnelle des édifices

Classer les structures d'après leur fonction permet d'avoir une première approche de l'organisation spatiale de l'activité pastorale.

Méthode empirique

Selon une méthode empirique basée essentiellement sur l'intuition et sur l'observation des liens structuraux, de la proximité topographique, de l'homogénéité des états de conservation et de l'unicité des modes constructifs.

Cette classification se fait lors de l'établissement de l'inventaire donc, soit directement sur le terrain, soit lors du traitement des données en laboratoire.

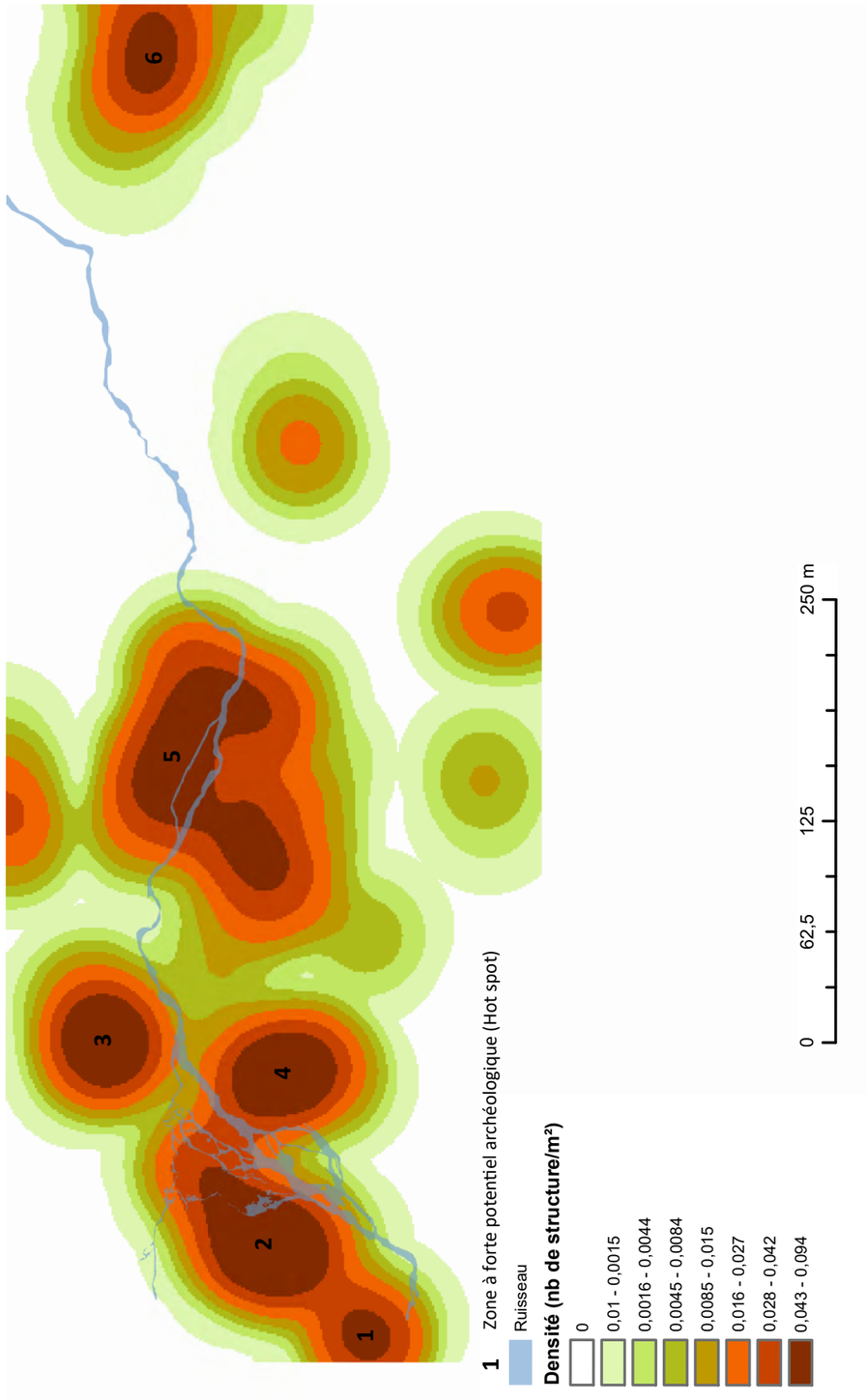


Figure 144- Calcul de la densité des structures (ArcGis)

Analyse de Bertin

Lasser les structure d'après sur fonction sur la base de l'intuition n'est pas très « vérifiable », ni « mesurable ». Dans sa thèse, Mélanie Le Couédic a développé une procédure qui s'appuie sur la méthode d'analyse de Bertin et qui permet de discriminer la fonction des bâtiments. Elle a définit des critères morphométriques permettant leur identification sur des bases non empreintes de la vision/perception de l'archéologue. (M. Le Couédic, vol. 1, pp. 140-148).

Ces critères sont :

- Superficie
- Rapport Longueur/largeur
- Qualification de l'intérieur de la structure (plat, surcreusé, bombé)
- Construit contre un rocher (oui/non)

Cette démarche a été reproduite ici.

Les valeurs des différentes classes a été légèrement adapté à notre jeu de donnée. Mais, elles restent très proches de celles figurant dans la thèse de M. Le Couédic.

Là où Mélanie Le Couédic avait fait 4 sous-ensembles pour les superficies. Pour les traitements sur les données du replat de l'Auloueilh, cette classification à été conservé :

- Inférieur à 2 m²
- Entre 2 et 6 m²
- De 6 m² à 20 m²
- De 20 m² à 40 m²
- Supérieure à 40 m²

Quant aux rapport Longueur/largeur, ils ont été regroupés en 3 classes (là où Mélanie Le Couédic en avait réalisé 2) :

- Inférieur à 2
- De 2 à 3,2
- Supérieur à 3,2

Les deux derniers critères développés dans le cadre de la thèse de Mélanie Lé Couédic n'ont pas été retenus.

- La construction sous/contre roche ne concerne que 3 structures (sur 157). Il ne s'agit donc pas d'un indicateur discriminant.
- La planéité de l'intérieur de la construction peut être renseigné que pour 2/3 des structures en raison du fort développement de la végétation ligneuse sur certaines parties du replat de l'Auloueilh.

Malgré l'absence de ces deux indicateurs, cette classification (Fig. 145 et 146) permet définir 9 classes répondant à 9 catégories de classification fonctionnelles des structures.

- Les **leytés** se caractérisent par une superficie inférieure à 2 m² et une forme carré avec rapport Longueur/largeur inférieur à 2.
- Les **cabanes** sont définie par 3 classes :
  - **Cabane carré** qui regroupe des structures d'une superficie de 6 à 20 m² avec un rapport Longueur/largeur inférieur à 2.
  - **Cabane longue et étroite** comprend les structures de 20 m² à 40 m² de superficie avec un rapport Longueur/largeur entre 2 et 3,2.
  - **Petite cabane carré** associe les structures dont la superficie est inférieure à 6 m² et dont le rapport Longueur/largeur est inférieur à 2.
- Les **enclos** sont deux deux catégories :
  - **Grand enclos carré** rassemble les structures d'une superficie supérieure à 40 m² et d'un rapport Longueur/largeur inférieur à 2
  - **Grand enclos long et étroit** rapproche les structures ayant une superficie supérieure à 40 m² et un rapport de Longueur/largeur situé entre 2 et 3,2.
- Reste des structures difficilement discriminables :
  - **Cabanes, annexes ou petit enclos carré**. Ces constructions sont marquées par une superficie allant de 20 m² et 40 m² et un rapport Longueur/largeur inférieur à 2.
  - **Cabane, annexe longue et étroite** réuni les structure ayant une superficie située entre 6 m² et 20 m² et un rapport Longueur/largeur allant de 2 à 3,2.
- Les **murs** sont représentés dans toutes les classes de structures, mais tous ont un rapport Longueur/largeur supérieur à 3.

La cartographie de cette classification (Fig. 155) montre un autre visage du replat de l'Auloueilh. Les catégories fonctionnelles sont plus large avec la méthode Bertin (9 classes au lieu de 6 classes avec la méthode empirique). A Toutes les structures sont rattachée à une classes.

Les groupements de structures s'ordonnent et des différences plus « fines » se fait jour qui marquent peut être une variabilité de pratique. Dans chaque groupement de construction, il faut noter la présence de cabane (qui rappelons le sont les pôles structurant de l'activité pastorale) autour des quelles s'articule un à plusieurs enclos et parfois d'autres structures (leyté, annexes, …). Les cabanes isolées sont peu nombreuses (4). Aucun enclos n'est isolé. A l'Est du replat, se trouve des cabanes carrés groupées et non rattachées à un enclos. A l'Ouest, les structures sont grouper en grandes unités complexes composées de cabane carrée, mais aussi de 2 à 3 enclos et d'au moins une cabane long et étroit. Les leytés sont proches d'un groupement de cabanes carré. A l'extrémité Sud peut s'observer une aménagement unique sur le replat de l'Auloueilh : une petit groupe de cabanes carrés imbriquées associé à un unique enclos. Au centre de la zone d'étude un groupe de structure dénote. Il se délimite par des murs qui semblent tracer un grand enclos carré avec dans les angles des cabanes cabanes carrés et des structures longues et étroites. L'ensemble paraissant constitué une unité de production.

L'organisation spatiale se complexifie. Et non uniforme sur le territoire.

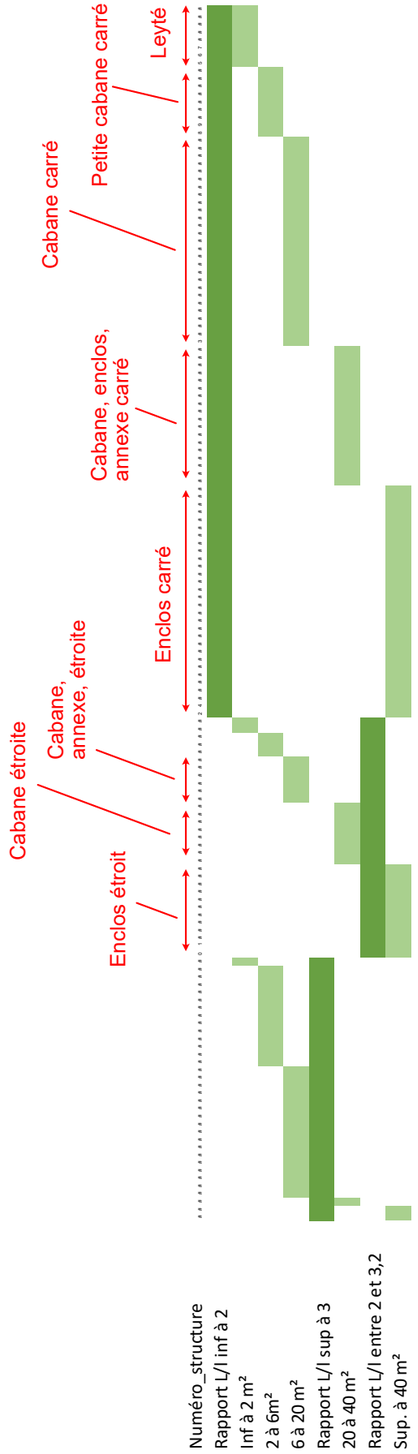


Figure 145 - Classification des structures du replat de l'Auloueilh d'après la méthode développée par M. Le Couédic dans sa thèse (M. Le Couédic, 2010, pp. 140-147) qui repose sur l méthode de Bertin affinée manuellement)

Figure 146 - Cartographie du résultat de la classification des structures du replat de l'Auloueilh d'après la méthode développée par M. Le Couédic dans sa thèse (M. Le Couédic, 2010, pp. 140-147) qui repose sur la méthode de Bertin affinée manuellement)

Une fois la caractérisation des structures établit, la seconde étape consiste à les organiser en ensembles pastoraux.

Définition des « ensembles pastoraux »…quelques tests

Un ensemble pastoral correspond à une unité de production. Il peut être constitué de une à x constructions. La structure de base est la cabane. Il s'agit d'un centre névralgique de l'activité. Lieu de vie, de repos, et, en fonction des type d'élevage, elle peut également servir de centre de production. Elle peut être habiter par un ou plusieurs bergers qui gardent de un à plusieurs troupeaux. Cette cabane peut être accompagnée de un à x enclos dont la fonction principale est la protection du troupeau. Ils peuvent également servir aux soins du bétail et parfois à la traite. En fonction des types d'élevage, ces ensembles pastoraux peuvent également associer d'autres constructions tels que des leytés, des caves à fromage, des couloirs de traite, des niches et parfois même des abris à cochons.
La composition des ensembles pastoraux est fortement liée au type de bétail, et de production (viande/lait), mais aussi des pratiques, du type de gardiennage, de taille du ou des troupeaux, des ressources disponibles ou des droits et modalités, d'accès aux estives.

Les ensembles pastoraux sont donc structurellement pluriels, très perméables aux dynamiques socio-économiques. Leur composition, leur spatialité traduisent les oscillations de l'activité pastorale dans le temps. .

Esquisser les ensembles pastoraux demandent donc de « détricoter », d'abord à grand trait, l'épaisseur du temps et d'y rattacher des plans de bâtiments et de regroupement d'édifices. D'après des données de prospection, cela n'est pas chose aisée car les seuls indicateurs mobilisables ne sont que morphométriques, environnementaux (forme, superficie, rapport longueur/largeur, présence ou absence d'appuis sur un rocher, de proximité d'un chaos), l'appréciation des façons de construire, des relations architecturales ou de l'état de conservation.

Approche empirique

La méthode empirique est basée sur l'observation des plans et est fortement empreinte par la perception de l'archéologue.
Les critères prit en compte sont les liens structuraux, la proximité topographique entre les structures, l'homogénéité des états de conservation et l'unicité des modes constructifs.

Cette méthode a été appliquée sur le replat de l'Auloueilh. Elle permet de regrouper les 157 structures inventoriées en 19 « ensembles pastoraux » (Fig. 147). Ici, le regroupement s'appui principalement sur les similitudes morphologiques en partant du présupposé que la variabilité des façons de construire traduisent des dynamiques temporelles et sur l'homogénéité des états de conservation.

L'ensemble pastoral 1 est situé à l'extrémité Est du replat de l'Auloueilh. Il regroupe 6 structures (d'une superficie variant de 15 m² à 71 m²) identifiées comme étant des cabanes/ enclos ? Toutes présentent le même état de conservation et le même aspect en surface. Elles ne sont perceptibles que par quelques blocs recouvert de mousse et de myrtilliers qui dépassent du couvert herbacé. Bien que n'ayant pas de connexion architecturale visible en surface, elles ont étaient regroupées en un ensemble pastoral par leur proximité spatiale et leur unicité.

L'ensemble pastoral 2 est situé dans l'angle Sud-Ouest de la zone d'étude. Il est composé de 5 structures : un enclos et trois structures couvertes de type habitat identifiée comme des cabanes. Toutes ces constructions sont très imbriquées les unes dans les autres. Leurs états de conservation est identique : Très arasées, elles sont difficilement lisibles sur le terrain. Seule la vue aérienne permet d'en tracer les limites et de comprendre l'organisation des constructions.

L'ensemble pastoral 3 se trouve dans la partie centrale de la zone d'étude, dans les marges Nord du Groupe 5. Il s'agit de deux petits enclos accolés l'un à l'autre. Ils ont été édifiés en bas d'une pente, en limite d'un chaos rocheux. Leur état de conservation est très arasé. Ils ne sont perceptibles que par un alignement de bloc qui dépasse de quelques centimètres de la surface et une légère déformation de la surface intérieure. Leur état de conserve différent considérablement des structures environnantes.

L'ensemble pastoral 4 est situé au Nord de la zone d'étude. Il comprend 9 constructions : 2 enclos, 3 cabanes, 1 mur et 3 structures indéterminées. Elles ont été édifié le long d'un ressaut rocheux (face Sud). Leur état de conservation est identique. Et leur isolement, à mi-pente, permet de les regrouper.

Sur les marges Ouest du chaos rocheux qui marque le centre du replat de l'Auloueil, dominant la rive droite du ruisseau Lavedan, se perçoit l'ensemble pastoral 5. Il comprend tout une série d'enclos avec aux extrémités Nord et Sud, des cabanes. La variabilité des état de conservation laissent entendre une occupation multiple de ce secteur. Toutefois, les murs les mieux conservés sont ceux inscrit dans le chaos rocheux qui est plus « stable ». Les différences de conservation sont donc aussi peut être due, non pas à des phases d'occupations différentes, mais à des processus taphonomiques différents.

L'ensemble pastoral 6 se trouve à 15 m au Nord de l'ensemble pastoral 5. Il se compose d'un enclos long et étroit sur lequel vient se connecter deux murs, un à l'est et l'autre au nord.

Au centre de la zone d'étude, de part et d'autre du ruisseau Lavedan, se trouve un regroupement de 21 structures : l'ensemble pastoral 7. Un mur délimite un espace quadrangulaire de 256 m². Ce « mur de clôture » a été constitué en repoussant les blocs sur les marges de façon à dégager un espace « plat ». Toutes présentent le même état de conservation. Les angles Ouest

semblent recevoir de petites des cabanes quadrangulaire (entre 9 et 12 m² de surface intérieure). Accolés au « mur de clôture » extérieur se retrouve de grand bâtiment rectangulaire (une cabane/étable ? et un enclos ?) de forme ogivale (entre 20 et 22 m² de surface intérieure) constitués de murs de plus de 1 m de large. Ce type de bâtiment se retrouve également à l'intérieur de l'enceinte avec plusieurs autres aménagements (enclos, mur, cabane). L'organisation de l'espace intérieur parait complexe et doit répondre à des besoins spécifiques qu'il faudra essayer de cerner.

A 20 m à l'Est se trouve l'ensemble pastoral 8 qui est constitué de 12 structures : 3 enclos, 5 cabanes et des murs isolés.

Au centre, du replat, rive gauche du ruisseau, épousant le relief, se perçoit un long mur trace un demi-cercle le long duquel s'égrènent 3 cabanes et 1 possible enclos/étable. Elle pourrait avoir fonctionné avec une association cabane/enclos-étable située à 18 m vers l'Ouest. Il s'agit de l'ensemble pastoral 9.

Toujours rive gauche du ruisseau Lavedan, deux structures accolées (une cabane et un enclos) forment l'ensemble pastoral 10.

A 40 m à l'est se trouve l'ensemble pastoral 11. Il regroupe une cabane, un enclos et un mur de liaison.

A 15 m encore plus à l'Est, l'ensemble pastoral 12 se compose d'un enclos et d'une cabane en connexion architecturale.

Au Sud de la zone d'étude se trouve une petite cabane rectangulaire (19 m²) accolé à deux blocs rocheux (ensemble pastoral 13) donnant, à l'Ouest, sur deux enclos .Leur connexion architecturale laisse entendre une unité de fonctionnement. Aucune similarité entre eux, si se n'est un même mode architectural et un même état de conservation.
A l'Ouest du replat, rive gauche du ruisseau Lavedan,, un peu au-dessus de la rupture de pente, se trouve l'ensemble pastoral 14.

A l'Est de la zone d'étude, à 60 m à l'Ouest de l'ensemble pastoral 1, se trouve 4 constructions perçues de façon fragmentaire. Elles présentent le même aspect extérieur et ont une proximité topographique qui font qu'elles ont été associée. Et forment l'ensemble pastoral 15.

Entre les ensembles pastoraux 1 et 15, se trouve deux enclos imbriqué desquels partent deux murs, un au Nord et l'autre au Sud. A 7 m à l'est une cabane domine ses espaces de parcage. Ils forment l'ensemble pastoral 16.

Au Sud, dans la partie médiane du replat, deux enclos et une cabane forment l'ensemble pastoral 17.
A l'extrémité Ouest du replat, se trouve l'ensemble pastoral 18 qui regroupe 9 cabanes et 8 leytés. Leytès sont des constructions caractéristiques de l'élevage laitier. Sur le replat de l'Auloueilh, ils sont rattachés à 8, voire 9 cabanes regroupées sur un espace de 500 m². Elles présentent le même état de conservation, la même forme (rectangulaire), les mêmes dimensions (6,24 m² en moyenne)

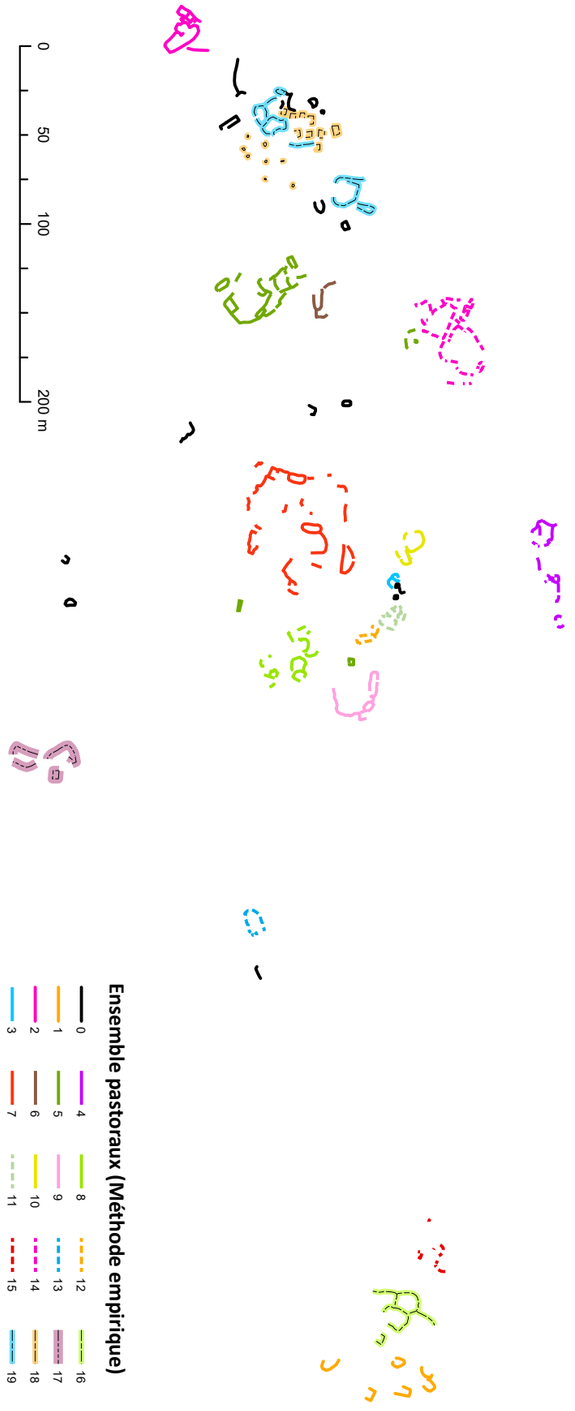


Figure 147 - Ensembles pastoraux définit d'après la méthode empirique

et, pour ce que l'on en perçoit, les mêmes modes constructifs (mur à double parement). L'association leytè et cabane correspond à la description qui est faite des « courtaou » du XIXème siècle (G. Buissan, 1991).

En 2018, des travaux de restauration ont fortement impactés plusieurs structures présentent dans la partie Nord-Ouest de la zone d'étude (structures n°1, 2, 14 et 15). Ces réaménagements empêchent toute lisibilité de leur état initial. Ces construction ont donc été associées dans un même groupe , le groupe 19. Les structures isolées non rattachées à un ensemble pastoral représentent 12,1 % des structures inventoriées. Il s'agit de construction qui sont, soit éloignée des autres structures de la zone d'étude (comme les structures 64 et 65), soit des structures qui présentent des états de conservation ou des mode constructifs différents des structures proches, comme les structures 3, 4, 13, 30, 26, 27.

N'existerait il pas une autre façon de d'organiser les structures qui reposerait sur des méthodes plus analytiques ?

Polygones de Thiessen et des anneaux concentriques

La première méthode utilisée repose sur l'établissement de polygones de Thiessen cumulé à une représentation des distances par des cercles concentrique.

La méthode suit cette procédure (ArcGis) :

- Création d'une table de proximité entre les cabanes et les enclos.

  Cette dernière permet de connaître la distance entre les cabanes et les enclos. Elle permet d'établir que la distance minimale est de 0,8 m, que la distance maximale est de 104 m et que la moyenne est de 18 m.

  Cabanes et enclos sont donc fortement groupés
- Création des polygones de Thiessen à partir des structures identifiées comme étant des cabanes avec la méthode de Bertin.
- Création des anneaux concentriques avec les valeurs suivantes :
  - 1 m => qui correspond à la distance minimal
  - 9 m => distance intermédiaire
  - 18 m => distance moyenne
  - 27 m => distance moyenne + distance intermédiaire

Ces deux méthodes permettent de définir des « zones d'influence » et des « zones tampon » autour de point, en l'occurrence les cabanes.

Le résultat (Fig. 148) est une carte qui montre 45 ensembles pastoraux, un par structure identifiées par la méthode Bertin comme étant des cabanes.

Les deux inconvénients majeurs de ce mode de représentation sont :

- Le rayon « d'attractivité » des cabanes ne permet pas de prendre en compte l'ensemble des

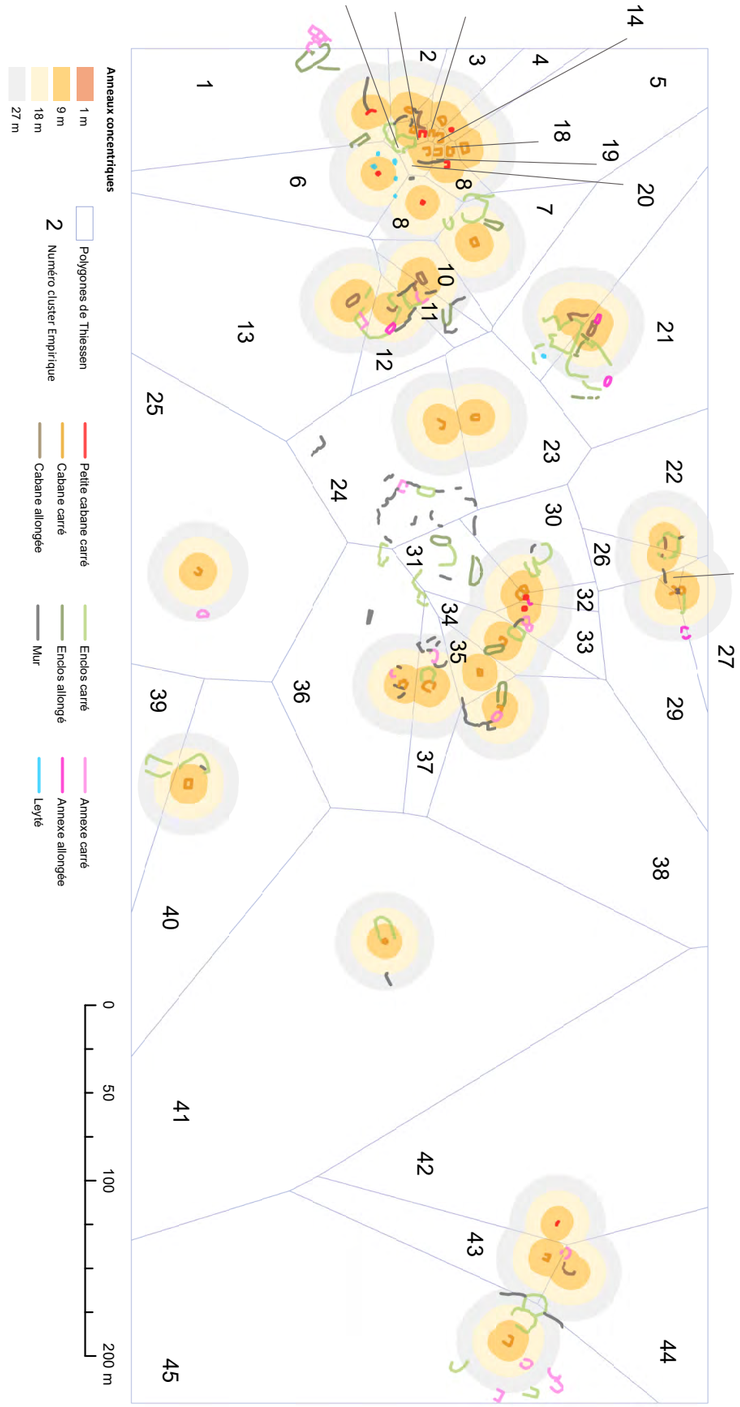


Figure 148 - Définition des ensembles pastoraux d'après l'association de polygones de Thiessen et d'anneau concentriques

aménagements. Il « démantèle » et fractionne les grands aménagements complexes, notamment au centre du replat de l'Auloueilh.

- Le présupposé de départ qui veut que chaque cabane soit le centre unique d'un ensemble pastoral est trop restrictif. Il supprime toute possibilité de pouvoir disposer d'ensembles pastoraux regroupant plusieurs cabanes.

Cette méthode ne se base donc pas sur des caractéristiques morphométriques, mais sur une partition de l'espace qui donne à voir un « territoire » théorique par cabane. Théoriquement, elle impose que toutes les structures présentent dans ce territoire y serait rattaché. Ce fractionnement de l'espace pastoral est bien trop abrupte et le présupposé de départ (1 cabane = 1 ensemble pastoral) est trop rigide et trop restrictif par rapport à un éventail des possibles. De plus, à elle seule, la proximité, ne permet pas de proposer une classification des unités pastorales.

Tenter de définir les unités pastorales demande de s'orienter vers des méthodes statistiques comme des regroupements par grappes ou des tableaux hiérarchiques, qui permettent de s'appuyer sur des variables qualitatives. L'intérêt de ces méthodes repose sur l'obligation de définir, a priori, des descripteurs qui permettent de déterminer des similitudes et dissemblances entre les objets étudiés.

Analyse des regroupements

Cette méthode permet de regrouper des entités spatiales à partir de plusieurs variables définit par l'opérateur. L'algorithme recherche des similarités entre les entités. Le présupposé de départ de cette classification, c'est que deux structures morphologiquement semblables font partie de la même unité de production.

L'un des problème majeur de cette technique provient à la difficulté à identifier les éléments discriminants et à établir un liste de variables qui traduisent la variabilités des structures archéologiques étudiées. Quels critère choisir et quelle forme leur donner ? Pour pouvoir bien fonctionner, l'algorithme oblige à synthétiser l'information et à la normaliser. (Power et al, 1992)

Les champs choisit ont été :

- Classes de Hauteur
  - 0 à 20 cm => 1
  - 20 à 40 cm => 2
  - 40 à 60 cm => 3
  - 60 à 80 cm => 4
  - Sup. À 80 cm => 5
- Classes de superficie
  - 0 à 2m² => 1
  - 2 à 6 m² => 2
  - 6 à 20 m² => 3
  - 20 à 40 m² => 4
  - Sup. À 40 m² => 5
- Classes du rapport Longueur/ largeur
  - Inf. À 2 => 1
  - De 2 à 3,2 => 2
  - Sup. À 3,2 => 3

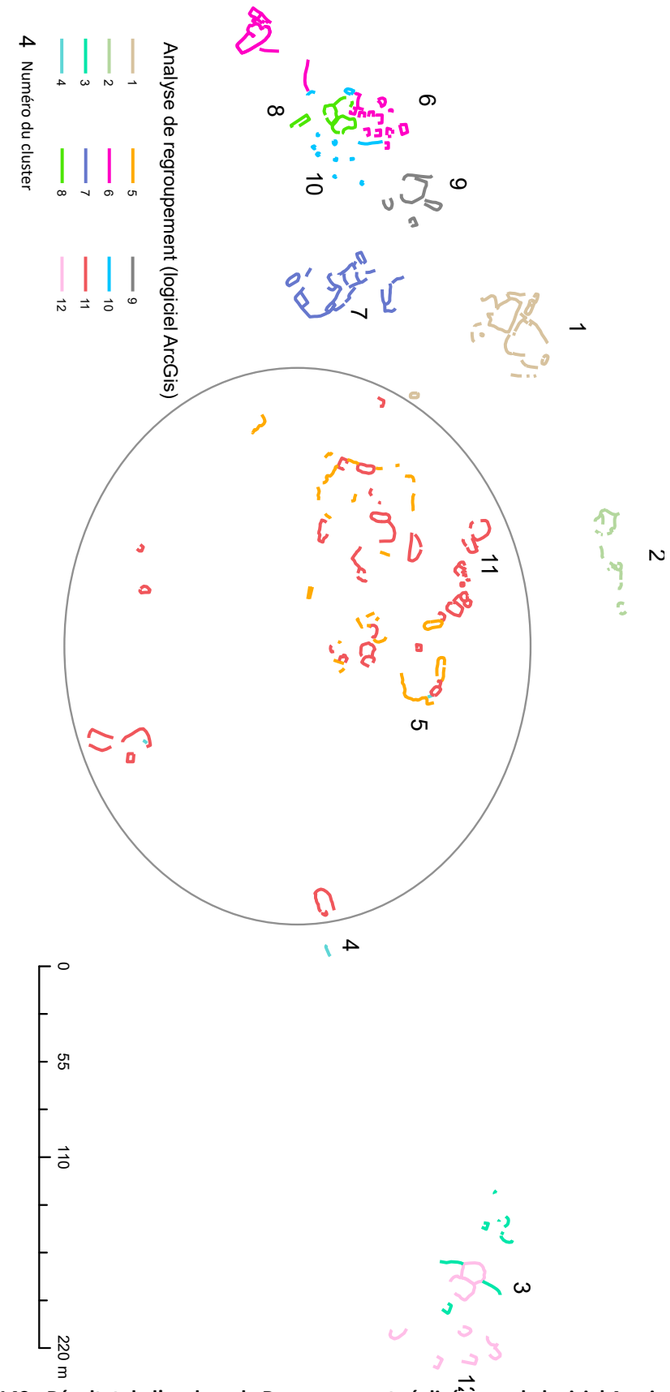


Figure 149 - Résultat de l'analyse de Regroupement réalisée avec le logiciel Arcgis

- Planéité intérieure
  - •Plat => 1
  - •Déformation intérieure => 2
  - •Non visible => 0
- Chaos/rocher
  - •Milieu de l'herbe => 1
  - •Bordure et dans chaos =>2
  - •Contre rocher => 3

Dans ArcGis, ce type de traitement demande de définir, au préalable, le nombre de groupe (cluster). Ne pouvant, à priori, le déterminer, plusieurs essais ont été nécessaire. (Fig. 149)
Les paramètres utilisés sont les suivants :

- •Nombre de groupe = 12
- •Contrainte spatiale = K. Nearest Neigbords
- •Calcul de distance = Euclidienne
- •Nombre de voisin = 8

Le résultat de ce traitement (Fig. 160) regroupe les structures identifiées sur le replat de l'Auloueilh en 12 classes.

Par le biais du calcule de R2, l'analyse statistique montre que la variable « Chaos » est très structurante, vient ensuite, à égalité, les variables Planéité et Rapport Longueur/ largeur. Les classes de superficie et enfin de hauteur participent moins à la répartition spatiale des structures

- • Chaos = 0,7628
- • Planéité = 0,5242
- • Rapport L/l = 0,5144
- • Superficie = 0,4102
- • Hauteur = 0,3416

Les groupes n° 2, 3, 5, 7 et 8 sont bien définit. Toutes les structures de ces agglomérats présentent les mêmes caractères.
Les associations n° 6, 8, 9 et 10 prêtent à discussion.

- • Groupe n° 4 comprend plusieurs cabanes carrés très arasées car leurs murs ont servir de réservoir à matériaux lors de la construction de l'actuelle cabane de l'Auloueilh.
- • Groupe 10 associe les leytès. Ici, l'unité fonctionnelle est bien caractérisée et repérable par des traitements statistiques.
- • Groupe 9 regroupe 2 enclos restaurés il y a peu et 2 structures très arasées. La dichotomie apparente des états de conservation interroge sur la « réalité » de cette association. Ici, les variables utilisées ne sont peut être pas très performantes.
- • Groupe 10 pose également des questions. Il voit un lien dans les descripteurs de deux enclos restaurés récemment et d'une cabane arasée.

Pour les Groupe 9 et 10, la variation des états de conservation des constructions ne permet pas d'identifier dans ces association des unités de production fonctionnelles.

- • Groupes 11 et 5 sont enchevêtrés. Leurs paramètres de classifications sont très proches. Seul diffèrent le rapport L/l. Ici, le Groupe 5 paraît correspondre aux murs « de clôture » d'un très grands ensemble pastorale marqué par plusieurs cabane/étable longues et étroites.

Classification ascendante hiérarchique

Comme beaucoup de méthode statistique, la classification ascendante hiérarchique vise à regrouper les individus qui soient les plus semblables possibles (homogénéité inter-classe) et de créer des classes qui soient le plus dissemblable possible (hétérogénéité inter-classes). (M. Hinz, 2019, Hodson. F.R, 1970) Le tri des individus se fait sur la base de variables définit par l'opérateur. Cette classification part donc des individus et se traduit par la création d'un arbre de classification (Fig. 151).

Les mêmes variables que ceux utilisés pour l'analyse de Regroupement ont été employé ici.
La définition des classes, le rattachement des structures à chaque classe et la création de l'arbre hiérarchique a été réalisé avec le logiciel R. Cette procédure nécessite de fixer, au préalable le nombre de classe. Après plusieurs tests, il s'est avéré que le nombre de classe le plus « efficace » est 10.

Au premier abord, le résultat (Fig. 150) paraît cacophonique. Toutefois, à regarder de plus près, une structuration se dessine.

Le **groupe 1** est composé d'individus caractérisés par de forte valeurs pour les variables « Hauteur » et « Planéité » et de faibles valeurs pour les variable « Chaos » et « Superficie ». Ces individus se trouvent concentrés dans la partie Ouest de la zone d'étude. Il s'agit de deux enclos très restaurés et des leytés.

Les **groupe 2** est constitué par des individus ayant de fortes valeurs pour les variables « Hauteur » et « Planéité » et des valeurs faibles pour la variable « Chaos ». Ces individus se trouve à quelques mètres à l'Ouest du groupe 1. Il s'agit du groupe de petite cabane carrés arasées pour récupérer les matériaux et construire, de la plus grande des deux « cabane de terre », de deux enclos très restaurés et d'une cabane rectangulaire.

Le **groupe 3** partage des individus ayant de forte valeur de planéité. Ils se retrouvent sur le quart Ouest du replat de l'Auloueilh. Il s'agit des structures qui compose le petit groupement à l'extrémité Sud-Ouest et du petit ensemble situé sur les marges Ouest du chaos qui marque la partie centrale du replat.

Le **groupe 4** associe les individus ayant de fortes valeurs pour la variable « Chaos » et de faibles valeurs pour la variable « Planéité ». Il s'agit du groupement qui marque les marges Nord du chaos rocheux central ainsi que les deux petites cabane situé dans la partie médiane, au Sud du replat. Dans ce groupe figure également la cabane située au Sud du groupement à l'Ouest du chaos rocheux.

Le **groupe 5** rassemble les individus dont les valeurs des variables ne diffèrent pas significativement de la moyenne. Ces individus se trouvent au nord des structures du groupe 4, de l'autre côté du ruisseau Lavedan, au Nord du groupe 4 et à l'intérieur de l'enclos Sud des constructions édifiées sur les marges Ouest du chaos.

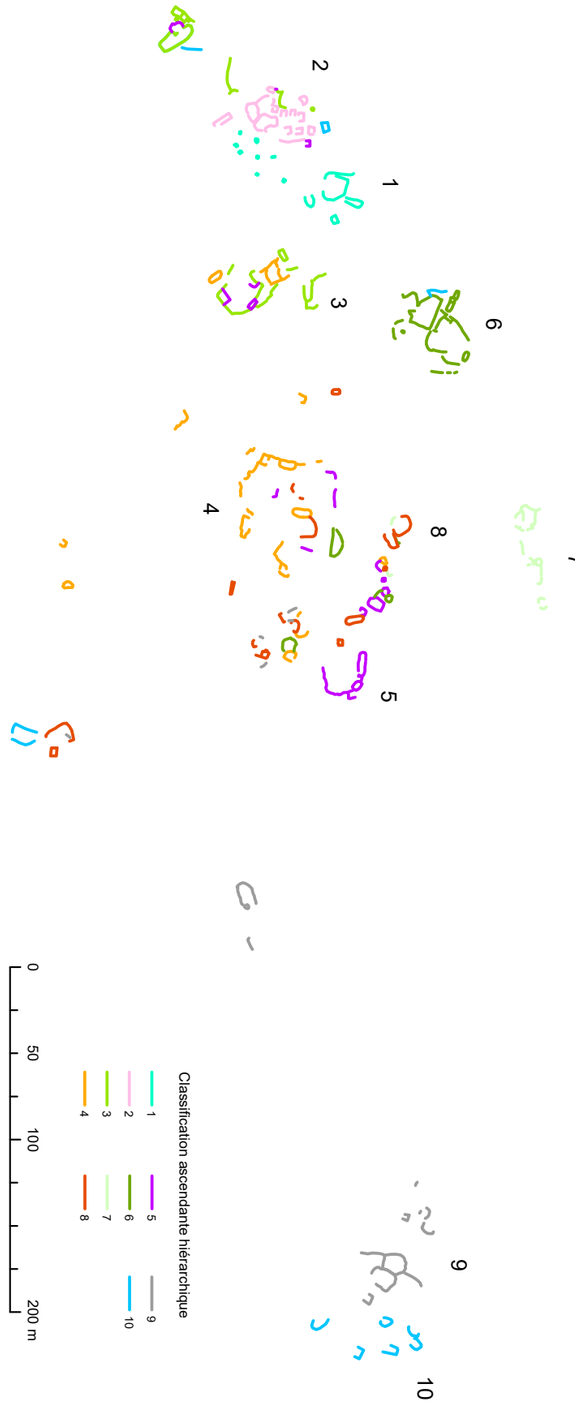


Figure 150 - Résultat de a classification Hiérarchique (logiciels R et ArcGis)

Le **groupe 6** combine des individus qui se caractérisent par de fortes valeurs pour la variable « Superficie » et de faibles valeurs pour la variable « Chaos ». Il s'agit du groupement situé rive gauche du ruisseau Lavedan, au Nord-Ouest de la zone d'étude.

Le **groupe 7** rapproche les individus ayant de fortes valeurs pour la variables « Chaos » et de faibles valeurs pour la variables « Hauteur ». Il s'agit des enclos qui marque l'extrémité Nord de la zone d'étude.

Le **groupe 8** unis les individus ayant de faibles valeurs de « Planéité ». Il s'agit du groupe spatialement le plus « éclaté ». Les structures de ce groupe se retrouvent dans la partie médiane de la zone d'étude.

Le **groupe 9** assemble les individus ayant d fortes valeurs pour la variable « Chaos ». Ces

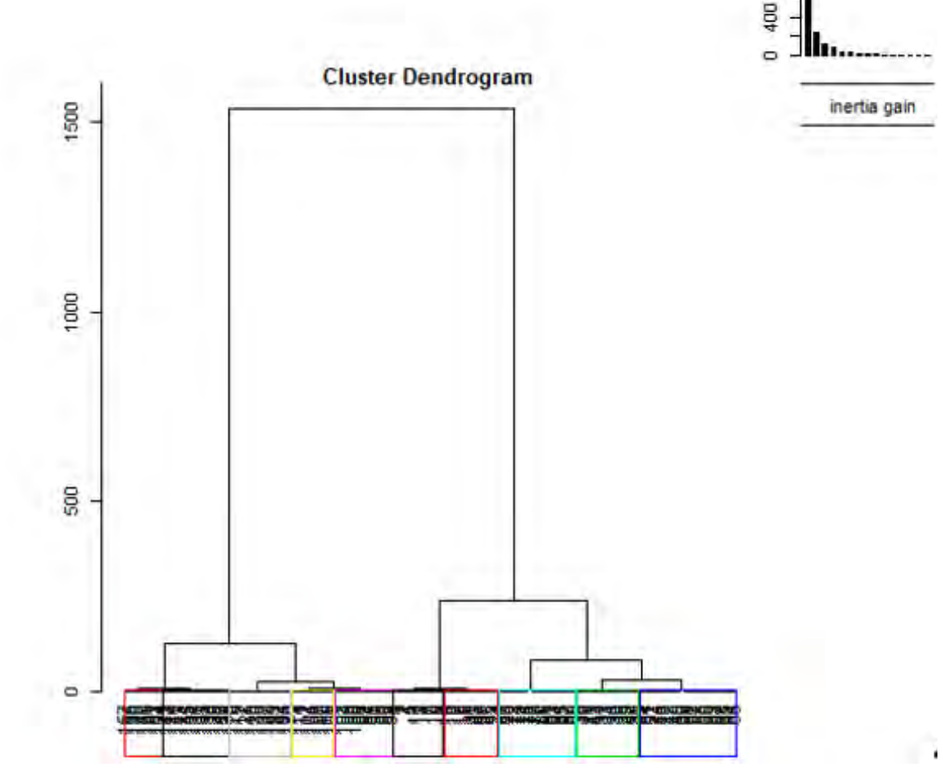


Figure 151 - Arbre hiérarchique (logiciel R - application Factoshiny)

individus se trouvent dans la partie Est du replat de l'Auloueilh. Il s'agit de 4 enclos imbriqués les uns dans les autres et de « cabanes » adjacentes, ainsi que d'un enclos isolé au milieu du chaos.

Le **groupe 10** réunit les individus ayant de fortes valeurs pour la variable « Superficie » et de faibles valeurs pour les variables « Chaos » et « Hauteur ». Il s'agit des cabanes arasées relativement groupées identifiées sur les marges Est de la zone d'étude.

Phasage chronologique

Même à grand trait, peut insérer le facteur temps dans une analyse faite à partir de données de prospection ?

Pour pouvoir inclure le facteur « Temps » dans le raisonnement, il faut se baser sur des variables qui permette d'avoir une idée du temps passé.

En haute montagne très peu, voire aucun, artefacts ne remonte à la surface. La végétation est bien trop dense et les animaux fouisseurs peu nombreux pour le permettre. Lors de la phase de prospection, la datation des périodes de fonctionnement des structures inventoriées ne peut donc pas reposer sur le mobilier archéologique mit en jour. Il faut trouver un autre indicateur chronologique : l'état d'arasement qui peut se traduire par la hauteur des mur ou l'état de conservation.

Bien sur, il ne s'agit pas là d'une vérité absolue. Des recherches antérieures ont montrés que des structures présentant des élévations importantes des murs (plus d'un mètre de hauteur) étaient anciennes (Moyen-Âge) (Gassiot et al, 2016) et que des structures récentes pouvaient être très arasées (Fig. 152). Toutefois, de façon générale et globale, les variables d'état de conservation et de hauteur des murs sont tributaires du temps. Ces descripteurs sont d'ailleurs pris en compte pour commencer à trier les structures, à minima, entre ancien/récent. La hauteur des vestiges archéologiques est une valeur relativement fiable et vérifiable. Toutefois, comme l'état de conservation est issus de l'appréciation de l'opérateur, seule, la valeur de hauteur sera privilégié dans cette première approche.

Le présupposé de départ de cette analyse est donc que la hauteur des murs traduit l'ancienneté des constructions. Le principe est simple : plus une structure est arasée et plus elle est anciennes.

Figure 152- A gauche, photographie d'une cabane sur le secteur de Barroude réalisée en 2001 (Vallée d'Aure - 65 - © Calastrenc. C,) ; à droite, photographie de cette même cabane prise par Lucien Briet à la fin du XIX7me siècle © Musée Pyrénéen de Lourdes

Avec les logiciels de Système Géographique, il est possible de calculer des ellipses de déviation standard. Cet indicatif est couramment utilisé en archéologie pour étudier les phénomènes de mobilité et de dispersion (Bertoncello et al, 2011, Alix et Canillos, 2021, Poirier, 2006, Poirier, 2010, Gauthier, Pétrequin, 2017).

Les méthodes de statistiques spatiales résument la structure d'un semi de point (ici les structures archéologiques) en prenant appuis sur les centres de gravité des barycentres (ici, les phases chronologiques) et sur la mesure de la dispersion du semi (les ellipses de dérivation). L'observation de la surface, de la taille des ellipses et du positionnement des barycentres sont des indices de la pression des sites archéologiques sur l'estive

Une carte a été produite pour chaque méthode de regroupement réalisées (champ de récapitulation) en appliquant une pondération d'après la variable « Hauteur ». (Fig. 153).

Ces cartes montrent une évolution qui paraissent au premier abord très différentes. Toutefois, elles présentent des traits généraux communs qui permettent de tracer la dynamique générale :

- **Phase 1**

La première occupation se structure autour d'un petit groupement de cabanes, sans connexion architecturale, situées à l'extrémité Est de la zone d'étude. En surface, aucun enclos n'est identifiés. Elles paraissent isolées sur le replat de l'Auloueilh.

- **Phase 2**

L'activité pastoral se réduit et se focalise autour de très petites unités qui vont s'installer à l'Ouest du replat. Très isolée sur le replat, elle paraît répondre au besoin d'une unité familiale, d'un ou deux berger ou du moins à un troupeau de taille réduite.

- **Phase 3**

L'activité pastorale s'intensifie fortement et s'organise autour de grands centres pastoraux complexes composés de plusieurs constructions imbriquées (cabane/étable/annexe) et enclosent par des murs/murets. Ces unités de production ont la particularité d'associer des petites constructions carrés sous placées en périphérie. Des enclos longs et étroits s'inscrivent à l'intérieur de l'espace enclos. S'agissait il de couloir de traite ? Auquel cas, ces structures seraient à rattachées à une activité ovine et laitière.

Ces groupements de construction associe également des cabanes longues et étroites de type grande cabane pour accueillir beaucoup de personne (gardiennage collectif voire salarié ?). Elles peuvent également être le cadre d'une polyactivité qu'il resterai à définir. Il pourrait également s'agir d'étable ou de bâtiment associant espace pour les berger et un pour le ou une partie du bétail. L'épaisseur des éboulis qui entoure ces constructions ne laissent pas de place au doute :toutes les face étaient fermées par un mur. L'ouverture se trouvait dans un angle d'une des grande façade. Les murs étaient élevés. Au vu de la

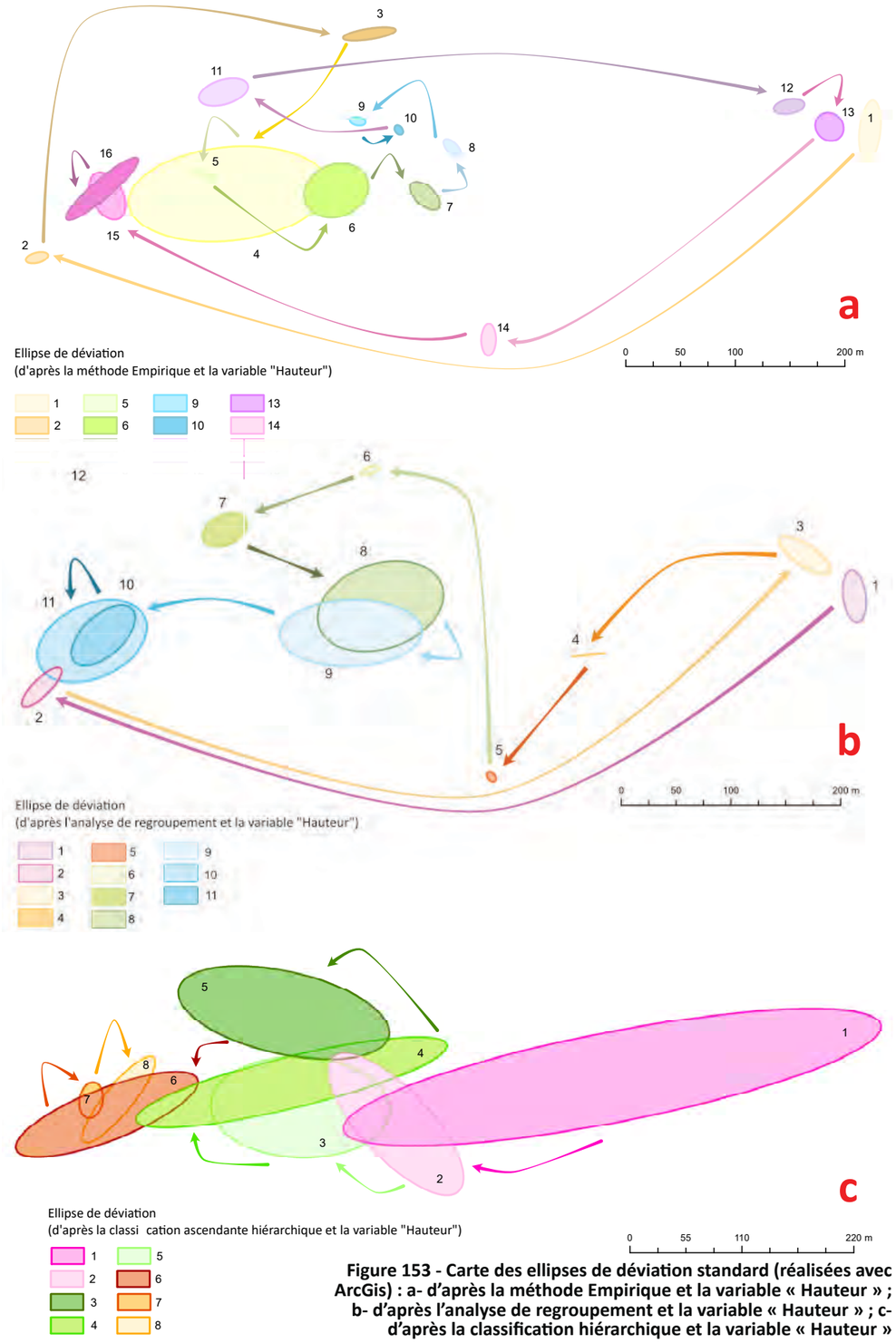


Figure 153 - Carte des ellipses de déviation standard (réalisées avec ArcGis) : a- d'après la méthode Empirique et la variable « Hauteur » ; b- d'après l'analyse de regroupement et la variable « Hauteur » ; c- d'après la classification hiérarchique et la variable « Hauteur »

longueur de ces bâtiments, la couverture devait être en matériaux périssable. Aménagé dans le chaos rocheux central, ces vastes groupement présentent des caractères d'état de conservation, de forme, d'organisation interne identiques. Leur unité morphologique permet de les regrouper dans une même phase chronologique sans que ne soit bien sur présumé de leur contemporanéité stricte. Ces ensembles pastoraux utilisent à la fois les matériaux disponibles sur le terrain (chaos) mais également le relief (ils sont tous situés de façon à être sur-élevés par rapport au ruisseau Lavedan). Les habitat (qu'ils soient destinés aux hommes ou au bétail) sont situés sur les parties hautes.

- **Phase 4**

L'intensité de l'activité diminue un peu et se polarise à l'Est de la zone d'étude. Un ensemble pastoral destinée à la production de lait/beurre/petit-lait/fromage est constitué (Phase 4-1).

*** Phase 4-1**

Un ensemble pastoral, constitué de 8 cabanes (structures 18, 19, 20, 21, 22, 23 et 24), et de 8 leyté (structures 5, 6, 7, 8, 9,10, 11 et 12) est aménagé à l'Ouest de la zone d'étude, sur un petit replat qui moine la rive gauche du ruisseau Lavedan. Il est relativement facile à classer dans une chronologie grâce à la présence de leyté. En effet, la présence de leytè permet de centrer son fonctionnement aux alentours du XIXème siècle et de préciser le type d'élevage pratiqué » : production à destination laitière/fromagère. Au XIXème siècle, dans les Pyrénées, le monde de l'élevage voit se développer un nouveau débouché commercial avec l'apparition du pyrénéisme, du thermalisme et les prémices du tourisme. Dans ce contexte, les productions laitières (beurre, petit lait) et fromagères deviennent économiquement attractives. Les éleveurs pyrénéens vont alors adaptés leurs activités à cette nouvelle filière. Par voie de conséquence, ils vont aménager ou réaménager des infrastructures plus adaptées à ce type d'élevage, de production et revoir leurs pratiques et possiblement les modes de gestion des espaces pastoraux. C'est à ce moment-là que voit apparaître les leytès sur les estives. D'après les études ethnographiques et les différents récits et berger pyrénéens de cette époque, dans ce type de centre pastoral, chaque cabane est le pôle d'une exploitation familiale. A chaque cabane est associée, à minima, un leytè et un enclos. Parfois même y sont joint des étables (des cas sont attestés en vallée de Campan (65). Ici, il est possible de dénombrer 8 leytès et 8 cabanes. Quant aux enclos, ils n'ont pas été identifiés. Les enclos 1, 2, 14, 15 et 16, qui sont les plus proches, sont trop modifiées pour que l'on puisse les rattachées.

Le travail de Christine Rendu (Rendu, 2021, pp. 171-173) démontre que la dichotomie entre habitat groupé et habitat isolé tracé par les plans des sites d'estive est souvent interprété comme la marque d'un pouvoir politique fort et centralisateur de type seigneurial ou groupement communautaire. Or, comme elle le précise, le passage strict du plan à l'entité socio-juridique à l'origine de ce regroupement masque, voire nie, les possibles coexistences et la variabilité des territorialités et notamment celle des usages et des pratiques des éleveurs.

Avec la désertification des zones de montagne, la baisse du nombre de troupeaux et de berger, ainsi que la réorientation économique vers une production à viande, ce centre est déserté et une nouvelle cabane est édifiée sur ces ruines (la cabane actuelle). Cette dernière permettant de répondre aux besoins des professionnels de secteur d'activité. Cette cabane offre également un refuge pour les promeneurs démontrant l'ouverture des communautés de montagnes au secteur du Tourisme. Cet dans un but de valorisation que certains constructions de l'ancien ensemble pastoral ont été restauré (Phase 4-2).

- **Phase 4-2**

En dehors de la cabane actuelle, l'activité humaine la plus récente sur ce secteur correspond aux travaux de restauration réalisés en 2018. Les murs des enclos n° 1, 2, 14, 15, 16, 17 et 25 ont été fortement modifié. Les murs ont été rehaussés bien au-delà de leur hauteur d'origine. Pour ce faire, des blocs ont été prélevés aux alentours, ce qui a parfois impactés d'autres structures archéologiques. D'après les informations recueillies auprès de certains d'habitants d'Aulon, il semblerait que ces enclos soient à associer aux cabanes n° 18, 19, 20, 21, 22, 23 et 24. Toutefois, ces restaurations sont telles qu'elles ne permettent pas de les insérées dans l'analyse archéologique.

Les données acquises en 2019 et 2021 et leurs traitements permettent d'aller au-delà de l'observation visuelle des vides et des pleins, des organisations simples ou complexes. Les structures archéologiques inventoriées peuvent être classées par fonction, par unité de production et/ou par grands phasages chronologiques. Tous les traitements réalisés sont une base de travail pour commencer à approcher les variations des dynamiques de l'activité pastorale sur le temps à l'échelle du replat de l'Auloueilh et pour mieux programmer et orienter les activités de recherche suivantes.

Perspectives de recherche 2022

Perspectives de recherche

2022

Les années 2020-2021 avaient pour objectif de poursuivre le travail engagé les années précédentes et d'élargir les appareillages mit en pratique. Malgré des problèmes liés à des conditions météorologiques peu clémentes et à la non fiabilité d'un prestataire, la campagne de 2020/2021 s'est centrée sur le replat de l'Auloueilh de la réserve naturelle d'Aulon.

2020/2021 :

Le portage par hélicoptère du matériel est indispensable pour le déploiement des appareillages fragiles, lourds et encombrants de type géoradar, drone multispectral ou drone Lidar. Seul le matériel destiné à la photogrammétrie par drone, à l'analyse thermique et l'XRF ont un emport facile pour permettre leur transport dans un sac à dos. L'héliportage est une aide pour le transport du matériel mais il permet également de gagner du temps de travail sur le terrain (ici, 3 h par jour de gagner).

La démarche multisource et multi-échelle permet de prospecter plus rapidement les zones d'altitude et donc, de couvrir de plus grands territoires que ne peut le faire une procédure plus traditionnelle (prospection pédestre). Ainsi, cette année, la prospection des 23 hectares du replat de l'Auloueilh à nécessité :

* Prise de vue par drone pour le travail photogrammétrique (23 hectares) - 1 jours
* Acquisitions thermographiques (18 structures) et lidar par drone (23 hectares)- 1 jour
* Relevé magnétométrique (1500m²)- 1 jour

En 2020/2021, l'étalonnage des nouveaux appareillages scientifiques a été poursuivit et le développement de nouvelles procédures de traitement des données a été mis en place. Les règles permettant de déterminer les conditions d'acquisition optimales pour la détection de vestiges archéologiques enfouis en zone d'altitude et les meilleures procédures de traitement des données commencent à être cernées. Même si certains appareillages n'ont pas pu être déployés, comme le drone multispectral ou le géordar, certaines procédures d'acquisition et de traitement des données brutes (photogrammétrie, thermographie, magnétomètre) ont été finalisées.

Un travail important a été fournit pour arriver à traiter convenablement les données photogrammétrique et notamment le Modèle Numérique de Terrain pour en tirer le maximum d'information archéologique. Nous sommes arrivés à un process opérationnel.

2020/2021 a également été marquée par les premiers usages d'appareillage de géophysique.

L'analyse des données Lidar et la discrimination entre points sol, chaos rocheux et

rhododendrons reste encore largement à établir.

Bien sur des approfondissements, notamment sur la fusion des visualisations du Modèle Numérique de terrain, l'automatisation de la détection des structures ou la suppression virtuelle de la végétation ligneuse, seraient à mettre en place. Ils nécessitent des collaborations et surtout une recherche de financement.

D'année en année, les modalités d'utilisation des appareillages scientifiques non-invasifs en haute montagne et le traitements de leurs données se consolident et se formalisent.

Les années 2020 et 2021 ayant été très fortement impactées par la Covid 19, l'accent a également été mit sur la diffusion de l'information.

Article dans une revue scientifique (avec comité de lecture)

- Carine Calastrenc, François Baleux, Nicolas Poirier, Christine Rendu. Thermographie aéroportée par drone. Nouvelle procédure pour la détection archéologique en haute montagne. Archeosciences, revue d'Archéométrie, G.M.P.C.A./Presses universitaires de Rennes, 2020. [réf.hal-03245823)
- Nicolas Poirier, François Baleux, Carine Calastrenc. The mapping of forested archaeological sites using UAV LiDaR. A feedback from a south-west France experiment in settlement & landscape archaeology.. Archéologies numériques, Openscience, 2020, 4 (2), 10.21494/ISTE.OP.2020.0556.[réf.hal-02926823]- 14 février 2020

Séminaire scientifique

- Carine Calastrenc, François Baleux, Nicolas Poirier, Antoine Laurent, Magali Philippe, et al.. Rechercher des cabanes : nouveaux outils de détection archéologique en haute montagne. Séminaire d'équipe Terrae, Février 2020, Toulouse, France.€ réf. halshs-02510369]

	Photogrammétrie	Thermographie	Lidar	Multispectral	Magnétomètre	Géoradar	XRF	Sondage de vérification
Aulon	√	√	√	√	√	√	√	√
Enveitg	√	√	√	√	√	√	√	
Estaing	√							
Laruns	√							

√ Travaux réalisés en 2020/2021
√ Travaux à réaliser en 2022

Figure 163 - Schéma de programmation de la recherche

- Carine Calastrenc, François Baleux, Nicolas Poirier, Antoine Laurent, Magali Philippe, et al.. Rechercher des cabanes : nouveaux outils de détection archéologique en haute montagne. Séminaire d'équipe Terrae, Février 2020, Toulouse, France. halshs-02510369
- Carine Calastrenc, Nicolas Poirier, François Baleux. LIDAR par drone pour l'archéologie : retour d'expérience. Journée thématique du réseau ISA _ Modèles numériques d'élévation en Archéologie, Maison des Sciences de l'Homme de Clermont-Ferrand, Mars 2021, En distentiel, France. [réf.hal-03324667]
- Carine Calastrenc, François Baleux, Nicolas Poirier, Antoine Laurent, Philippe Magali, et al.. Inspecting high altitude areas. Development of a multi-source procedure for the archaeological prospection of high altitude areas. European Association of Archaeologists - Kiel 2021, Septembre 2021, Distantiel, Germany. [réf.hal-03341957]
- Carine Calastrenc, Christine Rendu, Mélanie Le Couédic. Dynamiques des modes de gestion et d'occupation d'un espace pastoral en haute vallée d'Ossau (Pyrénées-Atlantiques). Atelier ZA Pygar - Interactions entre ressources naturelles et sociétés: quels enjeux pour la gestion et la valorisation des patrimoines naturels et culturels ?, Octobre 2021, Toulouse, France. [réf.hal-03389519]

Action de valorisation

- François Baleux, Carine Calastrenc, Nicolas Poirier. Drone et archéologie. De nouveaux outils pour la recherche. Activité culturelle pour le CSE d'Airbus DS, Univers Culture du CSE d'Airbus Defence and Space, 15 Juin 2021, Toulouse, France. [réf.hal-03278614]
- Carine Calastrenc, Nicolas Poirier, Vol au-dessus des plaines et des estives. Thermographie aéroportée par drone appliquée à l'archéologie. JTR COFREND, 14 novembre 2021, Toulouse

… Et 2022 ?

L'incorporation progressive des appareillages permet une focalisation plus importante sur chaque appareil, des tests plus importants. D'outils en appareillages, les procédures se mettent en place.

Certaines procédures d'acquisitions et de traitements sont donc maintenant parfaitement opérationnelles (Fig. 163). Ainsi, les procédures d'acquisition de l'information nécessaires à la photogrammétrie, au magnétomètre et à la thermographie sont établies. Le traitement de leurs données brutes sont contrôler, toutefois, certaines (comme la thermographie) pourrait être améliorée.

Le périmètre d'utilisation des différents appareillages scientifiques mit en œuvre dans le cadre du programme TAHMM commence à ce mettre en place. L'emploi de chacun d'entre-eux ne se fait pas au même moment du processus de recherche, ni à la même échelle.

Télédétection satellitaire

La première approche est satellitaire. Son utilisation ne nécessite aucun déplacement sur le terrain et permet de localiser les structure en pierre sèche (non recouverte de végétation herbacée et/ou ligneuse) installée sur les pentes et celles ayant conserver une hauteur des murs.

Les premiers tests de télédétection à partir d'images pléiades disponibles gratuitement par l'Institut Géographique National (IGN). En 2019, une demande d'acquisition a été faite au CNES via le programme DiNAMIS (Dispositif Institutionnel National d'Approvisionnement Mutualisé en Imagerie Spatiale) du CNES (Centre National d'Etudes Spatiales). Elle a débouchée sur 4 séries d'acquisitions (2 sur le territoire de la Réserve Naturelle d'Aulon et 2 sur l'estive d'Enveitg) réalisées en 2019 et 2020..

Depuis, cette partie du programme TAHMM avait été mis en pause, car elle nécessite des compétences non mobilisables par ses membres. Pour aller plus avant et au-delà des travaux déjà réalisés sur d'autres territoires, comme sur la montagne de Silvretta en Suisse par l'équipe de Thomas Reitmaier, une collaboration avec un laboratoire spécialiser dans ce type de traitement est à mettre en place. Durant l'année, 2022 nous souhaitons trouver ces partenariats scientifiques.

Photogrammétrie

Depuis 2018, la procédure d'acquisition d'image aérienne par drone en vue d'un traitement photogrammétrie est parfaitement maîtrisée. Cette année, l'accent a été mit sur l'analyse des données et notamment sur l'utilisation des différentes visualisations faites avec le logiciel RVT de l'Institute of Anthropological and Spatial Studies située à Lubljana en Slovénie ou via différents algorithmes implémentés dans des logiciels de SIG (cf pages 41-53 du présent rapport). Les capacité de détection de chaque algorithmes utilisés sur 4 zones d'étude permet de sérier les plus performant. De plus, les premiers tests de fusion des données issus de ces algorithme ont été réalisés. L'ensemble de ce travail aboutit aux premières analyses spatiales des données (chapitre 4 du présent rapport).

Même si le travail mené en photogrammétrie permet d'obtenir des résultats très intéressants, il serait profitable de poursuivre le développement de l'exploitation des produits finis, notamment sur la fusion des rasters issus de algorithmes de visualisation des Modèles Numériques de Surface pour maximiser la détection archéologique.

Comme il a été précisé dans le présent rapport, l'association de différentes visualisation, même si elle n'égale pas encore l'observation de l'orthophotographie par un opérateur, permet de s'en rapprocher. Elle augmente les capacités de détections intrinsèque de chaque algorithme.

Arriver à s'extraire de l'inventaire basé sur l'intuition et une pratique empirique permettrait de s'appuyer sur des variables et donc sur des paramètres explicables.

Les traitements réalisés en 2020/2021 sont une première ébauches qui donnent à voir ce que pourrait permettre une telle fusion. Il faut toutefois aller plus avant et poursuivre ce travail. Pour mener à bien un tel projet, il faudra établir une collaboration avec des informaticiens, des statisticiens et des spécialistes en Intelligence Artificielle. La recherche de partenaires et les subventions nécessaires pour arriver à les financer, nécessaires pour mener à bien ce nouvel axe de travail, seront un des objectifs de 2022.

Lidar

Les premiers tests de survol Lidar au-dessus d'un champ de rhododendron ont été réalisé. Malheureusement, les traitements habituels n'ont pas été fructueux. L'enchevêtrement entre les rhododendrons, les structures archéologiques et le chaos rocheux dans lequel elles sont installées demande un travail exploratoire qui reste à inventer.

Pour tenter d'arriver à dissocier la végétation basse ligneuse des structures archéologiques sous-jacentes, une collaboration avec le laboratoire CESBIO (Centre d'Etudes Spatiales de la Biosphère) est en cours. Elle s'axerait dans un premier temps (Année universitaire 2021/2022) sur un « projet tuteuré » avec les étudiants du Master « Parcours Aménagement des territoires et télédétection » de l'Université d'Auch (encadrement réalisé par Claire Sicre, Ingénieur en géomatique au laboratoire CESBIO). Dans un second temps, un stage de Master 2 de 6 mois qui se déroulerait au second semestre de l'année Universitaire 2022/2023. Il sera chargé de faire un état de l'art de la question du filtrage de la végétation basse et de mettre en place des procédures de traitement des données Lidar en association avec des acquisitions multispectrales et thermiques (qui seront réalisées en 2022).

Thermographie

La procédure thermographique est constituée et finalisée depuis 2019. Elle a d'ailleurs fait l'objet d'un article scientifique paru dans la revue ArchéoScience en 2020.

En 2020/2021, des tests ont été fait avec deux capteurs : Flir T620 (en 2018 et 2019) et Flir Lepton 3.5 (en 2021). Les différences de résolution de ces deux capteurs sont flagrantes et ont une énorme incidence sur la qualité des analyses thermographiques réalisables.

La caméra Flir T620 permet d'obtenir des images beaucoup plus fines et de percevoir des détails.

Avec la caméra implémentées sur le drone Anafi Thermal, la faible quantité de pixel réduit considérablement l'information. Ce capteur a cependant un énorme avantage, l'encombrement du vecteur : 315 grammes (hors batterie), qui facilite son transport et son utilisation en haute montagne. Malgré la faiblesse de la résolution des images thermiques du drone Anafi Thermal, les données qu'elles procure sont très facilement utilisables pour de l'analyse archéologique.

Géophysique

Cette année les premiers tests d'utilisation du **magnétomètre** ont été réalisés. L'utilisation de cet appareil est déjà maîtrisé par ailleurs. Le fait d'être en haute montagne ne change rien à la procédure d'acquisition et d'analyse des données.

Ce qui diffère par rapport aux interventions plus classiques (en plaine dans des champs labourés) est :

* le temps de transition d'une zone de relevé à l'autre est plus long en raison des difficultés de parcours (pente et obstacles).
* les choix des zones d'étude doit prendre en compte la pente, mais aussi tous les obstacles naturels de type chaos rocheux et blocs naturels qui parsèment les zones herbeuses et restreint parfois les zones de tests.

En 2022, l'accent sera placé sur l'utilisation des appareillages de géophysique.

Ainsi, la mise en œuvre du **géoradar s**era une des priorité de 2022. Parce-qu'il nécessite un héliportage (notamment pour le transport du chariot) et parce-que les secteurs d'acquisition sont contraints à des zones herbeuses sans cailloux ni rochers, son utilisation peut être restreinte. Toutefois, elle n'est pas impossible et les limites de son utilisation ne paraissent pas insurmontables.

La **prospection électrique** est également programmée en 2022. Cette méthode est parfaitement connue et maîtrisée par les géophysiciens quelque soit les terrains d'étude. Les conseils méthodologiques de Muriel Llubes du laboratoire GET (Géosciences Environnement Toulouse - UMR 5563) permettra d'assurer une procédure d'acquisition et de traitement adapté. Avec cet outil, ce qui sera particulièrement regardé sont les possibilités de détection des structures bâties partiellement ou totalement masquées par le recouvrement sédimentaire

XRF

Depuis 2018, les différents tests réalisés avec l'XRF ont été très concluants. Ils démontrent l'intérêt de cet outil pour la spatialisation des zones de stabulation en haute montagne.

En 2019, des tests d'association d'autres éléments chimique, comme le calcium, le potassium, le magnésium, le sodium ou le zinc, ont été réalisé afin de déterminer s'ils pourraient permettre une détection plus fine des aires de parcages.

En 2022, la poursuite de ces travaux sera engagé. Les forts questionnements relatifs aux structures d'habitat isolés pourraient trouver, au moins en partie, une solution. Cet appareillage permettrait également d'identifier des dynamiques dans les modes de gestion du territoire et des troupeaux enrichissant ainsi la réflexion autour des parcours.

Sondages de vérification

La variété des appareillages mit en œuvre, la maîtrise des chaînes opératoires permettent de percevoir autrement les structures archéologiques de haute montagne. Le recul est maintenant suffisant pour passer à l'étape de la validation des observations faites.

Ainsi, en 2022, nous souhaitons réaliser une série de sondages de vérification/validation.

Le territoire le plus propice à une telle approche archéologique (sondage) paraît être le replat de l'Auloueilh. L'ampleur et la profondeur temporelle, la variété des milieux (zone herbeuse, chaos rocheux, secteur de reprise végétal) et la diversité des structures archéologiques (taille, état de conservation, forme, façon architecturale), sa facilité d'accès et la présence d'un refuge en font une zone à privilégier.

Annexes

Annexes

Arrêté de la Préfecture d'Occitanie (n°76-2020-1119) du 30 décembre 2020 autorisant Mme Calastrenc a effectuer des prospection sur les territoires d'Enveitg (66) et Aulon (65) - code opération n° 1411373 **199**

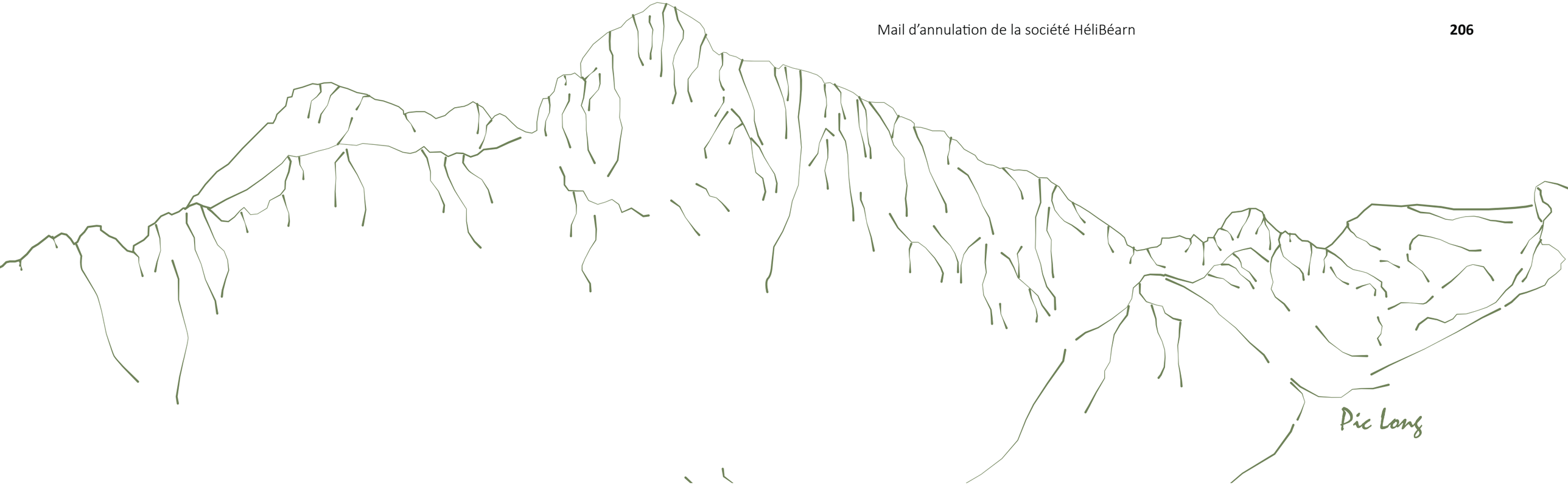
Tableau synthétique des structures archéologiques inventoriées sur le replat de l'Auloueilh (Réserve Naturelle d'Aulon- 65) **200-202**

Tableau synthétique des structures archéologiques inventoriées au Plaa de l'orri (Commune d'Enveitg- 66) **203**

Tableau synthétique des structures archéologiques inventoriées sur le secteur du Liantran (Commune d'Estaing- 65) **204**

Tableau synthétique des structures archéologiques inventoriées sur le secteur de La Glère (Estive d'Anéou- Commune de Laruns- 64) **205**

Mail d'annulation de la société HéliBéarn **206**



COPIE

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
PRÉFET DE LA RÉGION OCCITANIE

Arrêté n° 76-2020-1119 Du 30/12/2020
portant modification de l'arrêté 76-2020-0322 portant autorisation de prospection thématique.

Le Préfet de région ;

Vu le code du patrimoine et notamment son livre V ;

Vu l'arrêté préfectoral du 8 janvier 2020 portant délégation de signature à M. Michel ROUSSEL, Directeur régional des affaires culturelles ;

Vu l'arrêté R76-2020-01-13-002 du 13 janvier 2020 de M. Michel ROUSSEL, Directeur régional des affaires culturelles d'Occitanie, portant subdélégation de signature aux agents de la Direction régionale des affaires culturelles ;

Vu l'avis de la commission territoriale de la recherche archéologique (CTRA), Commission Sud-Ouest, en date du 27 mars 2020 ;

Vu le dossier, enregistré sous le n° PGR762020000052, de demande d'opération archéologique arrivé le 29 mai 2020 ;

Vu le courriel de demande de prorogation transmis par Carine Calastrenc en date du 12 novembre 2020,

Vu les prescriptions particulières, mentionnées à l'article 6 de l'arrêté 76-2020-0322, liées à l'état d'urgence sanitaire ;

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 de l'arrêté 76-2020-0322 jusqu'au 31 décembre 2021, sise en :
RÉGION : OCCITANIE
- DEPARTEMENT : HAUTES-PYRENEES
  COMMUNE : AULON
- DEPARTEMENT : PYRENEES-ORIENTALES
  COMMUNE : ENVEITG

Intitulé de l'opération : PT 2020 Programme télédétection archéologique en Haute et Moyenne montagne.
Programme de recherche : Axe 10. Espace rural, peuplement et productions agricoles aux époques gallo-romaine, médiévale et moderne.
Code de l'opération : **1411373**

Le reste sans changement.

Article 2 - 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 30/12/2020

Pour le Préfet de Région,
et par délégation,Pour le Directeur régional des affaires culturelles,
et par subdélégation
Le Conservateur régional de l'archéologie

Didier DELHOUME

Tableau synthétique des structures archéologiques inventoriées sur le replat de l'Auloueilh (Réserve Naturelle d'Aulon - 65)

Num_Struct	Etat de conservation	Identification fonctionnelle	Longueur	Largeur	Hauteur	Surface (m2)	Classe Chaos	Classe Superficie	Classe Rapport L/l	Classe Planéité	Hauteur normalisée	Classement Empirique	Analyse de Regroupement	Thiessen	CAH
1	Bon	Enclos	10,00	4,70	1,10	47,00	1	5	2	1	100	19	11	3	12
2	Bon	Enclos	13,00	16,00	1,30	208,00	1	5	1	1	100	19	11	3	12
3	Mauvais	Cabane	3,13	2,62	0,20	8,20	1	3	1	2	40	0	10	3	11
4	Mauvais	Cabane	7,55	7,58	0,46	57,24	1	5	1	2	60	0	10	3	11
5	Bon	Leyte	1,31	1,12	0,73	1,47	1	1	1	1	80	18	11	0	12
6	Bon	Leyte	1,29	1,12	0,73	1,44	1	1	1	1	80	18	11	0	12
7	Bon	Leyte	1,47	1,31	0,62	1,93	1	1	1	1	80	18	11	0	12
8	Bon	Leyte	1,78	1,26	0,79	2,24	1	2	1	1	80	18	11	0	12
9	Bon	Leyte	1,78	1,48	0,95	2,63	1	2	1	1	100	18	11	0	12
10	Bon	Leyte	0,90	0,70	0,72	0,63	1	1	1	1	80	18	11	0	12
11	Bon	Leyte	1,06	0,90	0,57	0,95	1	1	1	1	60	18	11	0	12
12	Moyen	Leyte	2,19	0,80	0,30	1,75	1	1	2	1	40	18	10	0	11
13	Mauvais	Cabane	11,72	4,04	0,63	47,35	1	5	2	2	80	0	10	42	12
14	Bon	Enclos	15,00	10,70	1,39	160,50	1	5	1	1	100	19	11	0	13
15	Bon	Enclos	11,74	7,62	1,27	89,46	1	5	1	1	100	19	11	0	13
16	Bon	Enclos	5,24	3,16	1,15	16,55	1	3	1	1	100	19	11	41	13
17	Bon	Enclos	12,71	3,16	1,39	40,14	1	5	3	1	100	19	11	0	13
18	Mauvais	Cabane	4,01	3,23	0,35	12,95	1	3	1	1	40	18	10	39	12
19	Mauvais	Cabane	2,38	2,15	0,66	5,12	1	2	1	2	80	18	10	38	12
20	Mauvais	Cabane	3,94	3,33	0,67	13,12	1	3	1	2	80	18	10	37	12
21	Mauvais	Cabane	4,95	3,42	0,57	16,93	1	3	1	2	60	18	10	36	12
22	Mauvais	Cabane	2,65	2,34	0,29	6,20	1	3	1	2	40	18	10	30	12
23	Mauvais	Cabane	2,88	2,59	0,29	7,46	1	3	1	2	40	18	10	32	12
24	Mauvais	Cabane	4,28	4,24	0,18	18,15	1	3	1	1	20	18	10	33	12
25	Bon	Mur	16,60	1,00	0,98	16,60	1	3	3	1	100	19	11	0	13
26	Mauvais	Indeterminee	3,35	5,24	0,93	17,55	1	3	1	1	100	0	10	35	12
27	Mauvais	Indeterminee	1,63	2,66	0,49	4,34	1	2	1	1	60	0	10	34	13
28	Bon	Abri	2,40	1,00	0,27	2,40	1	2	2	1	40	0	11	40	14
29	Bon	Indeterminee	9,24	4,27	0,28	39,45	1	4	2	1	40	0	11	40	14
30	Mauvais	Mur	18,90	0,70	0,23	13,23	1	3	3	1	40	0	12	42	15
31	Mauvais	Indeterminee	2,90	1,95	0,71	5,66	1	2	1	1	80	0	10	42	13
32	Mauvais	Enclos	20,94	8,58	0,28	179,67	1	5	2	1	40	2	12	0	15
33	Mauvais	Indeterminee	5,35	3,78	0,54	20,22	1	4	1	2	60	2	10	0	13
34	Mauvais	Indeterminee	6,38	4,85	0,31	30,94	1	4	1	2	40	2	10	0	13
35	Mauvais	Indeterminee	6,14	3,76	0,24	23,09	1	4	1	2	40	2	12	0	15
36	Moyen	Enclos	15,28	5,04	0,44	76,95	2	5	2	1	60	6	0	4	3
37	Moyen	Mur	11,27	0,80	0,29	9,02	2	3	3	1	40	6	0	4	3
38	Mauvais	Mur	8,76	0,59	0,01	5,17	2	2	3	1	20	6	0	4	3
39	Mauvais	Cabane	7,50	3,22	0,16	24,13	2	4	2	2	20	5	10	5	13
40	Moyen	Enclos	23,91	20,13	0,01	481,28	2	5	1	1	20	5	0	6	3
41	Moyen	Indeterminee	22,67	6,10	0,35	138,29	2	5	3	1	40	5	0	6	3
42	Mauvais	Mur	6,30	1,11	0,44	6,99	2	3	3	1	60	5	0	5	3
44	Mauvais	Mur	3,20	2,64	0,09	8,45	2	3	1	1	20	5	0	5	4
45	Mauvais	Enclos	6,11	4,34	0,52	26,52	2	4	1	1	60	5	0	5	4
46	Moyen	Enclos	8,83	6,62	0,38	58,45	2	5	1	1	40	5	0	5	4
47	Mauvais	Mur	11,46	0,60	0,24	6,88	2	3	3	1	40	5	0	5	4
48	Moyen	Indeterminee	7,41	2,81	0,50	20,82	2	4	2	2	60	5	10	6	14
49	Moyen	Mur	15,56	0,62	0,12	9,65	2	3	3	1	20	0	9	0	13
50	Mauvais	Indeterminee	4,63	3,46	0,19	16,02	2	3	1	1	20	0	8	28	12
51	Moyen	Cabane	10,49	5,54	0,51	58,11	2	5	1	0	60	7	8	13	12
52	Moyen	Cabane	11,81	5,16	0,16	60,94	2	5	2	0	20	7	8	10	12
53	Moyen	Enclos	12,14	6,17	0,65	74,90	2	5	1	0	80	7	8	12	12
54	Moyen	Cabane	6,10	4,76	0,41	29,04	2	4	1	0	60	7	8	13	12
55	Moyen	Mur	3,44	1,00	0,54	3,44	2	2	3	0	60	7	9	13	13
56	Moyen	Mur	4,30	1,00	0,54	4,30	2	2	3	0	60	7	9	13	13
57	Moyen	Mur	7,20	1,00	0,54	7,20	2	3	3	0	60	7	9	13	13
58	Moyen	Mur	15,47	1,00	0,54	15,47	2	3	3	0	60	7	9	13	13
59	Moyen	Mur	6,32	0,81	0,25	5,12	2	2	3	0	40	7	9	13	13
60	Moyen	Mur	7,88	1,00	0,54	7,88	2	3	3	0	60	7	9	13	13
61	Moyen	Mur	5,60	1,00	0,54	5,60	2	2	3	0	60	7	9	13	13
62	Moyen	Mur	8,38	6,79	0,40	56,90	2	5	1	0	40	7	8	12	12
63	Moyen	Cabane	6,77	6,49	0,10	43,94	2	5	1	0	20	7	8	12	12
64	Mauvais	Abri	3,77	3,52	0,01	13,27	3	3	1	1	20	0	5	14	9
65	Mauvais	Cabane	5,64	3,88	0,54	21,88	1	4	1	2	60	0	5	14	9
66	Moyen	Enclos	8,90	1,18	0,18	10,50	2	3	3	0	20	8	9	11	13
67	Moyen	Cabane	4,33	3,77	0,54	16,32	2	3	1	0	60	8	8	11	12
68	Mauvais	Enclos	4,77	2,79	0,48	13,31	2	3	1	1	60	3	8	24	12
69	Mauvais	Enclos	4,10	4,05	0,14	16,61	2	3	1	1	20	3	8	25	13
70	Moyen	Enclos	5,25	4,85	0,01	25,44	2	4	1	2	20	11	8	9	13
71	Mauvais	Indeterminee	2,16	2,02	0,01	4,36	2	2	1	0	20	0	8	0	13
72	Mauvais	Enclos	10,25	7,05	0,67	72,26	2	5	1	0	80	11	8	9	13
73	Mauvais	Cabane	4,54	4,37	0,39	19,84	2	3	1	0	40	12	8	9	13
74	Bon	Enclos	10,58	4,40	0,01	46,55	2	5	2	0	20	9	8	8	13
75	Mauvais	Cabane	4,15	3,27	0,01	13,57	2	3	1	0	20	9	8	8	13
76	Mauvais	Mur	33,84	0,80	0,37	27,07	2	4	3	0	40	9	9	8	14
77	Mauvais	Mur	3,05	1,21	0,28	3,69	2	2	2	0	40	9	8	8	13
78	Mauvais	Enclos	6,54	4,01	0,52	26,23	2	4	1	0	60	9	8	8	13
79	Mauvais	Indeterminee	6,52	0,86	0,05	5,61	2	2	3	0	20	7	9	13	14
80	Bon	Mur	1,04	0,62	0,46	0,64	1	1	1	1	60	19	11	41	16
81	Mauvais	Cabane	2,40	1,70	0,10	4,08	1	2	1	2	20	18	10	31	15
82	Mauvais	Enclos	5,41	5,71	0,01	30,89	1	4	1	1	20	2	12	0	17
83	Mauvais	Cabane	6,45	3,46	1,05	22,32	2	4	1	2	100	5	0	6	5
84	Mauvais	Indeterminee	4,88	2,38	0,69	11,61	2	3	2	1	80	5	0	6	5
85	Mauvais	Indeterminee	8,02	3,49	0,40	27,98	2	4	2	1	60	5	0	6	5
86	Moyen	Mur	7,76	0,58	0,01	4,50	1	2	3	0	20	7	9	13	14
87	Mauvais	Mur	10,90	1,00	0,85	10,90	1	3	3	0	100	7	9	13	14
88	Mauvais	Mur	6,00	0,95	0,33	5,70	1	2	3	0	40	7	9	10	14
89	Moyen	Enclos	8,76	7,29	0,32	63,86	2	5	1	0	40	8	8	11	14
90	Moyen	Mur	7,46	40,00	0,48	298,40	2	5	1	0	60	10	8	26	14
91	Moyen	Enclos	16,15	5,15	0,29	83,17	1	5	2	0	40	7	8	10	14
92	Mauvais	Mur	5,77	1,20	0,22	6,92	2	3	3	1	40	11	8	9	14
93	Moyen	Cabane	5,19	4,09	0,78	21,23	2	4	1	2	80	11	8	9	14
94	Mauvais	Enclos	12,00	10,00	0,06	120,00	1	5	1	1	20	5	7	2	13
95	Mauvais	Enclos	10,22	3,97	0,01	40,57	1	5	2	1	20	14	7	1	13
96	Mauvais	Indeterminee	1,78	0,98	0,20	1,74	1	1	1	1	40	5	7	2	13
97	Mauvais	Enclos	8,00	8,00	0,01	64,00	1	5	1	1	20	14	7	2	13
98	Moyen	Enclos	19,30	11,00	0,95	212,30	1	5	1	1	100	14	7	2	13
99	Mauvais	Enclos	24,36	21,74	0,31	529,45	1	5	1	1	40	14	7	1	13
100	Mauvais	Enclos	15,87	7,67	0,35	121,69	1	5	2	1	40	14	7	1	13
101	Moyen	Indeterminee	5,17	2,55	0,80	13,16	1	3	2	1	100	14	7	1	13
102	Moyen	Cabane	8,23	2,63	0,41	21,66	1	4	2	2	60	14	7	1	13
103	Mauvais	Cabane	4,53	2,14	0,25	9,71	1	3	2	1	40	14	7	1	13
104	Moyen	Enclos	12,52	10,52	0,01	131,71	3	5	1	1	20	4	6	7	12
105	Moyen	Cabane	9,30	3,23	0,01	30,04	3	4	2	1	20	4	6	7	12
106	Moyen	Mur	2,15	0,80	0,01	1,72	3	1	2	1	20	4	6	7	12
107	Moyen	Mur	7,55	0,54	0,05	4,08	3	2	3	1	20	4	6	0	12
108	Moyen	Cabane	3,22	2,78	0,35	8,95	3	3	1	1	40	4	6	43	12
109	Moyen	Cabane	3,27	2,61	0,05	8,55	3	3	1	1	20	4	6	44	12
110	Moyen	Indeterminee	1,43	1,04	0,04	1,48	3	1	1	1	20	4	6	43	12
111	Moyen	Indeterminee	10,43	7,20	0,01	75,14	3	5	1	1	20	4	6	43	12
112	Moyen	Indeterminee	5,56	2,71	0,01	15,03	3	3	2	2	20	4	6	45	12
113	Moyen	Mur	4,28	0,80	0,01	3,42	2	2	3	0	20	10	8	26	14
114	Bon	Indeterminee	4,54	1,84	0,01	8,35	2	3	2	0	20	0	8	23	14
115	Mauvais	Cabane	1,94	1,81	0,01	3,51	2	2	1	0	20	0	8	23	15
116	Moyen	Indeterminee	10,55	4,22	0,01	44,52	2	5	2	0	20	12	8	9	15
117	Mauvais	Cabane	3,35	2,65	0,01	8,88	2	3	1	0	20	5	8	22	15
118	Moyen	Cabane	4,56	2,66	0,01	12,13	1	3	1	2	20	0	8	27	15
119	Moyen	Cabane	9,71	5,43	0,01	52,73	2	5	1	0	20	10	8	26	15
120	Moyen	Enclos	10,95	9,22	0,01	100,96	2	5	1	0	20	10	8	26	15
121	Moyen	Indeterminee	7,97	1,58	0,31	12,59	2	3	3	0	40	5	9	12	16
122	Bon	Cabane	13,22	10,49	0,60	138,68	1	5	1	0	80	7	8	13	15
123	Mauvais	Mur	11,27	9,33	0,01	105,16	1	5	1	0	20	7	8	10	15
124	Moyen	Cabane	6,73	4,67	0,50	31,46	2	4	1	0	60	8	8	11	15
125	Moyen	Mur	5,17	1,24	0,01	6,41	2	3	3	0	20	8	9	11	16
126	Moyen	Mur	6,23	1,36	0,80	8,46	2	3	3	0	100	8	9	12	16
127	Moyen	Cabane	3,00	2,96	0,15	8,88	2	3	1	0	20	8	8	12	15
128	Moyen	Cabane	7,90	4,16	0,35	32,86	2	4	1	0	40	8	8	12	15
129	Moyen	Cabane	5,23	3,71	0,56	19,40	3	3	1	2	60	17	4	15	11
130	Mauvais	Enclos	14,74	10,78	0,01	158,90	1	5	1	1	20	17	4	15	11
131	Moyen	Mur	2,42	0,58	0,01	1,40	2	1	3	0	20	8	0	11	8
132	Moyen	Mur	5,25	1,68	0,26	8,82	2	3	2	0	40	8	8	11	16
133	Mauvais	Mur	3,00	0,82	0,05	2,45	1	2	3	1	20	17	4	15	12
134	Moyen	Cabane	3,82	1,29	0,01	4,93	2	2	2	0	20	8	8	12	16
135	Moyen	Mur	10,23	0,47	0,25	4,81	2	2	3	0	40	8	9	12	17
136	Moyen	Enclos	14,12	9,04	0,89	127,57	2	5	1	1	100	13	3	17	11

137	Moyen	Indeterminee	2,76	2,41	0,32	6,65	2	3	1	1	40	13	3	17	11
138	Moyen	Mur	7,22	0,70	0,20	5,05	2	2	3	1	40	0	3	17	11
139	Moyen	Enclos	13,22	11,85	0,28	156,66	2	5	1	1	40	16	2	18	10
140	Moyen	Enclos	14,87	11,26	0,31	167,44	2	5	1	1	40	16	2	18	10
141	Moyen	Mur	13,67	0,85	0,30	11,62	2	3	3	1	40	16	2	18	10
142	Moyen	Mur	13,31	0,70	0,09	9,32	2	3	3	1	20	16	2	18	10
143	Moyen	Cabane	6,20	5,82	0,59	36,08	2	4	1	0	60	15	2	19	10
144	Mauvais	Cabane	3,51	2,55	0,05	8,95	2	3	1	0	20	15	2	20	10
145	Moyen	Indeterminee	7,17	3,53	0,01	25,30	2	4	2	0	20	15	2	19	10
146	Moyen	Mur	2,12	1,45	0,05	3,07	1	2	1	0	20	15	2	21	10
147	Mauvais	Cabane	5,11	3,02	0,10	15,43	3	3	1	1	20	16	1	18	9
148	Mauvais	Cabane	6,30	5,06	0,01	31,88	1	4	1	1	20	1	1	18	9
149	Mauvais	Cabane	7,32	4,03	0,01	29,45	1	4	1	1	20	1	1	18	9
150	Mauvais	Cabane	6,34	6,11	0,01	38,71	1	4	1	1	20	1	1	18	9
151	Mauvais	Indeterminee	7,90	5,32	0,01	42,03	1	5	1	1	20	1	1	18	9
152	Mauvais	Cabane	10,89	6,54	0,30	71,22	1	5	1	1	40	1	1	18	9
153	Mauvais	Indeterminee	7,38	4,37	0,01	32,25	1	4	1	1	20	1	1	18	9
154	Mauvais	Enclos	14,39	8,79	0,01	126,49	1	5	1	1	20	17	4	16	12
155	Mauvais	Enclos	10,18	3,82	0,01	38,89	1	4	2	1	20	14	7	2	15
156	Mauvais	Enclos	12,14	4,31	0,23	52,28	1	5	2	1	40	2	10	0	18
157	Mauvais	Cabane	5,18	3,80	0,01	19,68	1	3	1	1	20	18	10	29	18

Tableau synthétique des structures archéologiques inventoriées sur le Plaa de l'orri (Commune d'Enveitg - 66)

Numéro Structure	Numéro Entité Pastorale	Type	Validité du Type	Etat de conservation	Forme	Z	X	Y
160	E20	cabane	bonne	bon	ovale	2106,8745	608405,518300	6156588,786900
39	E88	cabane	bonne	mauvais	ovale	2088,2551	608244,098600	6156421,071700
40	E102	enclos	bonne	moyen	ovoide	2080,1282	608202,075200	6156384,347700
41	E88	mur	bonne	moyen	lineaire	2086,3330	608237,887900	6156402,165800
42	E102	mur	bonne	moyen	lineaire	2082,1379	608200,950200	6156389,975600
43	E102	mur	bonne	moyen	lineaire	2085,2122	608201,425300	6156402,334600
44	E88	mur	bonne	mauvais	lineaire	2089,2678	608241,933000	6156432,590700
45	E102	cabane	bonne	bon	carre	2080,3049	608250,098400	6156379,121800
46	E102	mur	moyenne	moyen	lineaire	2087,5876	608203,152700	6156407,330300
123	E3	cabane	bonne	bon	carre	2108,4600	608168,096200	6156512,389600
124	E19	indetermine	bonne	moyen	carre	2106,2866	608174,322700	6156506,902300
126	E119	enclos	bonne	moyen	ovoide	2099,2573	608167,761300	6156466,559500
127	E3	enclos	bonne	bon	ovale	2103,7458	608166,330900	6156491,396300
161	E2	cabane	bonne	bon	carre	2104,6682	608412,354100	6156576,664800
172	E100	cabane	bonne	moyen	circulaire	2105,3228	608384,275300	6156592,187800
173	E101	cabane	bonne	moyen	rectangulaire	2106,5461	608176,353500	6156522,837000
174	E101	cabane	bonne	moyenne	rectangulaire	2107,8940	608168,607300	6156523,159100
203	E1	enclos	bonne	bon	ovoide	2107,2600	608530,404800	6156639,426700
204	E1	enclos	bonne	bon	ovoide	2094,6309	608525,885000	6156578,522900
205	E1	cabane	bonne	bon	circulaire	2108,5571	608491,415400	6156609,599900
301	E128	enclos	moyen	mauvais	rectangulaire	2104,0813	608369,272900	6156590,760000
302	E128	cabane	bonne	moyen	mauvaise	2104,8271	608365,058700	6156597,490400
303	E128	cabane	bonne	moyen	circulaire	2104,8167	608364,923000	6156598,096700
304	E128	cabane	bonne	mauvais	circulaire	2104,8669	608366,028400	6156595,931200
306	E1	indetermine	bonne	moyen	rectangulaire	2098,7231	608558,980900	6156606,566800
307	E119	cabane	moyenne	moyen	ovoide	2100,2539	608164,201200	6156475,061300
308	E103	cabane	moyenne	moyen	carre	2100,3340	608167,353200	6156473,364900
329	E130	cabane	bonne	moyen	circulaire	2091,5017	608231,594400	6156438,315600
330	E1	cabane	bonne	bon	rectangulaire	2109,0640	608542,592300	6156669,134400
1000	E1000	mur	mauvaise	mauvaise	lineaire	2099,8853	608218,027500	6156504,065100
1001	E1000	mur	mauvaise	mauvaise	lineaire	2097,4602	608246,540000	6156515,689500
1002	E1001	cabane	moyenne	mauvaise	circulaire	2096,7603	608226,581400	6156483,215800
1004	E1002	cabane	moyenne	mauvaise	circulaire	2097,0950	608218,903300	6156476,040900
1006	E1004	cabane	mauvaise	mauvaise	rectangulaire	2109,4089	608513,351300	6156646,750900
1005	E1003	cabane	mauvaise	mauvaise	rectangulaire	2095,7551	608496,400200	6156569,627400
1006	E1006	indetermine	moyenne	mauvaise	rectangulaire	2102,1089	608408,582500	6156569,710000
1007	E1007	indetermine	mauvaise	mauvaise	rectangulaire	2083,3181	608190,019100	6156399,426700
1008	E1008	indetermine	mauvaise	mauvaise	lineaire	2077,4492	608185,460800	6156382,078900
1009	E1009	indetermine	mauvaise	mauvaise	lineaire	2089,0444	608236,667400	6156420,364500
1010	E1010	indetermine	mauvaise	mauvaise	lineaire	2092,1973	608212,373800	6156437,286300

Tableau synthétique des structures archéologiques inventoriées sur le Liantran (Commune d'Enstaing - 65)

Num	Type	Etat de conservation	Hauteur	Largeur	Validité identification	Datation	X	Y	Z
1	Cabane	Tres bon	1,00000000000	0,74000000000	Tres bon	Tres recent	435203,3912	6200383,3916	1875,4999
2	Cabane	Moyen	38,00000000000	0,63000000000	Tres bon	Recent	435196,8357	6200374,6528	1878,2286
3	Cabane	Tres bon	1,20000000000	1,10000000000	Tres bon	Recent	435197,6876	6200344,4014	1878,1438
4	Cabane	Bon	0,32000000000	0,64000000000	Bon	Recent	435211,8949	6200360,7792	1876,3423
5	Cabane	Tres bon	1,00000000000	0,80000000000	Tres bon	Recent	435228,5981	6200358,3957	1875,4338
6	Cabane	Mauvais	0,26000000000	0,00000000000	Tres bon	Ancien	435290,4790	6200410,2417	1866,5802
7	Cabane	Mauvais	0,37000000000	1,60000000000	Tres bon	Ancien	435250,7007	6200404,0889	1868,9349
8	Cabane	Bon	0,45000000000	1,00000000000	Tres bon	Recent	435246,0174	6200364,3839	1872,2826
10	Leyte	Moyen	0,14000000000	0,00000000000	Tres bon	Tres recent	435253,8040	6200388,9492	1867,7068
11	Leyte	Moyen	0,14000000000	0,00000000000	Tres bon	Tres recent	435252,1669	6200385,2747	1868,1404
12	Leyte	Moyen	0,14000000000	0,00000000000	Tres bon	Tres recent	435251,1076	6200384,6249	1868,5645
14	Enclos	Moyen	0,08000000000	0,50000000000	Tres bon	Ancien	435254,0877	6200421,9131	1863,8115
15	Enclos	Tres bon	0,12000000000	0,70000000000	Tres bon	Ancien	435260,5039	6200411,3125	1865,4688
16	Enclos	Moyen	0,33000000000	0,60000000000	Tres bon	Ancien	435291,5409	6200407,5876	1867,7035
17	Indetermine	Mauvais	0,26000000000	0,80000000000	Bon	Ancien	435295,5002	6200406,6448	1867,1290
18	Indetermine	Moyen	0,28000000000	0,40000000000	Tres bon	Ancien	435295,8192	6200410,3116	1866,7546
19	Mur	Tres bon	0,38000000000	1,20000000000	Tres bon	Recent	435284,6635	6200350,6783	1871,7523
20	Enclos	Moyen	0,31000000000	0,70000000000	Tres bon	Ancien	435268,4964	6200382,9957	1868,3834
21	Enclos	Bon	0,65000000000	0,50000000000	Tres bon	Recent	435248,9710	6200365,7115	1872,6017
22	Enclos	Tres bon	0,56000000000	1,00000000000	Tres bon	Recent	435241,1032	6200384,2393	1869,3876
23	Enclos	Tres bon	0,44000000000	0,60000000000	Tres bon	Recent	435233,8912	6200373,2892	1872,4540
24	Enclos	Tres bon	0,49000000000	0,60000000000	Tres bon	Recent	435220,8708	6200370,7072	1874,6135
25	Enclos	Tres bon	0,50000000000	0,60000000000	Tres bon	Recent	435220,1428	6200384,6133	1873,0903
26	Indetermine	Tres bon	0,67000000000	0,40000000000	Tres bon	Recent	435233,7607	6200388,8639	1870,3125
28	Enclos	Tres bon	1,00000000000	0,75000000000	tres bon	Recent	435233,6912	6200356,6653	1874,9174
29	Enclos	Tres bon	0,75000000000	0,50000000000	Tres bon	Recent	435235,7696	6200339,6669	1877,1940
30	Enclos	Tres bon	0,61000000000	0,50000000000	Tres bon	Recent	435238,7788	6200345,5984	1875,7522
31	Indetermine	Tres bon	0,90000000000	0,50000000000	Tres bon	Recent	435246,3880	6200341,3537	1875,4012
32	Enclos	Bon	0,39000000000	0,60000000000	Bon	Recent	435250,5398	6200329,3175	1875,5693
33	Enclos	Bon	0,89000000000	0,50000000000	Tres bon	Recent	435240,0258	6200323,3948	1876,6654
34	Enclos	Bon	0,52000000000	0,60000000000	Tres bon	Recent	435181,1993	6200322,0512	1879,7579
35	Enclos	Tres bon	0,30000000000	0,30000000000	Tres bon	Recent	435167,5222	6200337,6079	1879,9496
36	Enclos	Tres bon	1,00000000000	0,60000000000	Tres bon	Recent	435189,0064	6200352,6290	1878,0333
38	Enclos	Bon	0,43000000000	0,60000000000	Tres bon	Recent	435175,6179	6200352,5304	1880,1229
39	Enclos	Moyen	0,47000000000	0,60000000000	Tres bon	Recent	435172,0856	6200378,8595	1880,5638
40	Enclos	Moyen	0,80000000000	0,60000000000	Tres bon	Recent	435160,2353	6200383,5766	1882,8081
42	Enclos	Moyen	0,60000000000	0,68000000000	Tres bon	Recent	435197,1663	6200404,8035	1881,3823
43	Enclos	Bon	0,98000000000	0,70000000000	Tres bon	Recent	435128,4535	6200402,1382	1892,7819
44	Enclos	Bon	0,51000000000	0,50000000000	Tres bon	Recent	435134,2550	6200318,0530	1880,8331
45	Enclos	Bon	0,40000000000	0,80000000000	Tres bon	Ancien	435072,8561	6200328,5242	1886,2100
46	Enclos	Tres bon	0,80000000000	0,60000000000	Tres bon	Recent	435188,3823	6200386,6847	1878,1604
47	Enclos	Tres bon	0,64000000000	0,60000000000	Tres bon	Recent	435216,9775	6200397,3828	1873,4391
48	Enclos	Tres bon	0,64000000000	0,60000000000	Moyenne	Indeterminee	435218,3553	6200396,2118	1872,6198
49	Couloir	Tres bon	1,50000000000	0,80000000000	Bon	Tres recent	435206,1730	6200336,5344	1878,4515
50	Couloir	Bon	0,27000000000	0,50000000000	Tres bon	Recent	435184,2544	6200360,5472	1880,3074
50	Couloir	Bon	0,27000000000	0,50000000000	Tres bon	Recent	435186,7760	6200365,8216	1880,9556
51	Couloir	Tres bon	0,66000000000	0,70000000000	Bon	Recent	435234,9371	6200326,6363	1876,6217
52	Mur	Mauvais	0,01000000000	0,10000000000	Mauvais	Ancien	435263,6089	6200370,2426	1870,1451
53	Enclos	Tres bon	0,35000000000	0,50000000000	Tres bon	Recent	435234,0982	6200347,2357	1876,4139
54	Mur	Mauvais	0,01000000000	0,10000000000	Mauvais	Ancien	435263,2745	6200372,8042	1869,9304
55	Indetermine	Moyen	28,00000000000	0,60000000000	Tres bon	Recent	435172,5124	6200337,5529	1879,0979
57	Indetermine	Moyen	0,34000000000	0,60000000000	Tres bon	Ancien	435220,4414	6200354,0889	1876,5057
58	Indetermine	Moyen	0,34000000000	0,66000000000	Tres bon	Ancien	435209,3262	6200346,6077	1879,6201
59	Indetermine	Tres bon	0,18000000000	0,60000000000	Tres bon	Tres recent	435210,8987	6200340,1972	1879,1229
61	Enclos	Tres bon	0,55000000000	0,60000000000	Tres bon	Recent	435166,5328	6200325,2549	1882,3378
62	Enclos	Bon	0,34000000000	0,70000000000	Tres bon	Ancien	435135,1148	6200333,0759	1883,3771
63	Mur	Moyen	10,00000000000	1,18000000000	Moyen	Ancien	435257,7304	6200409,1364	1866,8807
67	Indetermine	Mauvais	0,00500000000	0,00000000000	Tres bon	Tres ancien	435250,2235	6200369,5377	1871,1145
68	Indetermine	Mauvais	0,10000000000	0,00000000000	Tres bon	Tres ancien	435290,7221	6200415,2359	1866,2899
69	Indetermine	Mauvais	0,10000000000	0,00000000000	Tres bon	Tres ancien	435300,7342	6200421,7659	1865,3379
70	Leyte	Moyen	0,85000000000	0,00000000000	Tres bon	Tres recent	435252,0706	6200382,9847	1869,1409
71	Leyte	Moyen	0,00500000000	0,00000000000	Tres bon	Tres recent	435254,4964	6200384,2161	1867,8535
72	Leyte	Moyen	0,24000000000	0,00000000000	Tres bon	Tres recent	435259,2209	6200386,8449	1867,6870
73	Leyte	Moyen	0,20000000000	0,00000000000	Tres bon	Tres recent	435259,9524	6200388,3026	1867,4622
580	Indetermine	Moyen	0,34000000000	0,66000000000	Tres bon	Ancien	435211,1154	6200353,7171	1877,1725

Tableau synthétique des structures archéologiques inventoriées sur le secteur La Glère (Estive d'Anéou - Commune de Laruns - 66)

Numéro structure	X	Y	Z
206	418591,641900	6196520,205000	1856,814819
207	418592,066100	6196510,537400	1858,213867
208	418587,371000	6196502,917400	1858,576782
209	418604,948000	6196500,871900	1856,690674
210	418605,614100	6196503,841000	1856,735840
211	418605,521800	6196507,331200	1856,709106
212	418615,366400	6196501,316100	1855,496704
213	418615,383400	6196504,409500	1855,639526
214	418655,172400	6196503,248100	1847,685547
215	418615,246800	6196509,095300	1854,849365
216	418609,802300	6196489,222400	1854,574707
217	418619,498200	6196489,669600	1854,100098
218	418600,617700	6196496,718000	1856,473022
219	418601,347900	6196495,571900	1856,275269
220	418581,749400	6196534,662300	1856,855103
221	418585,744700	6196534,066200	1856,605957
315	418588,716600	6196538,914200	1855,893066
317	418548,786800	6196546,901300	1862,699585
318	418535,316700	6196509,645500	1864,988525
319	418533,564300	6196519,500500	1865,976807
320	418523,941400	6196522,796000	1866,506470
321	418450,004200	6196484,850900	1867,394775
322	418443,676300	6196490,106900	1868,365356
323	418422,502500	6196467,897100	1876,172852
324	418481,295700	6196444,940400	1864,233643
327	418506,580300	6196519,996100	1868,874023
328	418496,118900	6196524,246200	1869,996216
360	418505,893100	6196528,476500	1868,909302
361	418503,356500	6196518,546800	1868,926392
362	418503,135900	6196527,139100	1869,645142
363	418498,757200	6196516,728400	1869,022095
365	418545,500200	6196503,473500	1862,079224
366	418559,957600	6196490,232900	1857,470825
372	418560,166700	6196502,406700	1860,701782
372	418555,124700	6196499,613100	1860,284546
373	418568,834900	6196499,673600	1859,282227
375	418657,825600	6196530,616100	1850,256958
376	418693,957100	6196520,849300	1846,106445
377	418690,869800	6196521,023500	1845,785645
379	418679,386800	6196519,534200	1846,265869
379	418678,588000	6196519,214900	1846,255005
380	418677,094500	6196519,981700	1846,345703
381	418740,597400	6196509,928000	1840,153320
382	418737,221800	6196508,993400	1840,139526
383	418791,092000	6196490,834000	1830,443237
384	418796,837500	6196489,750500	1830,007690
385	418799,946300	6196485,872900	1829,121582
386	418787,821100	6196497,261500	1832,490723
387	418777,135300	6196495,519900	1832,741089
388	418771,807400	6196496,202600	1833,173584
389	418551,510100	6196550,155900	1862,645996
390	418570,276900	6196557,594200	1861,919922
800	418824,211800	6196490,553200	1828,555176
802	418535,537700	6196502,018800	1862,489868
803	418565,606400	6196511,719900	1862,314087
804	418520,835600	6196520,886900	1867,197998
805	418521,465500	6196516,549900	1867,079956

Courrier d’annulation des héliportages prévues sur Enveitg

Mission annulée 15/10

De: Hélibéarn Opérations <ops@helibearn.fr>
À: 'Carine Calastrenc' <carine.calastrenc@univ-tlse2.fr>
Cc: philippe.helibearn@gmail.com
Sujet: Mission annulée 15/10
Date: Jeudi, 14 Octobre 2021 16:54
Taille: 161 Ko

Bonjour,

Nous vous confirmons par ce mail l’annula on votre mission prévue ce vendredi 15 sur Enveitg
Nous sommes navrés de vous informer au dernier moment. Notre atelier nous a confirmé que cet après-midi que l’hélicoptère devait être rentré au plus tard à 12h.
Nous sommes contraints d’annuler tous nos vol de l’après-midi.

Nous vous souhaitons une bonne fin de journée.

Cordialement,
Sandra PAUL
Coordinatrice Opéra ons Héli-Béarn

Bibliographie et liste des figures

Bibliographie et liste des figures

Références bibliographique **213-221**

Liste des figures **223-230**

Références bibliographiques

- Agapiou, A., Hadjimisis, D. G., & Alexakis, D. D. (2012). Evaluation of Broadband and Narrowband Vegetation Indices for the Identi cation of Archaeological Crop Marks. *Remote Sensing*, 3892-3919. doi:10.3390/rs4123892

- Agapiou, A., Lysandrou, V., Lasaponara, R., Masini, N., & Hadjimitsis, 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

- Bal, M.−C., Rendu C., Ruas M.−P., Campmajo P. (2010). 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 e ects on LAI and APAR estimation. *Geoscience and Remote Sensing Symposium, 1989. IGARSS'89. 12th Canadian Symposium on Remote Sensing*, (pp. 1355-1358).

- Bellerby, T., Noel, M., & Branigan, K. (1990, Août). A THERMAL METHOD FOR ARCHAEOLOGICAL PROSPECTION: PRELIMINARY INVESTIGATIONS. Archaeometry, 32(2), pp. 191-203.

- Bertoncello. F, Tannier. C, Gandini. C, Con gurations spatiales et hiérarchiques du peuplement antique : des indicateurs quantitatifs pour une con guration 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

- 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 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, 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 - Benasuqe (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.

- 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).

- DGM, AB, & RM. (sd). CloudCompare - Manuel d'utilisateur de la version 2.4. 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 télédétéction multisources. Extraction de caractéristiques dy paysage (HDR).* Toulouse: Laboratoire CESBIO.

- Elliott, S., Bendrey, R., Whitlam, J., Rauf Aziz, K., & Evans, J. (2014). Preliminary ethnoarchaeological researchon 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.

- Fernández Lozanoa, J., & Gutiérrez Alonso, G. (2016). Improving archaeological prospection 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., Dousteyssier, B., Vautier, F., Roussel, E., Toumazet, J.-P., Faure, M., et al. (2014). Archaeomophological 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., Dousteyssier, 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

- Gassia Casas, D. (2018). Arqueologia d'un territorio d'alta montanya del Pirineu central. Persones, ramats i prats al llarg de la historia al Parc Nacional d'Aigüestortes ii Estany de Sant Maurici (Mémoire de thèse). Barcelona: Universitat Autonoma de Barcelona.

- Gassiot Ballbè, E. (2016). *Arqueologia del pastoralisme en el Parque Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici Montanas humanizadas.* Ministerio de agricultura y pesca, alimentacion y medio ambiante.

- 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., Rodriguez, D., Obea, L., Mazzucco, N., Clemente, I., Quesada, M., et al. (2016). Montañas humanizadas. Arqueologia del pastoralismo en el Parque Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici. Red de Parques Nacionales.

- Gassiot, E., Rodríguez-Antón, D., Burjachs, F., Antolín, F., & Ballesteros, A. (2012). Poblamiento explotacion y entorno natural de los estados alpinos y subalpinos del Pirineo central durante la primera mitad del Holoceno. Revisata Cuaternario y Geomorfologia, 26(3-4), 29-45.

- Gassiot, E., Rodríguez-Antón, D., Pèlachs, A., Pérez Obiol, R., Julià, R., Bal, M. C., et al. (2013). La alta montaña durante la Prehistoria : 10 años de investigacion 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..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 intreoductif à la télédétection. Récupéré sur https://tice.agroparistech.fr/coursenligne/main/document/showinframes.php?cidReq=TELEDETECTION&&curdirpath=/cours_teledetection& le=/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

- 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.

- Harrault, L., Aronsson, K., Domene Lopez, G., Milek, K., & Anderson, D. (2017). Geoarchaeological 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.

- Hesse, R. (2010). LiDAR-derived Local Relief Models – a new tool for archaeological prospection. *Archaeological prospection*, 67-72.

- Hesse. (s.d.).

- 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-bene t analysis of remote sensing application in cultural resource mangement archaeology. In J. Jonhson, Remote sensing in archaeology. An explicitly north americain 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. (2012). 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. SAouthampton: Graeme et al edition.

- 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 rst 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). Identi cation of Archaeological Buried Remains. *IEE Geoscience and Remonte Sensing, 3*(3), 325-328.

- Le Couédic M, R. C. (2016). Le Couédic M, Rendu C, Garcia Casas D, Gassiot Ballbè E, Calastrenc C, et al., (2016), Comparer et modéliser les sites, les territoires et les systèmes pastoraux pyrénéens dans la diachronie: présentation et premiers résultats du projet collaboratif DEPAR. In Pays Pyrénéens et environnement (pp. 321-338). Bagnères-de-Bigorre.

- 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 phosphoirus analysis as an integrative too for recongnizing 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. Geogra ska 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

- 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.

- Météosat seconde génération, U. P. (s.d.). Métésat Seconde Génération. (U. P. 1, Éd.) Paris. Récupéré sur https://e-cours.univ-paris1.fr/modules/uved/envcal/html/vegetation/index.html

- 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.

- 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.

- 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.

- 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. Tour: 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 dé ts d'une approche multisource 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). Lilles.

- 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, 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 , 20 (4), pp. 303-307.

- 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 Classi cation of Medieval Demesne-Farming Systems. Transactions of the Institute of British Geographers, 17(2), 227–245. https://doi.org/10.2307/622548

- 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 fûr 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).

- Reitmaier, T., Lambers, K., Walser, C., Zingman, I., Haas, J., Dietre, B., … Kalser, T. (2013). Alpine archeology in the Silvretta (Vol. 36).

- Rendu. C, 2021, Habilitation à diriger des recherches. Spécialité : Archéologie. La fabrique des espacves d'altitude. Un parcours pyrénéen entre pastoralisme et agriculture. Vol1 et 2, Muséum d'Histoire Naturelle de 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., PassariusS 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 elds 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, premie. Table ronde de Lattes (pp. 147-157). Lattes: Archéologie du Midi Médiéval.

- Rendu, C. (2003). La montagne d'Enveitg. Une estive pyrénéenne dans la longue durée. Perpignan: Trabucaire.

- Rendu, C. (2003). Pour faire le portait d'une montagne. Ombres et lumières autour d'Enveitg (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, Medival rural settlement in marginal landscape. Ruralia VII (pp. 235-251). Cardi : 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.

- Roman, A., Ursu, T.-M., Lăzărescu, V.-A., Opreanu, C. H., & Fărcaş, 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). Quanti cation de la robustesse du paysage pour l'analyse de l'habitat animal: une étude de cas utilisant le mou on d'Amérique dans le désert de Mojave. Journal of Wildlife Management , 1419-1426.

- Selskienļ, A., Simnikytļ-Strimaitienļ, A., VaiĶi¹nienļ, J., Paktas, V., KarpaviĶienļ, V., & Giraitis, R. (2017). Phosphorus in archaeological soil: comparison of. chemija, 28(3), 160-171. Rķcupķrķ 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

- 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

- 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 eld test procedure for archaeological site analysis at Piedras Negras, Guatemala. Geoarchaeology.

- Thirion-Merle, V. (2014). Spectrométrie de uorescence 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.agroti c.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., & Doustreyssier, B. (2016). Automatic detection of archaeological structures in LiDAR data : a rst approch. Training and resaerch 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).

- 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 archéological Science, 412-424.

Liste des figures

Figure 1 - Localisation des di érents programmes de recherche en archéol ogie pastorale dans les Pyrénées 18

Figure 2 - Localisation d'une partie des programmes de recherche en archéologie pastorale dans les montagnes du sud de l'Europe 19

Figure 3 - Comparaison entre les résultats d'une photo-interprétation à partir d'une image satellite de l'IGN et les résultats d'une prospection pédestre « classique » (Cf. Rendu et al, 2016, p. 63) 21

Figure 4 – MNT, pro l et orthophotographie issues du traitement photogrammétrique de la structure n°3 24

Figure 5 - Premier "phasage" des structures inventoriées sur le site du Liantran (Estaing) d'après l'état de conservation 24

Figure 6 - Pro ls thermiques bruts et lissés (méthodes moyennes mobiles avec un ordre de 30) réalisés au niveau de la structure AU_015_001 – Secteur d'Avays (Réserve Naturelle d'Aulon) - Image extraite de l'article "Thermographie aéroportée par drone. Nouvelle procédure pour la détection archéologique en haute montagne » (Calastrenc et al. Revue ArchéoSciences, 2020, n°4 (1), pp. 81-96) 25

Figure 7 - - Carte de densité de P par calcul de densité par noyau et par krigeage (Calastrenc et al, 2019, p. 71-74) 26

Figure 8 - Héliportage (Société Blugeon) 26

Figure 9 - Localisation des zones d'étude du programme TAHMM 27

Figure 10 - Tableau synthétique de présentation des zones d'étude incluses dans le programme de recherche TAHMM 27

Figure 11 - Estive d'Enveitg - depuis le lieu-dit "Plaa de l'orri" (Photo. N. Poirier, 2019) 28

Figure 12 - Estive d'Anéou (photo. C. Calastrenc, 2007) 30

Fig. 13 - Work ow du processus photogrammétrique 43

Figure 14 - Exemple de cible codée Metashape 43

Fig. 15 - Résultats des traitements réalisés d'après le MNS (En rouge gure l'emplacement des structures identi ées à partir de chaque résultat) 47

Fig. 16 - Synthèse des caractéristiques environnementales et archéologiques des 4 zones d'étude 49

Fig. 17 - Nombre d'identi cation des structures sur les estives d'Aulon (A), d'Anéou (B), d'Estaing (C) et d'Enveitg (D) - (plus une structure est rouge et plus elle a été identi ée par un nombre d'algorithme élevé) 50

Fig. 18 - Nombre de structure détectée en fonction des di érents algorithmes utilisés pour les estives

d'Aulon (65), d'Anéou (64), d'Estaing (65) et d'Enveitg (66) 51

Fig. 19 - Représentation « Radar » du "potentiel" de détection des structures archéologiques des di érents algorithmes utilisés pour 4 secteur géographique pyrénéen 52

Fig. 20 - Addition des rasters issus des algorithmes SLRM et Multi-ombrage. A- Secteur La Glère (estive d'Anéou - Laruns -64) ; B- Secteur de l'Auloueilh (Réserve Naturelle d'Aulon - 65) : C- Secteur du Plaa de l'Orri (estive d'Enveitg - 66) ; D- Secteur du Liantran (estive d'Estaing - 65) 54

Fig. 21 - Résultats des tests de détection avec des rasters issus du cumul d'information 55

Fig. 22 - Carte de localisation des grilles magétométriques faites sur le replat de l'Auloueilh (Réserve Naturelle d'Aulon) 56

Fig. 23 - Montage du magnétomètre 57

Fig. 24 - Work ow du procéssusmagnétomètrique 58

Fig. 25 - Anomalies magnétométriques sur la Grille 1 59

Fig. 26 - Anomalies magnétométriques sur la Grille 2 59

Fig. 27 - Anomalies magnétométriques sur la Grille 3 60

Fig. 28 - Anomalies magnétométriques sur la Grille 4 60

Fig. 29 - Anomalies magnétométriques sur la Grille 2 61

Fig. 30 -Résultats des tests d'interpolation réalisés sur les données de la Grille 1 (Structures 31 à 35 et 82) 62

Fig. 31 -Résultats des tests d'interpolation réalisés sur les données de la Grille 3 (Structure 39) 63

Fig. 32 -Résultats des tests d'interpolation réalisés sur les données de la Grille 4 64

Fig. 33 -Vue globale des résultats d'analyse des données magnétomètrique 64

Fig. 34 -Procédure de traitement des données thermographiques 66

Fig. 35 -Relevé thermographiques des structures 32, 33, 34, 35, 82 et 156 67

Fig. 36 -Pro ls thermographiques des structures 39 et 47 68

Fig. 37 -Relevé thermiques des structures 39 et 47 68

Fig. 38 -Relevé thermiques des structures 102 et 103 69

Fig. 39 -Pro ls thermographiques des structures 102 et 103 69

Fig. 40 -Relevé thermiques de la structure 152 (en fond, l'image thermique, le calcul VAT et l'orthophotographie) 70

Fig. 41 - Vol 1 (en haut) et Vol 2 (en bas) Lidar réalisés sur la partie centrale du replat de l'Auloueilh 72

Fig. 42 -Pro l dans le nuage de point Lidar 73

Figure 43 - Structure 1 : En bas, orthophotographie (réalisée avec Metashpe) ; en haute, l'ombrage d'après le DEM (réalisé avec le logiciel RVT) 81

Figure 44 - Pro l Nord-Est / Sud-Ouest (Qgis) 81

Figure 45 - Pro l Nord-Ouest / Sud-Est (Qgis) 81

Figure 46 - Structure 2 : A droite, ombrage réalisé à partir du DEM (RVT) ; à gauche, orthophotographie (Metashape) avec la localisation du pro l Nord-Est / Sud-Ouest (Qgis)) 82

Figure 47 - Structure 2 - Pro l Nors-Est / Sud-Ouest (Qgis) 82

Figure 49 - Structure 3, relevé pierre à pierre réalisé à partir de l'orthophotographie 83

Figure 48 - Structure 3, orthophotographie (Metashep) 83

Figure 50 - Structure 4 - A gauche, orthographie réalisée par photogrammétrie (Metashape) ; à droite, ombrage fait d'après le DEM (RVT) 84

Figure 49 - Structure 4 - Pro l Nord / Sud (Qgis) 84

Figure 51 - Schématisation du processus d'éboulement d'un mur 84

Figure 52 - Structure 5 - A gauche, orthophoographie (Metashape) ; à droite, relevé pierre à pierre fait à partir du relevé de photogrammétrie 85

Figure 53 - En haut, orthophotographie de la structure 6 ; en bas, orthophotographie de la structure 7 85

Figure 54 - En haut, structure 8 ; en bas, structure 9 86

Figure 55 - Relevé pierre à pierre de la structure 10 faite à partir de l'orthophotographie (Metashape) 86

Figure 56 - Au-dessus, orthophotographie de la structure 11 ; au-dessous, orthophotographie de la structure 12 (Metashape) 87

Figure 57 - Ci-dessous orthophotographie et pro ls de la structure 13 (Metashape et Qgis) 87

Figure 58 - Structure 14, orthophotographie (Metashape) avec des pro ls (Qgis) 88

Figure 60 - Structure 16, orthophotographie (Metashape) 89

Figure 59 - Structure 15 orthophotographie (Metashape) avec des pro ls (Qgis) 89

Figure 61 - Structure 17 (Orthophotographie - Metashape) 90

Figure 62 - A gauche, structure 17 ; à droite, structure 18 (Orthophotographie - Metashape et pro l - QGis) 91

Figure 63 - A gauche, structure 20 ; à droite, structure 21 (Orthophotographie - Metashape et pro l

- QGis) 92

Figure 65 - A gauche, structure 24 (orthophotographie - Metashape) 93

Figure 64 - A gauche, structure 22 ; à droite, structure 23 (Orthophotographie - Metashape et pro l - QGis) 93

Figure 66 - A gauche, structure 81 ; à droite, structure 25 (Orthophotographie - Metashape) 94

Figure 67 - En haut, orthophotographie (Metashape), en bas, ombrage multidirectionnel (16 directions, hauteur 35° (RVT) 95

Figure 68 - Exemple de cabane dite « de terre » (d'après Blanc et Rouzaud, 1994) 95

Figure 70 - Structure 27 (ombrage multidirectionnel avec 16 directions et une hauteur de 35° - RVT) 96

Figure 71 -Structures n° 28, mais partiellement les structures n° 29, 16 et 17 (orthophotographie - Metashape) 96

Figure 69 - Structure 27 (Orthophotographie - Metashape) 96

Figure 72 - En haut, structure 31 ; en bas, structure 29 (orthophotographie (Metashape) 97

Figure 73 - Structure 30 (orthophotographie réalisée par photogrammétrie (Metashape) 98

Figure 74 - Structure 32 (pro ls réalisés avec QGis) 98

Figure 76 - Structure 32 (à gauche, orthophotographie réalisée par photogrammétrie (Metashape ; à droite, le résultat du calcul « Archaeological-VAT » de RVT) 99

Figure 75 - Image thermographique de l'ensemble pastoral dans lequel s'inscrit l'enclos n°32 99

Figure 77 -Structure 33 et structure 34 (orthophotographie faite avec Metashape) 100

Figure 78 - A gauche, structure 35 ; à droite, structure 82 (orthophotographie faite avec Metashape) 101

Figure 79 - Structures 36, 37 et 38 - orthophotographie (Metashape) et pro ls (Qgis) 102

Figure 80 - Relevé thermographique par drone 103

Figure 81 Structure 39 (Ci-dessus, orthophotographie (Metashape) et pro ls (Qgis) , page 59, relevé pierre à pierre réalisé à partir de l'othophotographie 104

Figure 82 - Structure 39 - Image et pro ls thermique 105

Figure 83 - Au-dessus, orthophotographie et plan de l'enclos 40 et des structures adjacentes (str. 40, 41, 83, 84 et 85): les isolignes ont été réalisées avec ArcGis) ; en dessous, structure 41 (orthophotographie (Metashape) 107

Figure 84 - A gauche, structure 84 ; à droite, structure 85 (orthophotographie - Metashape) 108

Figure 85 - Structure 44 (à droite, orthophotographie ; à gauche, relevé pierre à pierre) 109

Figure 86 - Structures 45, 46 et 47 : A gauche, le résultat du traitement « Openness Positive du logiciel RVT ; à droite, orthophotographie faite par photogrammétrie (RVT) 110

Figure 87 - Structure 48 : à gauche, orthophotographie (Metashape) avec les pro ls (Qgis) ; à droite, résultat du calcul Archaeological VAT du logiciel RVT 110

Figure 88 - Image thermique réalisée au-dessus de la structure n° 48 avec la localisation de 3 pro ls thermographiques 111

Figure 89 - Image thermique réalisée au-dessus de la structure n° 48 avec la localisation des indicateurs archéologiques 111

Figure 90- Au-dessus, structure 49 ; au-dessous, structure 50 (orthophotographie (Metashape) 112

Figure 91 - A gauche, structure 51 ; à droite, structure 52 (orthophotographie - Metashape) 113

Figure 92 - Au-dessus, structure 53 ; au-dessous, structure 54 (orthophotographie (Metashape) 114

Figure 93 - Structures 55, 56, 57, 58, 60, 61, 88 et 87 (orthophotographie - Metashape) 115

Figure 94 - Ci-dessus, structure 59 ; ci-dessous, structures 62 et 63 (orthophotographie (Metashape) 116

Figure 95 - A gauche, structure 91 ; à droite, structure 88 (orthophotographie (Metashape) 117

Figure 96 - Au-dessus, orthophotographie de la structure 64 (Metashape) ; ci dessous, résultat du calcul de Local Distance réalisé avec le logiciel RVT 118

Figure 97 - Structure 65 : ci-dessus, orthophotographie (Metashape) ; ci-contre, résultat du calcul de Simple Local Relief Model avec le logiciel RVT 119

Figure 98- Au-dessus, structure 66 ; ci-contre, structures 67 et 89 (orthophotographie -Metashape) 120

Figure 99 - Structures 68 et 69 - orthophotographie (Metashape) 121

Figure 100 - Structures 68 et 69 - résultat du calcul Archaeological VAT réalisé avec le logiciel RVT 121

Figure 101 - A gauche, structure 70 ; à droite, structure 71 (orthophotographie - Metashape) 122

Figure 102 - A gauche, structure 72 ; à droite, structure 73 (orthophotographie - Metashape) 123

Figure 103 - Structure 93 - A gauche, orthophotographie (Metashape) ; à droite, relevé pierre à pierre avec un pro l (Qgis) 124

Figure 104 - A gauche, structure 74 ; à droite, structure 75 (orthophotographie - Metashape) 124

Figure 105 - Structures 76 et 77 (orthophotographie - Metashape) 125

Figure 106 - A gauche, structure 78 ; à droite, structure 90 (orthophotographie - Metashape) 126

Figure 107 - Vue zénithale et Pro l Ouest-Est de l'enclos n° 97 127

Figure 108 - Vue zénithale et pro l Nord-Sud de l'enclos n° 98 127

Figure 109 - Vue zénithale du regroupement d'enclos (structures n° 94, 97, 98, 99 et 100 128

Figure 110 - A gauche, relevé pierre-à-pierre de la ; à droite, orthophotographie structure n° 101 129

Figure 111 - Relevé pierre-à-pierre des structures 102, 103, 104 130

Figure 112 - Orthophotographie des structures 102 et 103 130

Figure 113 - Résultat du calcul SLRM (réalisé avec le logiciel RVT) à l'emplacement des structures 95, 99, 102 et 103 130

Figure 114 -Structure 102 et 103 - Image et pro ls thermographiques 131

Figure 115 - A gauche, localisation des structures 104, 105 et 106 ; à droite, pro ls des structures 104 et 105 132

Figure 116 - A gauche, localisation des structures 108, 109 et 110 ; à droite, pro ls 133

Figure 117 - Localisation de la structure n° 111 133

Figure 118 - Localisation de la structure n° 112 133

Figure 119 - Localisation des structure n° 104 n° 112. En fond, le résultat du calcul SLRM réalisé avec le logiciel RVT 134

Figure 120 - Localisation des structures 113 et 114 134

Figure 121 - A gauche, structure 116 ; à droite, structure 117 135

Figure 122 - Structure 118 135

Figure 123 - Localisation des structures 90, 119 et 120 136

Figure 124 - Localisation de la structure 121 136

Figure 125 - Localisation de la structure 122 137

Figure 126 - Localisation de la structure 123 137

Figure 127 - Localisation des structures 67, 89, 99, 124, 125, 131 et 132 138

Figure 128 - Localisation des structures 126, 127, 128, 134 et 135 139

Figure 129 - Localisation des structures 129, 130, 133 et 154 (Fond - Orthophotographie réalisée par photogrammétrie (Metashape) 140

Figure 130 - Pro ls topographiques (réalisés avec Qgis à partir du MNT réalisé par par photogrammétrie (Metashape) 141

Figure 131 - Localisation des structures 129, 130, 133 et 154 (Fond - Résultat du calcul SLRM (RVT) 142

Figure 132 - Localisation des structures 136 et 137 (en fond l'orthophotographie réalisée par photogrammétrie - Métashape) 143

Figure 133 - Localisation des structures 138 (en fond l'orthophotographie réalisée par photogrammétrie - Métashape) 143

Figure 134 - A droite, localisation des structures 139, 140; 141 et 142 (fond orthophotographie réalisée avec Metshape) ; à gauche pro ls thermique 145

Figure 135 - Localisation des structures 143, 144 et 145 (en fond l'orthophotographie réalisée par photogrammétrie - Métashape) 146

Figure 136 - Localisation de la structure 146 (en fond l'orthophotographie réalisée par photogrammétrie - Métashape) 147

Figure 137 - Localisation de la structure 147 (en fond l'orthophotographie réalisée par photogrammétrie - Métashape) 147

Figure 138 - Localisation de la structure 148 (en fond l'orthophotographie réalisée par photogrammétrie - Métashape) 147

Figure 138 - Localisation des structures 149 et 150 148

(en fond l'orthophotographie réalisée par photogrammétrie - Métashape) 148

Figure 139 - A gauche, structure 151 ; à droite, structure 152 (en fond l'orthophotographie réalisée par photogrammétrie - Métashape) 149

Figure 140- Carte de répartition des structures inventorier sur la moitié Ouest du secteur de l'Auloueilh dans la Réserve Naturelle d'Aulon (65) 156

Fig. 141 - Relation au ruisseau Lavedan 157

Fig. 142 - Calcul des réseaux hydrographiques théoriques 158

Fig. 143 - Structure inscrites à l'intérieur du réseau hydrographique 159

Figure 144- Calcul de la densité des structures (ArcGis) 161

Fig. 149 - Calcul des ux hydrographique théorique. 163

Figure 145 - Classi cation des structures du replat de l'Auloueilh d'après la méthode développée par M. Le Couédic dans sa thèse (M. Le Couédic, 2010, pp. 140-147) qui repose sur l méthode de Bertin affinée manuellement) 164

Figure 146 - Cartographie du résultat de la classi cation des structures du replat de l'Auloueilh d'après la méthode développée par M. Le Couédic dans sa thèse (M. Le Couédic, 2010, pp. 140-147) qui repose sur la méthode de Bertin affinée manuellement) 165

Figure 147 - Ensembles pastoraux dé nit d'après la méthode empirique 169

Figure 148 - Dé nition des ensembles pastoraux d'après l'association de polygones de Thiessen et d'anneau concentriques 171

Figure 149 - Résultat de l’analyse de Regroupement réalisée avec le logiciel Arcgis 173

Figure 150 - Résultat de a classi cation Hiérarchique (logiciels R et ArcGis) 176

Figure 151 - Arbre hiérarchique (logiciel R - application Factoshiny) 177

Figure 152- A gauche, photographie d’une cabane sur le secteur de Barroude réalisée en 2001 (Vallée d’Aure - 65 - © Calastrenc. C,) ; à droite, photographie de cette même cabane prise par Lucien Briet à la n du XIX7me siècle © Musée Pyrénéen de Lourdes 179

Figure 153 - Carte des ellipses de déviation standard (réalisées avec ArcGis) : a- d’après la méthode Empirique et la variable « Hauteur » ; b- d’après l’analyse de regroupement et la variable « Hauteur » ; c- d’après la classi cation hiérarchique et la variable « Hauteur » 181

Figure 163 - Schéma de programmation de la recherche 188

cnrs

UNIVERSITÉ TOULOUSE
Jean Jaurès

TRACES

FRAMESPA

GEODE
GÉOGRAPHIE DE L'ENVIRONNEMENT

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Culture

AULON
Réserve
NATURELLE
RÉGIONALE

ZA
LTSER FRANCE
Zones
Ateliers
PYRÉNÉES GARONNE

HAUTES
PYRÉNÉES
LE DÉPARTEMENT

cnes
CENTRE NATIONAL
D'ÉTUDES SPATIALES

Les
Parc
National
Pyrénées

ARCHEOSCIENCE
PLATEFORME