



## **Inspecter les montagnes autrement.**

Carine Calastrenc, Pierre Campmajo, Nicolas Poirier, François Baleux, Christine Rendu, Marie-Claude Bal

### **► To cite this version:**

Carine Calastrenc, Pierre Campmajo, Nicolas Poirier, François Baleux, Christine Rendu, et al.. Inspecter les montagnes autrement.. CNRS; Université Jean Jaurès. 2022. <hal-03962263>

**HAL Id: hal-03962263**

**<https://hal.science/hal-03962263v1>**

Submitted on 30 Jan 2023

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

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



Distributed under a Creative Commons CC BY-NC-SA 4.0 - Attribution - Non-commercial use - ShareAlike - International License



# Inspecter les montagnes autrement

Développement d'une nouvelle méthode d'approche archéologique des espaces d'altitude

12/2022

**CALASTRENC** Carine (Dir.), **CAMPMAJO** Pierre,  
**POIRIER** Nicolas, **BALEUX** François, **RENDU** Christine,  
Marie-Claude **BAL**

*Occitanie, Hautes-Pyrénées, Aulon, Auloueilh, 65046*

1411927 (prospection) ; 1411928 (sondage)







# Inspecter les montagnes autrement

Développement d'une nouvelle méthode d'approche archéologique des espaces d'altitude

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

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

**Codes opération :**

1411927 (prospection)

1411928 (sondage)

**CALASTRENC** Carine (Dir.), **CAMPMAJO** Pierre,  
**POIRIER** Nicolas, **BALEUX** François, **RENDU** Christine,  
Marie-Claude **BAL**

## Financements récurrents



## Institutions porteuses du projet de recherche



## Laboratoires des membres du projet de recherche



2022



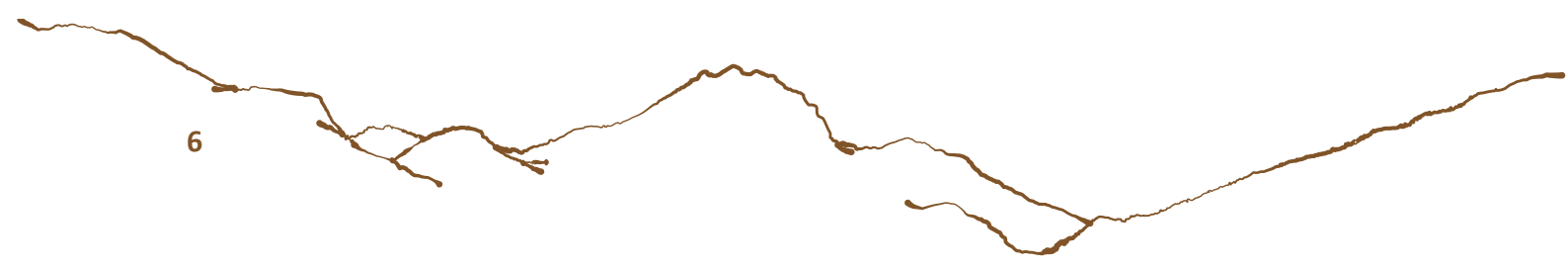
<b>Arrêtés</b>	<b>8</b>
<b>Fiche signalétique</b>	<b>13</b>
<b>Tableau synthétique de l'opération</b>	<b>15</b>
<b>Remerciements</b>	<b>17</b>
 <b>CHAPITRE 1-</b>	 <b>19</b>
<b>Intérêt scientifique et administration de la recherche</b>	<b>19</b>
<b>Contexte et enjeux scientifiques</b>	<b>19</b>
<b>Verrous méthodologiques à dépasser</b>	<b>23</b>
<b>Développer de nouvelles méthodes d'approche archéologique intégrée</b>	<b>25</b>
<i>A l'échelle d'une montagne : Télédétection satellitaire</i>	<i>26</i>
<i>A l'échelle d'un quartier d'estive : acquisitions par drone</i>	<i>28</i>
<i>A l'échelle du groupement de structure : géoradar et magnétomètre</i>	<i>29</i>
<i>Détecter l'invisible : Analyses chimiques des sols</i>	<i>30</i>
<b>Zones d'étude</b>	<b>31</b>
<i>Montagne d'Enveitg</i>	<i>32</i>
<i>Estive d'Anéou</i>	<i>33</i>
<i>Réserve Naturelle d'Aulon</i>	<i>34</i>
<i>Le Liantran</i>	<i>35</i>
<b>Équipe scientifique</b>	<b>36</b>
<b>Bilan chargé / Budget</b>	<b>38</b>
 <b>CHAPITRE 2</b>	 <b>39</b>
<b>Sondages archéologiques</b>	<b>39</b>
<b>Organisation d'un chantier archéologique dans une Réserve Naturelle</b>	<b>39</b>
<i>Dates d'intervention</i>	<i>40</i>
<i>Hélicoptages</i>	<i>40</i>
<i>Usage des drones.</i>	<i>41</i>
<i>Vie quotidienne</i>	<i>41</i>
<i>Impact environnemental</i>	<i>41</i>
<i>Usage de l'eau</i>	<i>41</i>
<i>Gestion de l'énergie</i>	<i>42</i>
<i>Economat</i>	<i>42</i>
<i>Base vie</i>	<i>43</i>
<i>Bénévolat</i>	<i>47</i>
<i>Sécurité</i>	<i>48</i>
<b>Méthodologie de fouille</b>	<b>48</b>

<b>Résultats des sondages</b>	<b>50</b>
<i>Structure 13</i>	50
<i>Résultats des observations antérieures</i>	52
<i>Relevé magnétométrique</i>	52
<i>Relevé XRF</i>	52
<i>Résultat du sondage</i>	53
<i>Structure 39</i>	63
<i>Résultat des observations antérieures</i>	63
<i>Relevé magnétométrique</i>	63
<i>Relevé thermographique par drone</i>	65
<i>Relevé XRF</i>	65
<i>Résultat de la fouille</i>	66
<i>Structure 133</i>	73
<i>Structure 152</i>	80
<i>Résultat des observations antérieures</i>	80
<i>Relevé thermographique par drone</i>	80
<i>Résultat de la fouille</i>	81

## CHAPITRE 3 87

### Acquisition, traitements et analyses des données primaires 87

<b>Image thermique par drone</b>	<b>87</b>
<i>Matériel utilisé</i>	88
<i>Procédure de traitement des données</i>	88
<b>Relevés magnétométriques</b>	<b>89</b>
<i>Matériel utilisé</i>	90
<i>Résultats</i>	90
<i>* Grille 1 : Structures n° 129, 130 et 133</i>	90
<i>* Grille 2 : Structure n° 103</i>	90
<b>Géoradar</b>	<b>90</b>
<i>Résultats</i>	92
<b>Imagerie multispectrale par drone</b>	<b>98</b>
<i>Matériel utilisé</i>	98
<i>Résultats</i>	98
<i>Grille 1</i>	98
<i>Grille 2</i>	100
<i>Grille 3</i>	100
<i>Grille 4</i>	101
<b>Lidar par drone</b>	<b>102</b>
<i>Résultats</i>	103



<b>CHAPITRE 4</b>	<b>105</b>
<b>Enquête épigraphique</b>	<b>105</b>
<b>Pierre CAMPMAJO</b>	<b>105</b>
La cabane de l'Auloueilh	105
<i>FAÇADE SUD</i>	106
<i>ROCHE 1</i>	106
<i>ROCHE 2</i>	109
<i>PIERRE 3</i>	110
<i>PIERRE 4</i>	111
<i>FAÇADE EST</i>	113
<i>PIERRE 1</i>	113
<i>PIERRE 2</i>	116
<i>PIERRE 3</i>	117
<i>FAÇADE OUEST</i>	118
<i>PIERRE 1</i>	118
<i>PIERRE 2</i>	120
<i>PIERRE 3</i>	121
<i>PIERRE 4</i>	122
<i>PIERRE 5</i>	123
 <b>Synthèse</b>	 <b>127</b>
Sondages	127
Prospection multiméthode	128
<i>Thermographie aéroporté</i>	128
<i>Magnétomètre</i>	129
<i>Géoradar</i>	129
<i>Drone multispectral</i>	129
Epigraphie	130
Que faire en 2023 ?	130
 <b>Annexes</b>	 <b>131</b>
Histoire d'un sondage- Structure 13	131
Histoire d'un sondage- Structure 39	132
Histoire d'un sondage- Structure 133	133
Histoire d'un sondage- Structure 152	134
 <b>Bibliographie</b>	 <b>135</b>
<b>Table des figures et tableaux</b>	<b>150</b>

# Arrêtés



**PRÉFET  
DE LA RÉGION  
OCCITANIE**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

**Direction régionale  
des affaires culturelles**

Arrêté n° 76-2022-0586 Du 18/05/22

portant autorisation de sondage.

Le Préfet de région ;

Vu le code du patrimoine et notamment son livre V ;

Vu l'arrêté préfectoral R76-2021-03-04-004 du 4 mars 2021 portant délégation de signature à M. Michel ROUSSEL, Directeur régional des affaires culturelles ;

Vu l'arrêté modificatif R76-2021-11-04-00002 du 4 novembre 2021 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 le dossier, enregistré sous le n° PGR762022000103, de demande d'opération archéologique arrivé le 22 décembre 2021 ;

Vu l'avis de la commission territoriale de la recherche archéologique (CTRA), Commission Sud-Ouest, session de janvier 2022 ;

## ARRÊTE

**Article 1** - Madame Carine CALASTRENC est autorisé, en qualité de responsable scientifique, à conduire une opération de sondage du 9 septembre au 9 octobre 2022, sise en :

RÉGION : OCCITANIE  
DEPARTEMENT : HAUTES-PYRENEES  
COMMUNE : AULON

Intitulé de l'opération : Plateau de l'Auloueilh - SD 2022.

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

Code de l'opération : **1411928**

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

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

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

À la fin de l'année civile, le responsable scientifique de l'opération adresse au conservateur régional de l'archéologie, en triple exemplaire papier plus un exemplaire au format pdf, un rapport accompagné des plans et coupes précis des structures découvertes et des photographies nécessaires à la compréhension du texte. L'inventaire de l'ensemble du mobilier recueilli est annexé au rapport d'opération. Il signale les objets d'importance notable. Il indique les études complémentaires envisagées et, le cas échéant, le délai prévu pour la publication.

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

Le responsable prend les dispositions nécessaires à la sécurité des objets mobiliers. Le mobilier archéologique est mis en état pour étude, classé, marqué et inventorié. Son conditionnement est adapté par type de matériaux



et organisé en fonction des unités d'enregistrement. Le statut juridique et le lieu de dépôt du matériel archéologique découvert au cours de l'opération sont fixés conformément aux dispositions légales et réglementaires et aux termes des conventions passées avec les propriétaires des terrains concernés.

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

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

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

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

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

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

**Article 6 : Prescriptions particulières**

**L'opération devra se dérouler dans le strict respect des mesures générales nécessaires pour faire face à l'épidémie de Covid-19 dans le cadre de l'état d'urgence sanitaire, telles qu'édictées et actualisées par le Gouvernement, et, le cas échéant, des mesures réglementaires ou individuelles de restriction ou d'interdiction qui seraient décidées par le représentant de l'État dans le département afin de répondre à des circonstances locales.**

**Article 5 -** 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 18/05/22

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



Didier DELHOUME



**PRÉFET  
DE LA RÉGION  
OCCITANIE**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

**Direction régionale  
des affaires culturelles**

Arrêté n° 76-2022-0585 Du 18/05/22

portant autorisation de prospection thématique.

Le Préfet de région ;

Vu le code du patrimoine et notamment son livre V ;

Vu l'arrêté préfectoral R76-2021-03-04-004 du 4 mars 2021 portant délégation de signature à M. Michel ROUSSEL, Directeur régional des affaires culturelles ;

Vu l'arrêté modificatif R76-2021-11-04-00002 du 4 novembre 2021 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 le dossier, enregistré sous le n° PGR762022000102, de demande d'opération archéologique arrivé le 22 décembre 2021 ;

Vu l'avis de la commission territoriale de la recherche archéologique (CTRA), Commission Sud-Ouest, session de janvier 2022 ;

**ARRÊTE**

**Article 1** - Madame Carine CALASTRENC est autorisée, en qualité de responsable scientifique, à conduire une opération de prospection thématique à partir de la date de notification du présent arrêté jusqu'au 31 décembre 2022, sise en :

RÉGION : OCCITANIE

DEPARTEMENTS : HAUTES-PYRENEES et PYRENEES-ORIENTALES

Intitulé de l'opération : Programme télédétection archéologique en Haute et Moyenne montagne (TAHMM) - PT 2022.

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

Code de l'opération : **1411927**

**Article 2 - prescriptions générales**

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

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

À la fin de l'année civile, le responsable scientifique de l'opération adresse au conservateur régional de l'archéologie, en triple exemplaire papier plus un exemplaire au format pdf, un rapport accompagné des plans et coupes précis des structures découvertes et des photographies nécessaires à la compréhension du texte. L'inventaire de l'ensemble du mobilier recueilli est annexé au rapport d'opération. Il signale les objets d'importance notable. Il indique les études complémentaires envisagées et, le cas échéant, le délai prévu pour la publication.

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

Le responsable prend les dispositions nécessaires à la sécurité des objets mobiliers. Le mobilier archéologique

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

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

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

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

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

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

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

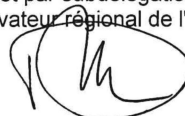
**Article 6 : Prescriptions particulières**

**L'opération devra se dérouler dans le strict respect des mesures générales nécessaires pour faire face à l'épidémie de Covid-19 dans le cadre de l'état d'urgence sanitaire, telles qu'édictees et actualisées par le Gouvernement, et, le cas échéant, des mesures réglementaires ou individuelles de restriction ou d'interdiction qui seraient décidées par le représentant de l'État dans le département afin de répondre à des circonstances locales.**

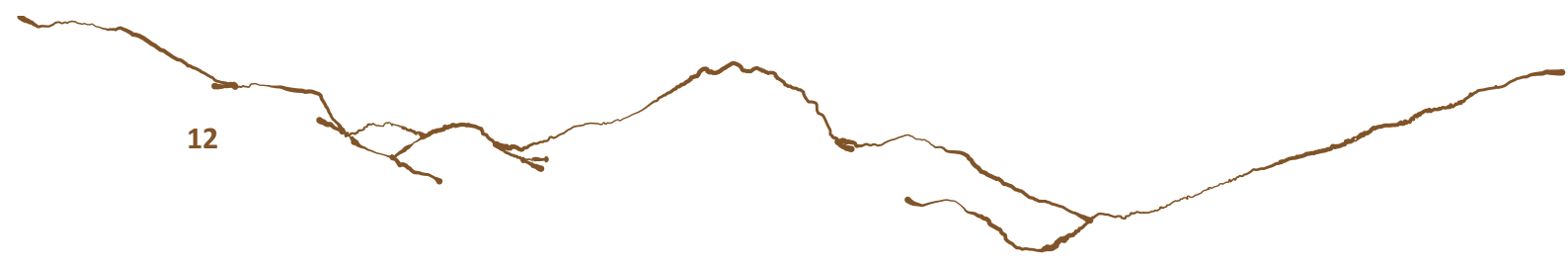
**Article 7 -** Le Directeur régional des affaires culturelles est chargé de l'exécution du présent arrêté, qui sera notifié à Madame Carine CALASTRENC.

Fait à Toulouse, le 18/05/22

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

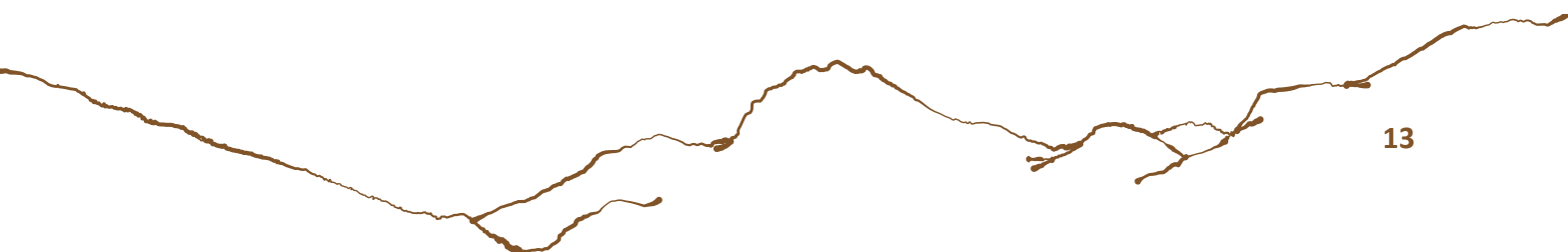


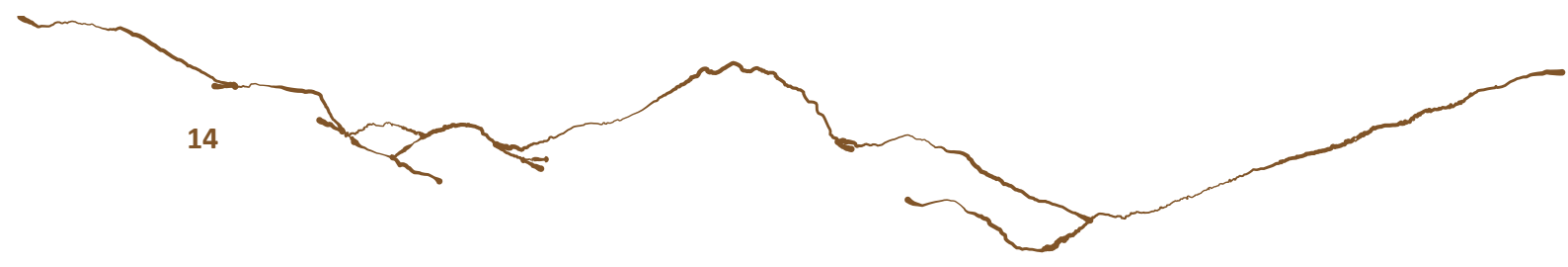
Didier DELHOUME



## Fiche signalétique

<b>Région :</b>	Occitanie		
<b>Département :</b>	Hautes-Pyrénées		
<b>Commune :</b>	Aulon		
<b>Lieu-dit :</b>	Replat de l'Auloueilh		
<b>N° INSEE :</b>	65046		
<b>Coordonnées</b>	X = 475030,13	Y = 6199069,71	Z = 1839,69
<b>Cadastre :</b>	Aulon- 2013-2018 Section OC- Feuille 01		
<b>Statut :</b>	Réserve Naturelle d'Aulon		
<b>Propriétaire :</b>	Commune d'Aulon		
<b>Codes opération :</b>	1411927 (prospection) ; 1411928 (sondage)		
<b>Responsable scientifique :</b>	Carine Calastrenc, CNRS		
<b>Date opération :</b>	Septembre 2022		
<b>Mots-clés :</b>	Diachronique		



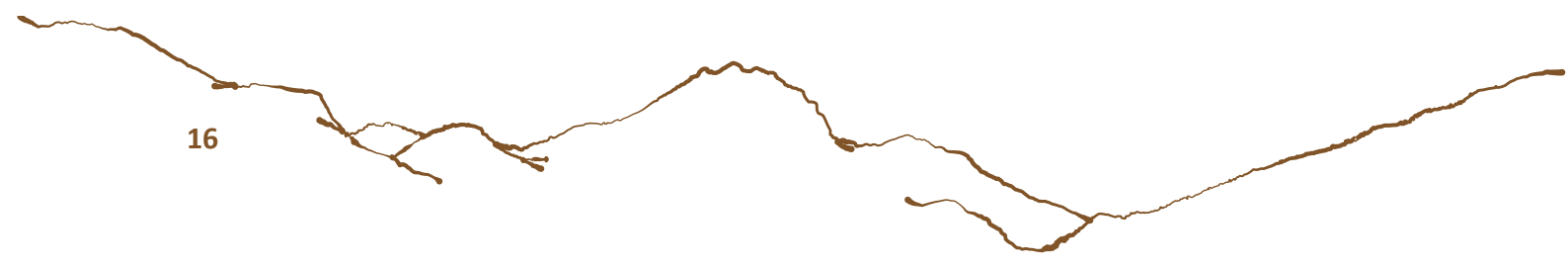


Rapport d'opération :	Inspecter les montagnes autrement
Année :	2022
Code opération :	1411927 (Prospection) et 1411928 (Sondage)

## Tableau synthétique de l'opération :

Suivi administratif :	Service Régional de l'Archéologie d'Occitanie Didier DELHOUME Léopold MAUREL Anne BERDOY  Laboratoire TRACES (UMR 5608) Nicolas VALDEYRON  Laboratoire FRAMESPA (UMR 5136) François GAUDICHEAU
Responsable scientifique :	Carine CALASTRENC
Détermination anthracologique	Marie-Claude BAL
Analyse épigraphique	Pierre CAMPMARO
Acquisitions drone	Nicolas POIRIER Carine CALASTRENC François BALEUX
Acquisition géophysique	Nicolas POIRIER Carine CALASTRENC François BALEUX
Datation 14C	Poznań Radiocarbon Laboratory Tomasz GOSLAR
Équipe de fouille :	Carine CALASTRENC Hadrien HOCDE Rebecca MICHIELS Maïalen GAUTHIER Marvyn BIGOT
Équipe de logistique	Marie Calastrenc Jean-Pierre Calastrenc
Gestionnaire financier	Dominique BAUDREU (C.A.M.L)







## Remerciements

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

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

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

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



Fig. 1- Mise en place du campement d'altitude- 10 septembre 2022 (© Rebecca Michiels)

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



**Fig. 2-** Visite des représentants du Service Régional d'Occitanie et du Département des Hautes-Pyrénées- 14 septembre 2022 (© Rebecca Michiels)

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

Pour la gestion financière sans faille, nous tenons à remercier Dominique Baudreu du C.A.M.L.

Nous remercions aussi Pierre Campmajo pour l'analyse des gravures conservées dans le bâti du refuge de l'Auloueilh.

Nous tenons également à remercier Marie-Claude Bal du laboratoire GEODE qui a effectué la détermination anthracologique des résidus carbonisés récupérés lors des sondages, ainsi que Tomasz Gsolar du Poznań Radiocarbon Laboratory.

Merci aussi à l'ensemble des fouilleurs bénévoles qui ont travaillé à nos côtés et sans qui nous

n'aurions pu aboutir aux mêmes résultats : Hadrien Hocde, Rebecca Michiels, Maïalen Gauthier, Marvyn Bigot.

Nous remercions également Yoann et Brice, pilotes à la Société Blugeon, et leurs mécaniciens, pour leurs sérieux et leurs disponibilités qui, en prenant en charge l'hélicoptère au débotté, nous ont permis de mener à bien cette opération archéologique.

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

## CHAPITRE 1-

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

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

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

Selon quels rythmes et avec quelles amplitudes se sont succédé les phases d'emprise et de

déprise humaine et pastorale au cours des six derniers millénaires ?

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

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

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

L'objectif des programmes de recherche sur les espaces montagnards européens est donc de comprendre les mutations des modes



d'exploitation des ressources naturelles. La méthode de travail utilisée repose sur l'acquisition des données archéologiques, historiques, ethnologiques et paléo-environnementales et sur l'articulation de ces différentes séquences. Ainsi, la prospection et la fouille archéologique des sites pastoraux d'estivage (habitats et enclos), des sites à vocation minière et métallurgique, ou encore des aires de charbonnage, renseignent sur l'évolution de ces modes de gestion des ressources disponibles. Lorsque ces données sont mises en série, elles laissent 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.

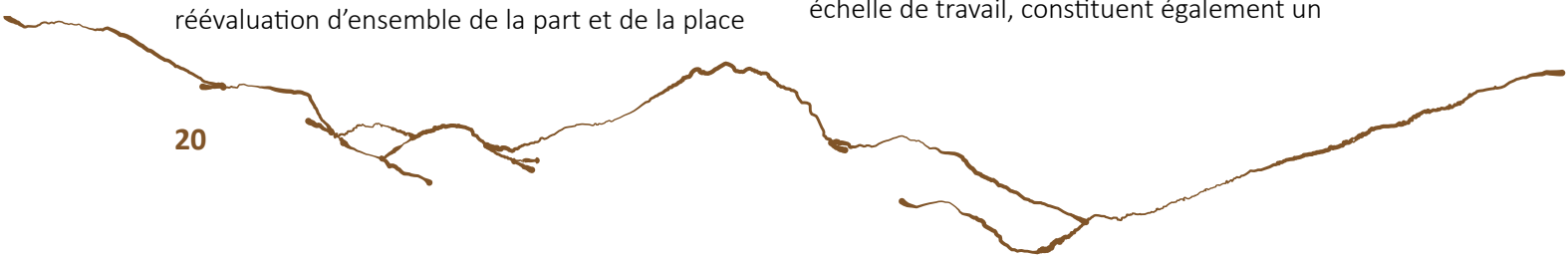
L'évaluation du poids des montagnes et du rôle de l'estivage dans la structuration des vallées ne passe pas seulement par l'appréhension des mutations des systèmes pastoraux montagnards dans la longue durée. Elle passe aussi par une réévaluation d'ensemble de la part et de la place

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 distributions spatiales des exploitations).

Jalonner les terrains, réfléchir aux conditions d'un croisement pertinent des données à cette échelle de travail, constituent également un



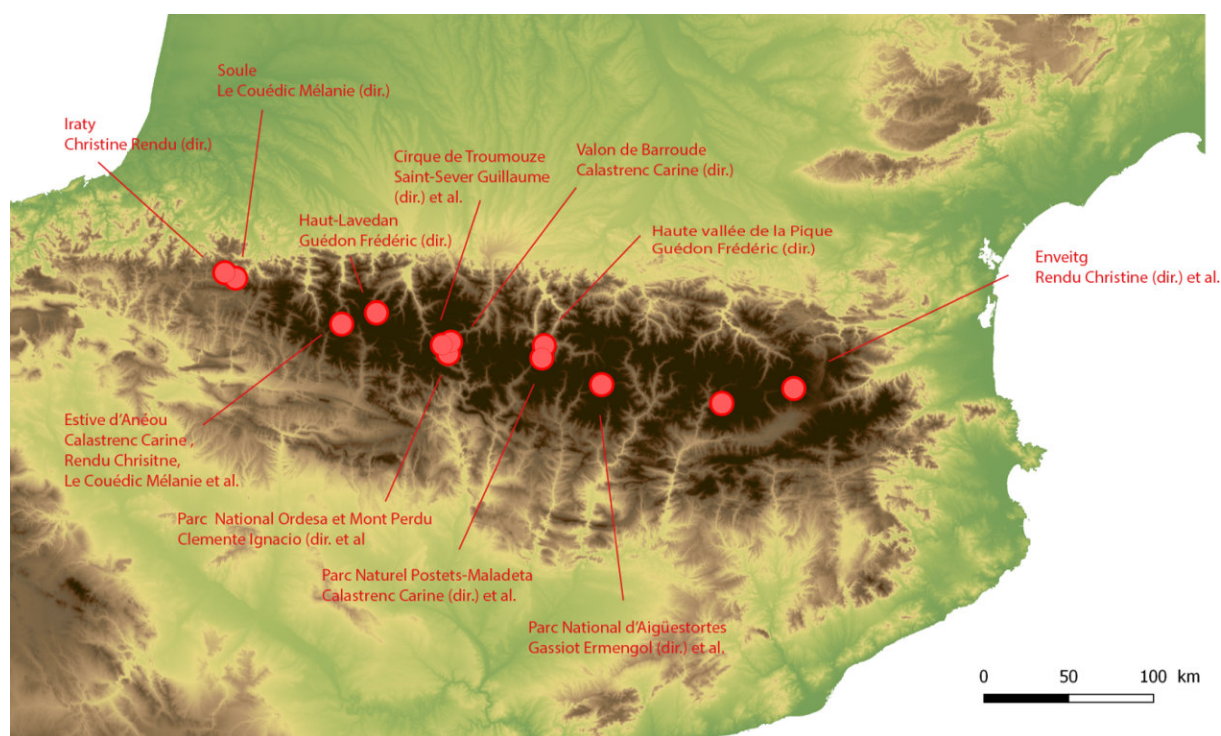
enjeu important à cette étape de la recherche.

L'association des programmes déjà existants à la discussion, comme le fait le programme DEPART qui vise à la mise en place d'un Système d'Information Géographique international (France, Espagne, Andorre) regroupant tous les résultats des programmes de recherche soutenus par leurs membres, doivent accompagner cette étape et permettre en même temps de faire accéder cette recherche à un comparatisme plus large.

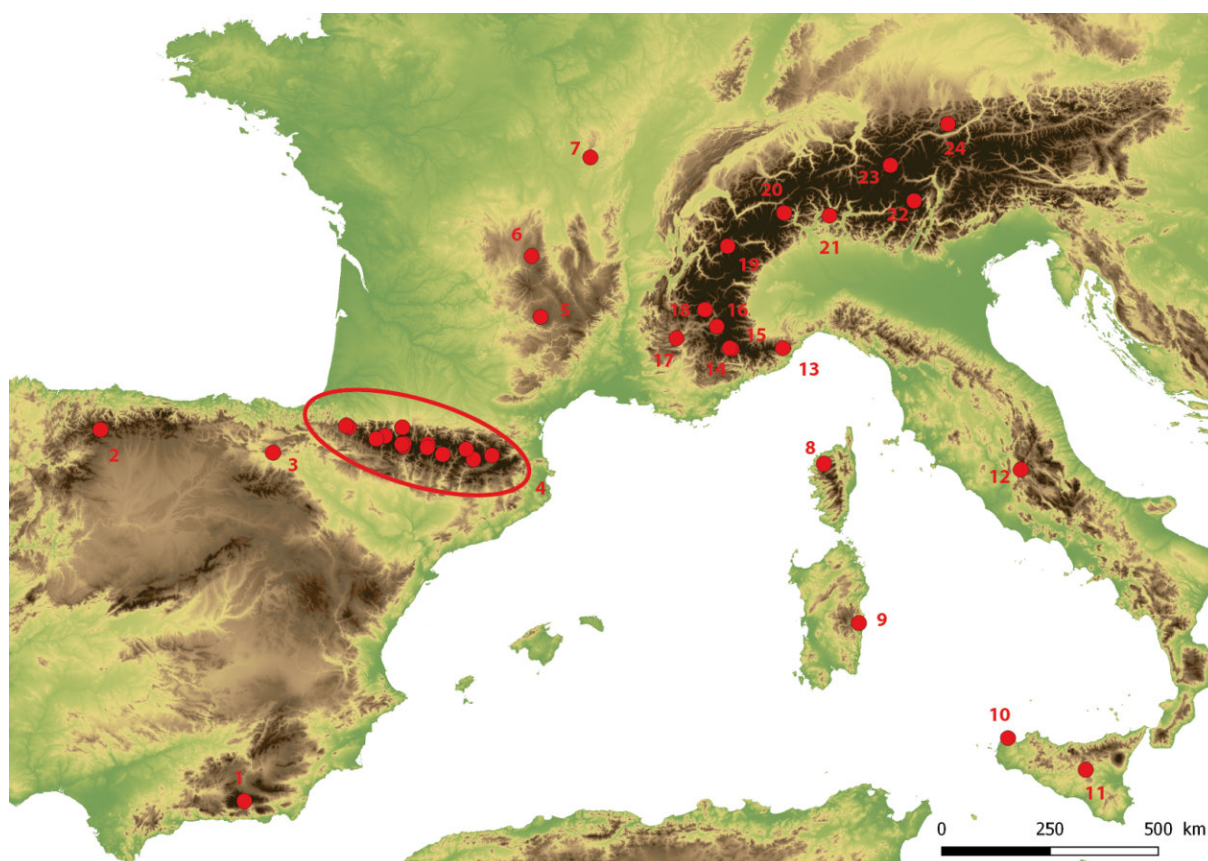
Ainsi, depuis 30 ans, les milieux d'altitude européens (Pyrénées, Alpes, Cantabrie, montagnes insulaires...) constituent un cadre novateur de recherche sur les dynamiques des modes de gestions des ressources naturelles et

les évolutions des systèmes pastoraux des espaces de montagne dans la longue durée (Liste non exhaustive) : Bal et al, 2010 ; Garssia Casas, 2018 ; Gassiot et al., 2016 ; Gassiot et al, 2013 ; Gassiot et al., 2012 ; Gassiot, 2010 ; Guédon, 2013 ; Guédon, 2006 ; Guillot, 2017 ; Giguet-Covex, 2019 ; Le Couédic et al, 2014 ; Mocci, 2010 ; Mocci et al., 2008 ; Mocci et al, 2005 ; Orenge, 2010 ; Palet J.-M et al., 2013 ; Saint-Sever et al, 2016 ; Reitmaier, 2013 ; Reitmaier, 2010, 2012, 2013 ; Rendu et al, 2021-1995 ; Tzortzi, 2019 ; Walsh et al, 2019 ; Walsh et al, 2011 ; Walsh et al., 2007).

Les équipes engagées (Fig. 3 et 4) dans ces programmes s'appuient sur un socle thématique, épistémologique et méthodologique commun



**Fig 3 - Localisation** des différents programmes de recherche en archéologie pastorale dans les Pyrénées (© Infographie C. Calastrenc)



**Fig. 4 -** Au-dessus- Localisation des programmes de recherche en archéologie pastorale dans les montagnes du sud de l'Europe (© Infographie C. Calastrenc) ; au-dessous- Tableau récapitulatif des opérations d'archéologie pastorale

<u>Num</u>	<u>Zone d'étude</u>	<u>Pays</u> <u>Resp. op.</u>	<u>Num</u>	<u>Zone d'étude</u>	<u>Pays</u>	<u>Resp. op.</u>
<u>1</u>	Sierra Nevada	Espagne Romeo. P et al	<u>13</u>	Apennin	Italie	Moreno. D et al
<u>2</u>	Cabrillanes	Espagne Alvarez D et al	<u>14</u>	Mercantour	France	Geist et al.
<u>3</u>	Alava	Espagne Varon R et al	<u>15</u>	Vallée La Roya	France	Palmero B et al.
<u>4</u>	Pyrénées (cf fig. 1)		<u>16</u>	Ubaye	France	Garcia et al
<u>5</u>	Aubrac	France	<u>17</u>	Vallée de Buech	France	Morin et al
<u>6</u>	Puy-de-Dôme	France	<u>18</u>	Champsaur	France	Leveau et al
<u>7</u>	Mont Beuvray	France	<u>19</u>	Col du Petit St Bernard	France	Leveau, Segard et al
<u>8</u>	Balagne	France	<u>20</u>	Col du Simplon	Suisse	Cury. P et al
<u>9</u>	Fonni	Italie	<u>21</u>	Levantine	Suisse	Della Casa et al
<u>10</u>	Cistonaci	Italie	<u>22</u>	Val di Sole	Italie	Carrer et al.
<u>11</u>	Enna	Italie	<u>23</u>	Silvretta	Autriche	Reitmaier et al
<u>12</u>	Cicolano	Italie	<u>24</u>	Karwendel	Autriche	Nicolai (von) et al



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 appui sur des partenariats similaires avec les services du patrimoine, les collectivités territoriales, les parcs nationaux et régionaux et les réserves naturelles.

## Verrous méthodologiques à dépasser

Force est de constater que les différentes équipes de recherche impliquées dans ces travaux se trouvent confrontées au problème de l'acquisition de l'information primaire.

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

Contrairement au travail de prospection en plaine (Ferdrière et al, 1979 ; Zadora-Rio, 1986 ; Millett et al., 2000, Trément, 2011 ; Poirier, 2010 ; Poirier & Hautefeuille, 2018 ; Poirier et al, 2017 ; Poirier et al, 2013), en milieu d'altitude, la détection des structures archéologiques ne prend pas appui sur l'analyse de la répartition des objets récoltés en surface ; la couverture végétale y est bien trop dense et empêche toute remontée du mobilier archéologique. Ce qui s'offre à l'œil de l'archéologue sont les vestiges des infrastructures, du bâti en élévation aux microreliefs (Fig. 5). 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



Fig. 5 - Relevé archéologique- Estive d'Anéou - 2006 (© M. Le-Couédic)

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, Calastrenc et al, 2007) et les 40 000 hectares du Parc d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici (Catalogne, Espagne) ont nécessité 10 ans de prospection à une quinzaine de personnes. Actuellement, en haute montagne, la surface moyenne couverte par les prospecteurs est donc d'un peu moins de 176 hectares par mois et par personne.

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

Malgré les différentes évolutions techniques déployées ces dernières années pour faciliter et

optimiser le travail de prospection (Fig. 6), 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



**Fig. 6** - Relevé au DGPS- Estive d'Anéou- 2006 (© C. Calastrenc)



périssables ou arasées par l'activité humaine et épierrées ?

Les nouvelles avancées technologiques, la diversification et la miniaturisation des capteurs, la démocratisation et le développement des drones aériens ainsi que les progrès en ergonomie informatique des logiciels de traitement des données permettent de réfléchir à la mise en œuvre de nouvelles procédures d'acquisition de l'information primaire, de traitement et de fusion des informations pour maximiser la détection des vestiges archéologiques en milieux d'altitude.

Depuis 2018, c'est ce que propose de faire le programme de recherche T.A.H.M.M. (Télédétection Archéologique en Haute et Moyenne Montagne) : <https://www.tahmm.fr/>. Son objectif est d'utiliser des ressources techniques et méthodologiques non invasives, du satellite à l'analyse chimique des sols, pour mettre en place une approche intégrée multi-source, multi-échelle et multi-temporelle afin d'optimiser le travail de détection archéologique en montagne (Calastrenc et al, 2018, 2019, 2020/2021, 2021, 2022).

Le programme T.A.H.M.M. s'appuie sur des partenariats et un appui financier de la **DRAC Occitanie**, de la **Réserve Naturelle d'Aulon**, du **Département des Hautes-Pyrénées** et de la **ZA PYGAR**. Portés par les laboratoires TRACES (UMR 5608) et FRAMESPA (UMR 5136), ce programme de recherche se base sur une collaboration

scientifique avec des structures de recherche en paléoenvironnement (laboratoire GEODE – UMR 5602). Ainsi, les membres du programme T.A.H.M.M. utilisent les équipements scientifiques du plateau technique TIG-3D (Télédétection, Imagerie, Géomatique, 3D) de la plateforme ArchéoScience des laboratoires TRACES et GEODE. De plus, grâce à une collaboration avec le CNES dans le cadre du programme d'accompagnement scientifique ISIS, des acquisitions d'images Pléiades ont pu être programmées et réalisées en juin, juillet et septembre 2019 et 2020.

## Développer de nouvelles méthodes d'approche archéologique intégrée

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

temps, utilisé à titre exploratoire.

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

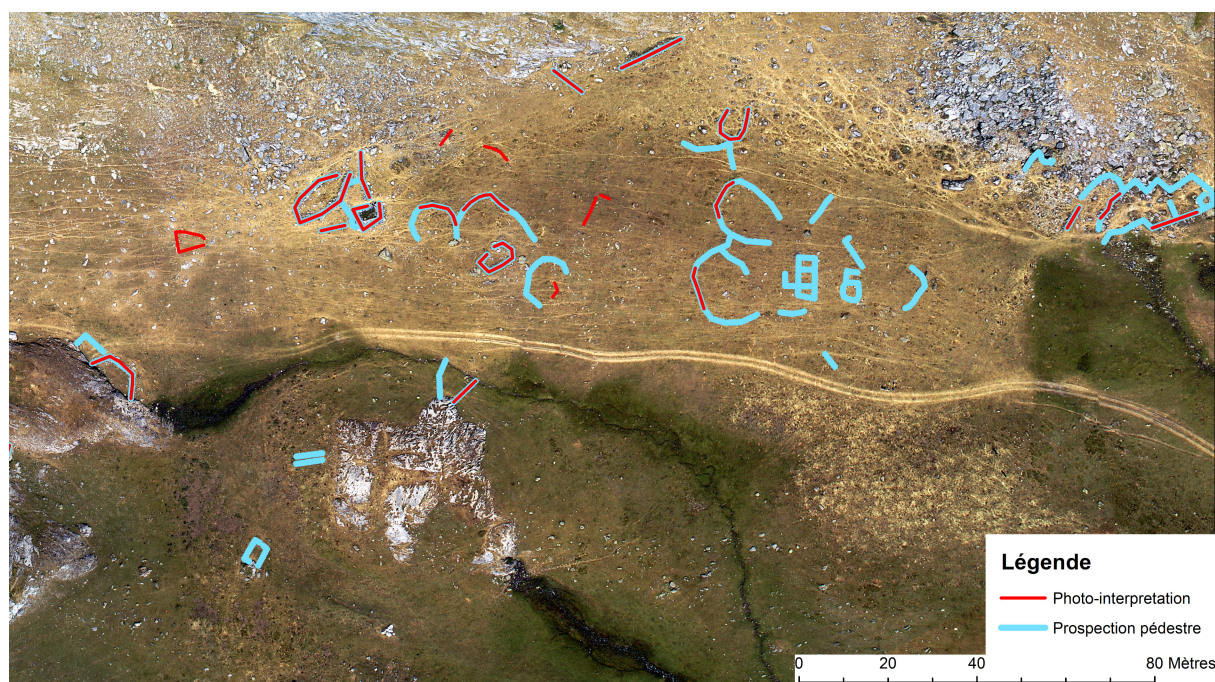
Un test réalisé sur le secteur dit de La Glère de l'estive d'Anéou (Vallée d'Ossau- Pyrénées-Atlantiques) a montré que sur 3,6 hectares, 23 structures ont été identifiées par photo-interprétation à partir d'une orthophotographie faite en 2008 par Olivier Barge du laboratoire Archéorient avec un drone 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. 6) 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 genêt ou rhododendron, l'identification des structures est moins aisée que sur une zone enherbée), mais aussi la date de prise de vue, le type et les caractéristiques du capteur, ainsi que la résolution spatiale des images traitées.

## A l'échelle d'une montagne : Télédétection satellitaire

Des travaux de détection automatique ou semi-automatique de sites archéologiques par traitement d'image satellite ont déjà été réalisés sur des secteurs de haute montagne. Ainsi, l'équipe de recherche travaillant sur le Puy-de-Dôme (Toumazet et al, 2017) ont mis au point, à



**Fig. 6** - Comparaison entre les résultats d'une photo-interprétation et par prospection pédestre (Rendu et al, 2016, p. 63)

partir de données Lidar acquises par avion, une procédure de détection automatique des structures pastorales, qui se caractérisent par une forte empreinte spatiale ainsi qu'une forme simple et "standardisée". Ce travail s'est basé sur l'appariement de modèles et sur une classification orientée objet. Autre exemple, sur la montagne de Silvretta en Autriche (Lambers, Zingman, 2012a ; Lambers. K et al, 2012b, Lambers. K et al. 2013, Zingman et al, 2012 ; Zingman I et al., 2013a et 2013b, Zingman I et al, 2014, Zingman, 2015 ; Zingman I et al., 2016) où l'équipe de recherche dirigée par Thomas Reitmaier a travaillé sur la détection semi-automatique de structures pastorales d'altitude. L'application des algorithmes de segmentation d'image et de détection des formes ont permis de détection des structures simples, isolées dans des zones enherbées et ayant un bon état de conservation (murs en élévation). Toutefois, ces deux équipes de recherche se sont confrontés à deux problèmes majeurs : la résolution radiométrique et spectrales des images notamment satellite 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 reconnaître les murs d'une structure, il est nécessaire qu'ils soient renseignés par plusieurs pixels. Ainsi, seuls les grands ensembles et/ou les constructions

fortement visibles, comme un enclos isolé dans la pelouse, peuvent être perçues. Toutes les infrastructures pastorales arasées identifiables par un microrelief ou quelques blocs alignés restent actuellement inaccessibles par ces moyens techniques. Cependant, ce problème pourrait être modéré par une approche multi source (De Laet. V et Lambers. K, 2009, p. 12).

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

- Comment repérer les constructions totalement arasées, généralement les plus anciennes, entièrement recouvertes par la végétation et/ou perceptibles que par des micros-reliefs d'une dizaine de centimètre de hauteur ou par quelques blocs affleurants



la surface ?

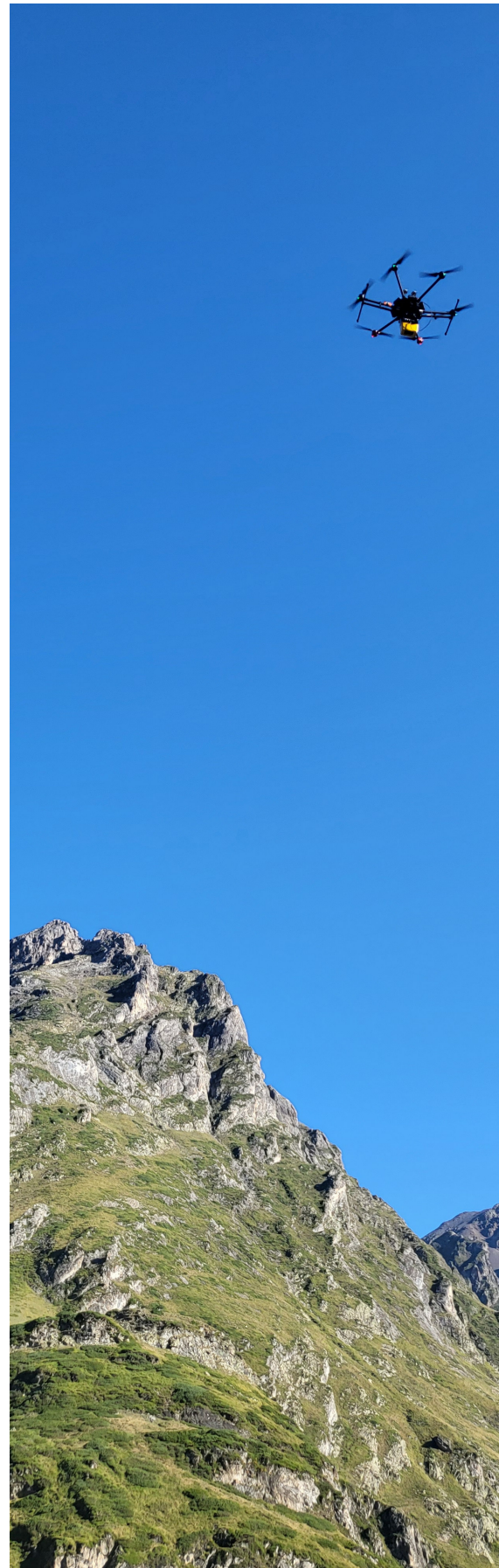
- Comment arriver à une détection la plus exhaustive possible des aménagements de haute et moyenne montagne ?

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

Le projet de recherche T.A.H.M.M. ne s'axe pas que sur l'usage exclusif d'image satellite, mais sur une démarche d'intégration de données multisources (images multispectrales, thermographiques et photogrammétrie satellite et par drone) et sur la fusion de l'information acquise.

L'ensemble des outils et appareillages mis en œuvre s'utilisent à différentes échelles d'analyse. Ainsi, travailler avec des images satellite (R, V, B et NIR) permet de traiter de 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 ; Poirier, 2017) des images. Avec un drone, la taille du pixel des images produites passe de 0,50 cm à 1 cm. Rabaisser la hauteur des acquisitions permet donc de réduire les limites de la détection archéologique.

L'intérêt des drones vient également de la multiplicité et de la variété des capteurs utilisables. Multispectral, thermographie, lidar, photographie ... le panel des appareillages implémentable sur drone ne cessent de se développer et permet d'ouvrir



**Fig. 7-** Relevé Lidar- 2022 (© C. Calastrenc)



**Fig. 8-** Mise en place- Relevé géoradar- 2022 (© Rebecca Michiels)

l'archéologue à tout un ensemble d'outil difficilement accessible jusqu'ici. (Fig. 7)

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

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

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

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



d'altitude, des anomalies pouvant correspondre à des vestiges d'aménagements enfouis sous la surface. Le magnétomètre permet quant à lui de cartographier les anomalies magnétiques dues à la présence d'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.

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

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 de garder tout ou partie du bétail la nuit, de faire des soins et, si nécessaire, la traite. Les fouilles archéologiques du secteur de La padria à Enveitg dirigées par Christine Rendu (Rendu, 2003) ont également montrées que des activités annexes nécessitant des foyers pouvaient être réalisées à l'intérieur des enclos. L'XRF, parce qu'il identifie les éléments chimiques présents dans le sol permet de localiser, en surfacique et en profondeur, les variations des taux des éléments traceurs des excréments des animaux : Phosphore (P), azote (N), magnésium (Mg), calcium (Ca), potassium (K) (Fardeau, Martinez, 1996 ; Bloor et al, 2012) et ainsi d'avoir une perception de la mobilité des zones de stabulation dans le temps et l'espace. Les premiers tests se sont focalisés sur le phosphore et sur des tests d'association des différents marqueurs des déjections animales (Fig. 9)



**Fig. 9-** Relevé XRF- Enveitg- Pyrénées-Orientales- 2019 (© Néomie Luault)

## Zones d'étude

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

Enveitg (Pyrénées-Orientales) et Anéou (Pyrénées-Atlantiques) sont deux zones archéologiquement très bien connues. Elles servent de zones d'étalonnage des procédures d'acquisition et de traitement des données.

La montagne d'Enveitg est marquée par une remontée de la végétation arborée et ligneuse (densification de petits îlots de forêts de

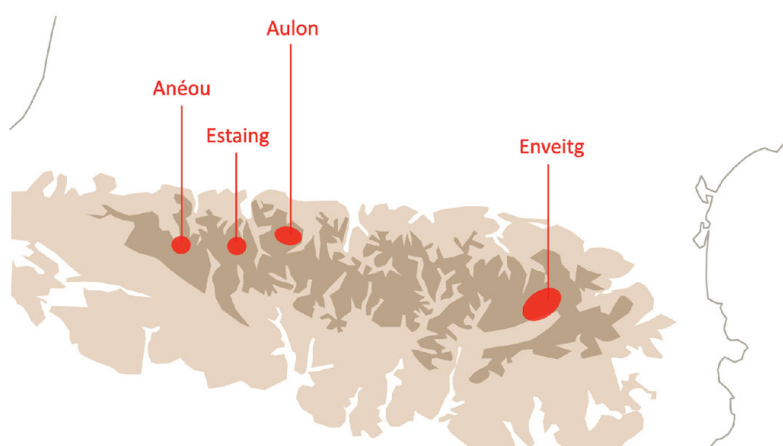
conifères et développement spatial des genêts).

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

Quant aux deux zones tests, vierges de toute recherche archéologique, il s'agit de la réserve naturelle d'Aulon (Hautes-Pyrénées) et de la commune d'Estaing (Hautes-Pyrénées). (Fig. 10)

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

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



**Fig. 10** - Ci contre, localisation des 4 zones atelier du programme TAHMM ; ci-dessous, tableau synthétique de présentation des 4 zones ateliers du programme TAHMM

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

## Montagne d'Enveitg

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 établi, 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 spatialisées sous SIG (un point = 1 structure = 1 ligne dans la base de données). Ce corpus bénéficie également du travail réalisé dans le cadre du programme de recherche DEPART qui a permis le développement d'un SIG collaboratif et international entre la France, l'Espagne et l'Andorre sur les aménagements de la haute montagne (Le Couédic M, 2016).

Aujourd'hui, l'inventaire archéologique de la montagne d'Enveitg comprend 271 structures dont, 6 abris sous roche, 98 cabanes, 9 couloirs de traite, 58 enclos, 64 murs isolés, 6 terrasses et 30 structures indéterminées. 16 de ces 271 structures ont fait l'objet de fouille extensive. 42 datations 14C ont permis de documenter une occupation qui s'étendant du Néolithique ancien à nos jours. (Fig. 11)



Fig. 11 - Plaa de l'Orri - Enveitg (Pyrénées-Orientales) - 2018 (© Nicolas Poirier)



## **Estive d'Anéou**

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

d'occupation. L'ensemble de ces datations documente une occupation de cette estive de l'âge du Bronze à nos jours. (Fig. 12)



**Fig. 12** - Estive d'Anéou - Laruns (Pyrénées-Atlantiques) - 2007 (© C. Calastrenc)

## Réserve Naturelle d'Aulon

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

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

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

Elle est couverte par :

- 50% de milieux ouverts ou semi-ouverts
- 40% de milieux rocheux
- 9% de forêt
- Et 1% de milieux aquatiques et humides.

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

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

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



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

## Le Liantran

La commune d'Estaing se trouve en Val d'Azun, dans le département des Hautes-Pyrénées. Les estives d'Estaing appartiennent en indivis à 4 communes, Arcizans-Dessus, Bun, Gaillagos et Estaing. Elles sont actuellement gérées par le Syndicat Intercommunal à Vocation Multiple de Labat de Bun (SIVOM). Ces pâtures se trouvent en zone cœur du Parc National des Pyrénées.

En 2017, le Parc National des Pyrénées et le SIVOM de Labat de Bun ont décidé de réaliser la réhabilitation d'une toue (un abri sous roche – la Toue de Cétira) ainsi que d'une cabane, d'un leyté (système de conservation du lait) et d'un enclos, situés dans le secteur du Liantran.

Le service Régional de l'Archéologie de la DRAC (Direction Régionale des Affaires Culturelles) d'Occitanie, par l'intermédiaire d'Anne Berdoy (Ingénieur au Service Régional d'Archéologie d'Occitanie en charge du département des Hautes-Pyrénées), a prescrit une prospection et un inventaire des structures pastorales en préalable au chantier. Le service Régional de

l'Archéologie d'Occitanie a alors proposé d'inclure cette étude dans le programme de recherche TAHMM.

Le secteur du Liantran se trouve au fond de la vallée d'Estaing, à 1850 m d'altitude. Sur le bord ouest du lac du Liantran. Il comprend un vaste groupement pastoral qui s'étend sur 3 hectares (Fig. 14).



**Fig. 14** - Secteur du Liantran - Estaing (Hautes-Pyrénées) - 2018 (© C. Calastrenc)



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



### Carine Calastrenc

Ingénieur de recherche CNRS- Laboratoire TRACES (UMR 5608) / Laboratoire FRAMESPA (UMR 5136)  
– Responsable scientifique du programme T.A.H.M.M.

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



### 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



Directrice de Recherche CNRS- Laboratoire  
FRAMESPA (UMR 5136)

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

## Bilan chargé / Budget

2022					2022
<b>Mise à disposition de personnel (CNRS - UT2J)</b>					
<b>Acquisition des données</b>					
DR / CR / MCF	nb perso	nb jour	€/jours		
IR	2	4	1 400,00 €	5 600,00 €	
IE	1	17	700,00 €	11 900,00 €	
AI	1	0	688,89 €	0,00 €	
	1	0	588,89 €	0,00 €	
<b>Traitement des données</b>					
DR / CR / MCF	nb perso	nb jour	€/jours		
IR	2	3	1 400,00 €	4 200,00 €	
IE	1	49	700,00 €	34 300,00 €	
AI	1	3	688,89 €	2 066,67 €	
	1	0	588,89 €	0,00 €	
Total "Mise à disposition de personnel"				<b>58 066,67 €</b>	
<b>Subventions et partenariats de recherche</b>					
<b>Etat (autres que SDP/SDA)</b>					
<b>Collectivités territoriales :</b>					
Région				4 200,00 €	
Département des Hautes-Pyrénées				1 700,00 €	
Commune, communauté de communes				—	
Autres				—	
<b>Ministère de la Culture (SDA)</b>					
Autre —				4 200,00 €	
Réserve naturelle d'Aulon				1 000,00 €	
Total "Subventions et Partenariats de recherche"				<b>11 100,00 €</b>	
<b>TOTAL prog. TAHMM (charge salariale comprise) - 2022</b>					<b>69 166,67 €</b>
<b>TOTAL prog. TAHMM (hors charge salariale) - 2022</b>					<b>11 100,00 €</b>
<b>Dépenses</b>					<b>2022</b>
<b>Préparation chantier 2022</b>					
<i>Informatique</i>					550,66 €
<i>Transport préparation fouille</i>					517,50 €
Sous-Total "Préparation chantier"				<b>1 068,16 €</b>	
<b>Chantier 2022</b>					
Transport matériel					478,95 €
Matériel camping					435,11 €
Nourriture					1 115,19 €
Petit matériel					98,91 €
Pharmacie					20,52 €
Hébergement					1 806,00 €
Datation 14C					2 669,10 €
Remplacement matériel cassé					70,80 €
Sous-Total "Chantier"				<b>6 694,58 €</b>	
<b>Post-fouille et préparation demandes subvention</b>					
Transport					931,50 €
Reproduction rapport					500,00 €
Participation au colloque de Nice					200,00 €
Retribution stage Lidar - Collaboration CESBIO (2023)					1 000,00 €
Préparation collaboration IRT, CNES - introduction IA					800,00 €
Sous-Total "Post-fouille"				<b>3 431,50 €</b>	
<b>TOTAL dépenses Prog. TAHMM - 2022</b>					<b>11 194,24 €</b>

Tab. 1 - Budget 2022

## CHAPITRE 2

### Sondages archéologiques

Afin de valider ou d'invalider les résultats obtenus les années précédentes par l'emploi de différents appareillages scientifiques non-invasifs, des sondages de vérification ont été réalisés en 2022.

#### Organisation d'un chantier archéologique dans une Réserve Naturelle

Organiser un chantier archéologique en haute montagne, dans un secteur protégé, demande préparation minutieuse et une constante collaboration avec les institutions et organismes de protection et de gestion. La Réserve Naturelle d'Aulon, par ses attributions a imposée différentes mesures destinées à limiter l'impact de nos activités sur l'environnement. Ces mesures concernent à la fois les modalités de montée/descente du matériel et l'organisation de la vie sur site.

Organiser une fouille archéologique en zone montagneuse, en auto-suffisance complète, ne laisse place à aucune improvisation.



**Fig. 15-**  
Hélicoptère du matériel  
nécessaires à la  
réalisation de la  
campagne  
archéologique  
2022 (© C.  
Calastrenc)





**Fig. 16-**  
Héliportage du matériel nécessaires à la réalisation de la campagne archéologique 2022 (© C. Calastrenc)

## ***Dates d'intervention***

Afin de protéger une zone de nidification d'un couple de gypaète barbu (espèce menacée inscrite sur la liste rouge des espèces à protéger), la période d'intervention a été imposée par la Réserve Naturelle d'Aulon. Le chantier s'est déroulé du 9 au 25 septembre 2022.

## ***Héliportages***

Pour pouvoir sanctuariser la zone de nidification du gypaète barbu, la DZ (Drop Zone), la trajectoire de survol (ZSM) et le lieu de pose a été imposé par la Réserve Naturelle d'Aulon et devait être strictement respecté.

Une société d'héliportage, Hélicoptère de France, avait été contractualisée pour effectuer la pose et la dépose du matériel. Le 9 septembre, à 9h00, les bénévoles étaient sur le site de la DZ, le matériel scientifique, de la base vie et la nourriture était, grâce aux big bag prêtés gracieusement par la municipalité d'Aulon, conditionnés. Après 4h d'attente, de report en report, cette société a finalement annulé la mission de façon unilatérale. La société, Blugeon, au pied levé, a répondu positivement à notre demande de prestation et l'a assurée le 10 septembre à 9h00. La dépose du matériel a été également assurée par la société Blugeon (Fig. 15 et 16).



## Usage des drones.

L'usage des drones a également été conditionné, par la Réserve Naturelle d'Aulon, à un usage ponctuel. Pour limiter les héliportages, il a donc été décidé de réaliser une mission unique qui devait coupler les sondages et les acquisitions de nouvelles données notamment par des moyens aériens.

## Vie quotidienne

Les 8 années de travail dans la zone centrale du parc National des Pyrénées (Rendu et al, 2016) ont permis d'acquérir une expérience certaine en matière d'organisation et de gestion de campements d'altitude en autosuffisance. Lors de ces différents chantiers, une attention particulière a été portée au respect de l'environnement, à ce que la présence des fouilleurs soit le moins marquant et impacte le plus légèrement possible l'environnement. Ce sont ces mesures qui ont été suivies sur le chantier du replat de l'Auloueilh dans la Réserve Naturelle d'Aulon (Fig. 17).

## Impact environnemental

Les postes de vaisselle et les douches sont placés à distance des cours d'eau actifs afin que le sol serve de filtration. Pour limiter les produits chimiques, l'utilisation exclusive de produits biodégradables est également imposée pour la vaisselle, la lessive des vêtements et les soins personnels. Le papier toilette est également biodégradable CAO.



**Fig. 18**-Usage de douche (© Rebecca Michiels)

## Usage de l'eau

Deux tentes de douche ont été installées afin de garantir l'intimité des fouilleurs (Fig. 18). L'eau

**Fig. 17**- Base-vie- Replat de l'Auloueil (© Marvyn Bigot)



utilisée pour les douches vient du ruisseau Lavedan. Cette année, aucun moyen de chauffe de l'eau (type douche solaire) n'a été utilisée.

L'eau pour boire et cuisiner était prise à une source située à 242 m de la cabane de l'Auloueilh et à 79 m de dénivelé positif. Cela permettait de s'assurer de l'absence totale de parasites (type douve du foie). Le choix et la salubrité de cette source nous a été indiqué par le personnel de la Réserve Naturelle d'Aulon. Les bidons d'eau étaient remplis tous les deux jours.

### Gestion de l'énergie

Concernant l'éclairage, les recharges des appareils scientifiques et des téléphones portables, nous avons pensé utiliser des panneaux solaires. Toutefois, les besoins énergétiques quotidiens (recharge des batteries de la station totale, des DGPS, de l'ordinateur, des

téléphones portables, tablettes, des lampes portables destinées à l'éclairage de la partie refuge et aux pôles de vaisselle le soir) était trop important pour les panneaux solaires dont l'équipe Terrae (coordination des médiévistes des laboratoires TRACES et FRAMESPA) dispose. La Réserve Naturelle d'Aulon a autorisé l'usage d'un groupe électrogène (Honda) qui fournit 2000 kWatt (Fig. 19). Son fonctionnement s'est limité à 2 heures par jour, sauf pour les périodes de recharge des batteries du drone Lidar et du matériel de géophysique. Seul l'éclairage de la zone de cuisine et de la partie refuge était assuré par des lampes solaires.

### Economat

La zone d'étude étant située à 1h de marche en descente, à 1h30 en montée et à 40 minutes de voitures du premier supermarché, faire



Fig. 19-Réparation du groupe électrogène (© Rebecca Michiels)



régulièrement les courses de nourriture est inenvisageable. Toute la nourriture a été amené en une fois (Fig. 20). Des menus, équilibrés, variés et copieux, ont été élaborés. C'est sur cette base que les courses ont été effectuée.

Afin de limiter les déchets aux seuls packagings, les différents menus ont été prévu pour que les quantités nécessaires à leur élaboration correspondent à des paquets entiers (Fig. 21). Il a également été demandé aux fouilleurs de laisser le moins de déchets alimentaires possibles pour limiter les problèmes d'hygiène, les invasions d'animaux friands de produits détritiques et les odeurs. Tous les emballages papiers ont été récupéré et stocké dans la partie « Refuge », pour

l'allumage de feux de cheminée. L'excédent a été laissé pour permettre aux randonneurs de se chauffer en hiver. Ces mesures ont permis de limiter les déchets à 3 poubelles de 50 litres pour presque 3 semaines de présence à en moyenne 6 personnes. Tous les déchets ont été redescendu par héliportage à la fin du chantier.

Tous les produits alimentaires non consommés à la fin de la fouille a été donné à l'Association Secours Populaire, Comité de Colomiers, reconnue d'utilité publique (Fig. 22).

### Base vie

Chaque personne dispose de sa tente

**Fig. 20**-Cuisine installé dans la partie « cabane du berger » du refuge de l'Auloueilh (© C. Calastrenc)



Chantier archéologique - Aulon  
REPAS

Lundi 12 sept	Mardi 13 sept	Mercredi 14 sept
<b>Petit-déjeuner</b> 4 Quart Beurre Confiture Biscotte Café Thé	<b>Petit-déjeuner</b> 4 Quart Beurre Confiture Biscotte Café Thé	<b>Petit-déjeuner</b> 4 Quart Beurre Confiture Biscotte Café Thé
<b>Midi</b> Salade de pâte Pommes Fromage	<b>Midi</b> Salade de riz Pomme Biscuit	<b>Midi</b> Salade de pomme de terre Pomme Biscuit
<b>Soir</b> Soupe Cassoulet Crêpe	<b>Soir</b> Soupe Couscous Compote	<b>Soir</b> Soupe Chili con carne Crème dessert

Lundi 12 sept	Mardi 13 sept	Mercredi 14 sept
<b>Petit-déjeuner</b> 4 Quart Beurre Confiture Biscotte Café Thé	<b>Petit-déjeuner</b> 4 Quart Beurre Confiture Biscotte Café Thé	<b>Petit-déjeuner</b> 4 Quart Beurre Confiture Biscotte Café Thé
<b>Midi</b> 500 g de pâtes 1 féta 5 tomates 2 poivrons 5 pommes Fromage (250 g)	<b>Midi</b> 500 g de riz 2 boîtes de thon 3 échalotes 2 poivrons Des olives vertes 5 pommes 1 paquet de biscuit	<b>Midi</b> 1 kg de pomme de terre 10 œufs 1 paquet de bacon 250 g de fromage 5 pommes 1 paquet de biscuit
<b>Soir</b> Soupe Vermicelles (100 g) 2 boîtes de cassoulet 500 g de pommes de terre 10 Crêpes	<b>Soir</b> Soupe Pâtes étoiles (100 g) 2 boîtes de couscous royale 500 g de semoule Compote	<b>Soir</b> Soupe Semoule (100 g) 2 boîtes de Chili 3 oignons 500 g de riz 2 boîtes de crème dessert

Fig. 21-Extrait du cahier des menus (© C. Calastrenc)





## ATTESTATION DE DONS

Je soussigné(e) Blanc Benjamin agissant pour le Secours Populaire Français – comité de Colomiers - Fédération de la Haute-Garonne, rattachée statutairement au Secours populaire français, association reconnue d'utilité publique par décret du 12 mars 1985 (JO du 20 mars 1985), sis 4 allée de Sisteron BP 20055 31770 Colomiers en qualité de Secrétaire général du comité de Colomiers atteste :

Atteste que madame CALASTRENC Carine a fait don au comité de Colomiers du Secours populaire français des produits alimentaires , non consommés pendant le chantier de fouilles qu'elle a dirigé au mois de septembre à l'Auloueih sur la commune d'Aulon ..

Pour faire valoir ce que de droit.

Fait à Colomiers  
Le 01/12/2022

Signature

**Tampon du Comité**

**SECOURS POPULAIRE**  
BP 20055  
31771 COLOMIERS  
05 61 78 49 64

**Fig. 22**-Attestation de dons- Secours populaire- Colomiers

personnelle. Pour assurer un bon fonctionnement et une vie en collectivité équilibrée, il est nécessaire de fournir à chacun un espace intime ou pouvoir s'isoler et se reposer. Ces tentes ont été installées à l'intérieur des enclos récents situés à proximité de la cabane actuelle (Fig. 23).

L'usage de la cabane de l'Auloueilh a été réservée, par la Réserve Naturelle d'Aulon, à l'équipe scientifique durant toute la durée du chantier. Des panneaux annonçant cette « sanctuarisation » ont été placés sur le parcours

et des annonces ont été passés sur les réseaux sociaux pour avertir les usagers.

La partie « berger » de la cabane de l'Auloueilh a été récupérée pour en faire la cuisine et le lieu de stockage des victuailles. (Fig. 25) La partie « refuge » de la cabane a été utilisée comme lieu de stockage du matériel scientifique et des équipements de camping supplémentaires, de bureau et comme chambre du Responsable de l'Opération (RO).



**Fig. 23-** Base-vie (© C. Calastrenc)



**Fig. 24-** « Cuisine » (© C. Calastrenc)



**Fig. 25-** Partie « Refuge » (© C. Calastrenc)



## Bénévolat

Comme toutes fouilles programmées en France, la participation de bénévoles est indispensable (Fig. 25). Sans leur travail, leur implication dans la fouille et la vie quotidienne, les travaux archéologiques ne peuvent avoir lieu.

Malgré un dépôt tardif sur le site du ministère de la Culture, 24 propositions de participation au chantier 2022 ont été reçues. Seules 4 places étaient ouvertes. Le choix des fouilleurs bénévoles s'est fait sur leur motivation.

Nous envoyons à chaque bénévole deux fascicules, l'un présentant les conditions de travail et de vie durant le chantier, la localisation

de ce dernier, l'autre, précise les horaires et lieu de rendez-vous, les obligations en lien avec un travail dans une Réserve Naturelle, la liste du matériel nécessaire à prendre. L'expérience nous a appris que certains bénévoles manquent de matériel comme polaire, casquette, tente imperméable, tapi de sol ou duvet efficace. Nous emportons toujours certains de ses éléments que nous leur prêtons. De plus, nous disposons de bâches supplémentaires car tous les ans, certaines tentes, poreuses, des bénévoles ont besoin d'une couverture imperméable.

**Fig. 25-** L'équipe de fouille (© Rebecca Michiels)



## Sécurité

Le replat de l'Auloueilh étant une zone blanche, aucun réseau téléphonique, ni internet n'y fonctionne. Pour avoir du réseau, il faut monter au « Pouey » qui est situé à 425 m de distance avec un dénivelé positif de 60 m et une pente moyenne de 17 % (pente max. 87%). La montée nécessite entre 10 – 15 minutes de marche. Un point téléphonique y a été réalisé tous les 2 à 3 jours avec la base située dans le village de Sailhan afin d'assurer de la bonne santé de l'équipe.

Pour des questions de sécurité, un réseau de talkie-walkie permettant de contacter les secours rapidement a été mis en place. Ainsi, nous avons une paire de talkie-walkie ayant une portée de 4 km qui nous permettait d'être en contact sur l'ensemble du replat et de pouvoir contacter les bergers résidant dans la cabane d'Espigous située à 1,350 km avec un dénivelé négatif de 286 m. Nous avons également placé un talkie-walkie à la base située dans le village de Sailhan permettant une émission et réception sur plus de 10 km. Le deuxième talkie-walkie était entre nos mains et ne devait être utilisé qu'en cas de problème.

En cas d'urgence, nous disposons également d'une trousse de secours conçue pour les Secouristes et Sauveteurs du Travail (SST) qui comportant 5 modules par types de soins spécialement et qui est étudiée pour les déplacements en groupes de 12 à 15 personnes. Carine Calastrenc et Nicolas Poirier sont SST formés par le CNRS et apte à porter les premiers secours.

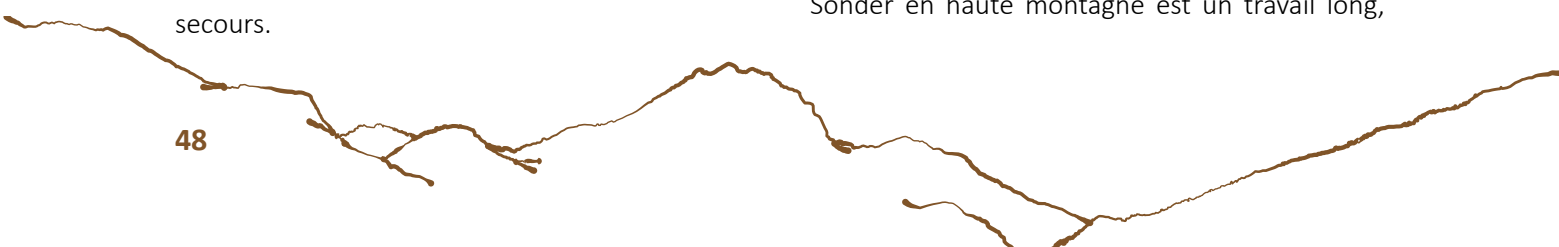
## Méthodologie de fouille

Nous avons procédé de façon identique pour l'ensemble des sondages réalisés en 2020. Leur implantation a été choisie en fonction des observations faites durant la phase de prospection. L'objectif était de pouvoir vérifier si les observations faites à partir des différentes acquisitions réalisées les années précédentes dans le cadre du programme TAHMM. Nous avons ainsi réalisé les 4 premiers sondages de validation ou d'invalidation, des observations faites antérieurement avec différents appareillages. Nous avons sondé des structures de morphologie différentes, d'état de conservation différents, inscrites dans des classes typologiques différentes, réparties sur l'ensemble du replat et qui ont été perçues par différents appareillages scientifiques.

Ces sondages doivent répondre à quatre exigences :

- Avérer ou pas la présence d'une structure archéologique sous-jacente,
- Informer sur l'amplitude stratigraphique des structures (une ou plusieurs occupations),
- Documenter les relations entre le bâti visible en surface et le(s) niveau(x) d'occupation,
- Recueillir des éléments archéologiques (mobilier mais surtout charbons) permettant la datation de ces niveaux.

Sonder en haute montagne est un travail long,





physique et difficile en raison du faible développement des niveaux stratigraphiques. Arriver à identifier l'enchaînement des niveaux sédimentaires demande de former les bénévoles et de se centrer sur une approche fine et délicate. L'expérience nous a appris qu'un sondage se réalise, en moyenne, en une semaine. Pour pouvoir réaliser le maximum de sondage, nous avons essayé de trouver un compromis entre surface d'observation et temps de réalisation. Les sondages, de 1,50 m de long sur 0,50 à 0,75 m de large, ont été positionnés de façon à ce qu'1m environ soit placé sur ce que l'on pouvait penser être le mur d'après les observations de surface, l'autre mètre couvrant l'intérieur de la structure (Fig. 26).



**Fig. 26-** Début de la fouille- Sondage de la structure 133 (© Maialene Gauthier)

Nous nous sommes également engagés auprès de la Réserve Naturelle d'Aulon à réduire au maximum l'impact des sondages. Après enlèvement de la tasque (la couche herbeuse), nous l'avons stocké sous des rhododendrons, à l'abri de la lumière et le plus au frais possible. Nous l'avons ensuite recouverte au fur et à mesure de la fouille par les sédiments afin de la conserver à l'humidité. Une fois la fouille finie. Nous avons rebouché la zone de fouille avec tous les cailloux extraits puis nous avons placé par-dessus les sédiments non tamisés à l'eau. Le tout a été recouvert par la tasque préservée. (Fig. 27) Ce procédé, déjà usité lors de nos travaux archéologiques dans le Parc National des Pyrénées, permet une reprise végétale rapide et efficace.

**Fig. 27-** Rebouchage- Sondage de la structure 133 (© Hadrien Hocde)



Pour effectuer des prélèvements de charbons, le tamisage des sédiments à l'eau à la maille de 2 mm et de 1 mm a été effectué pour les niveaux stratigraphiques jugés intéressants : ceux reconnus comme niveaux d'occupation, mais aussi certains niveaux d'abandon, de remblai ou de colluvionnement.

L'ensemble des unités stratigraphiques mises au jour a été documenté par des photographies et des relevés planimétriques. Les relevés pierres à pierres ont été réalisés par photogrammétrie. Différentes coupes ont également été suivies. Une liste de l'ensemble de ces plans figure en annexe du présent rapport.

Aucun des sondages n'a livré du mobilier.

L'analyse anthracologique de 7 échantillons de charbons a été réalisée par Marie-Claude Bal, maître de conférence et anthracologue au laboratoire Géode, pour une reconnaissance anatomique de l'espèce mais aussi pour permettre, dans la mesure du possible, en choisissant un fragment d'écorce ou de brindille, d'éviter l'effet « vieux bois ». Ce matériel a été envoyé au *Poznan Radiocarbon Laboratory* pour mesures 14C par AMS et ainsi dater les niveaux d'occupation reconnus lors de la fouille. Nous sommes en attente des résultats.

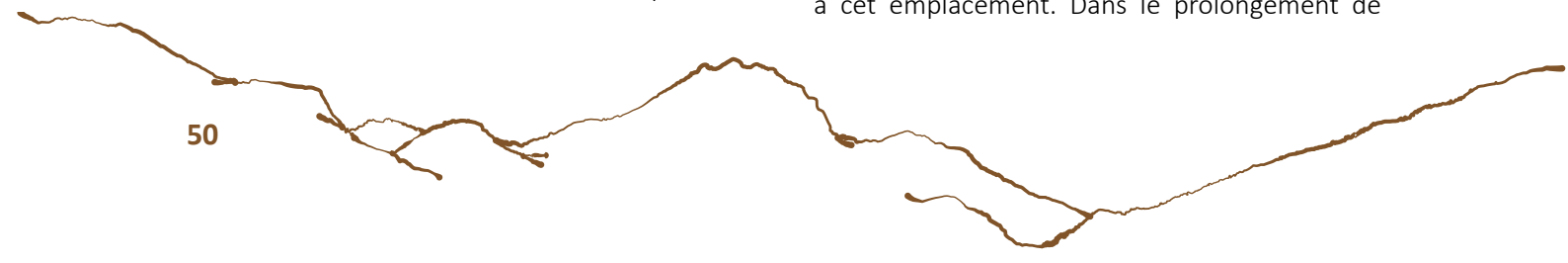
Le rapport qui suit présente pour chaque sondage une description succincte de sa localisation et des méthodes ayant permis sa détermination. Seront ensuite présentés

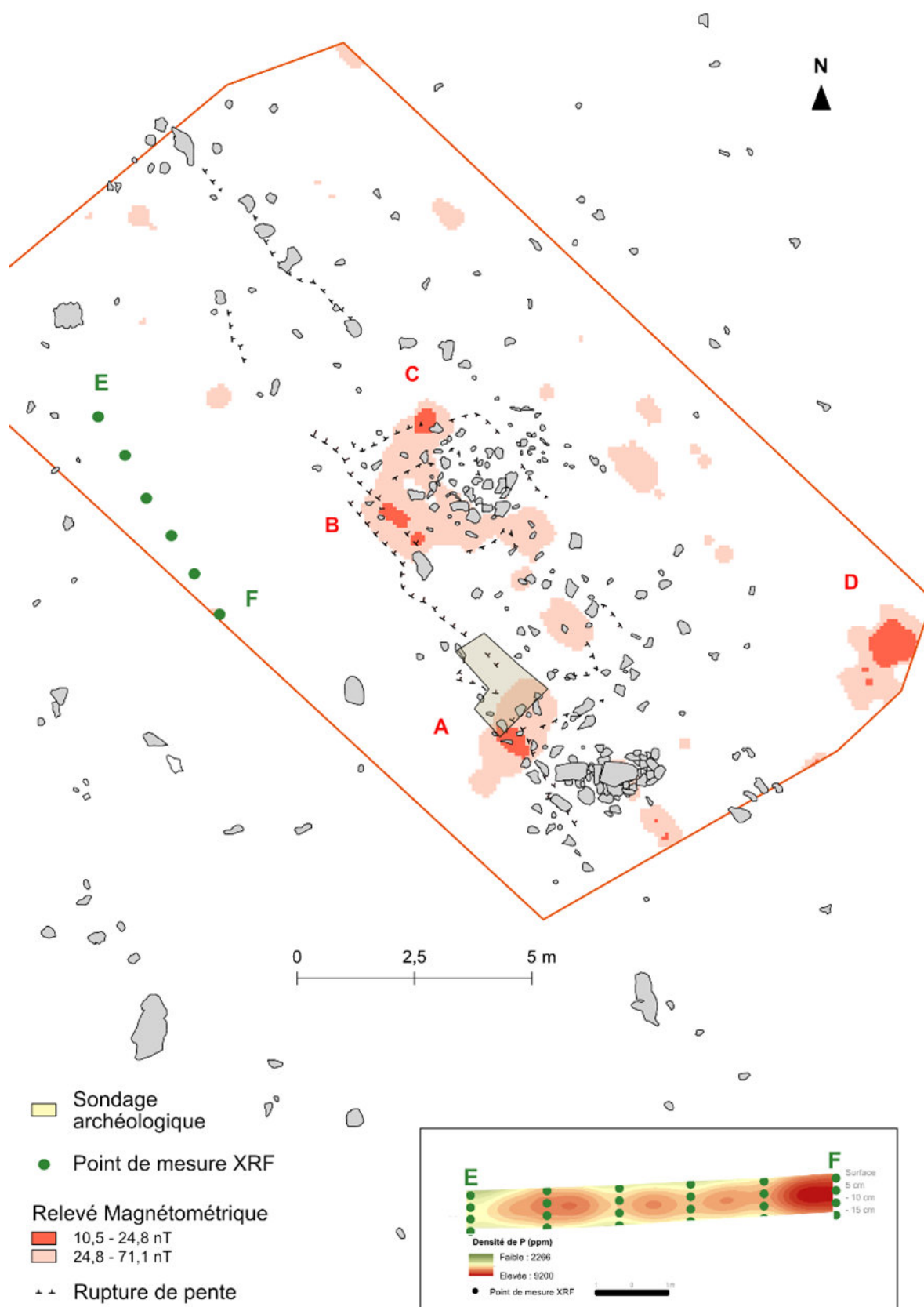
l'enchaînement stratigraphique. Un plan général avec la localisation du sondage et les données obtenues lors de la phase de détection, le plan du niveau d'occupation ainsi que le plan final (la dernière unité stratigraphique dégagée) et les coupes sont présentés. Les conclusions par sondage et les conclusions générales de cette phase de validation/invalidation) se trouvent à la fin de ce chapitre.

## Résultats des sondages

### Structure 13

En surface, la structure n° 13 se perçoit par une légère déformation du sol et quelques pierres affleurantes qui tracent une forme quadrangulaire. Elle est très arasée. Cette construction est installée en bas de pente et est marquée par une très légère déclivité centrale. Longue de 11,72 m, large de 4,04, elle couvre une surface de 47,35m<sup>2</sup>. 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. Conservée, au maximum, sur 0,40 m de hauteur, les murs ne sont visibles que 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





**Fig. 28-** Récapitulatif des informations acquises antérieurement aux sondages dans le cadre du programme TAHMM à l'emplacement de la structure n° 13 (© C. Calastrenc)

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 – Calastrenc et al, 2020)

## **Résultats des observations antérieures**

L'emplacement de la structure n° 13 a fait l'objet de plusieurs observations avec des appareillages scientifiques différents qui ont permis sa localisation, sa description et son inspection (Fig. 28).

### Relevé magnétométrique

Un relevé magnétométrique a été réalisé en 2020 à l'emplacement de la structure n° 13. Les traitements réalisés permettent d'identifier 3 anomalies magnétiques à l'intérieur (A, B et C) du bâtiment et une à l'extérieur, à 4 m au Nord-est de la porte (D). Il est impossible de déterminer, d'après la seule 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 le mur Sud (grand mur s'axe Nord-Ouest – Sud-Est). De façon très générique, les fouilles déjà effectuées, ont montré que pour faciliter l'évacuation des fumées, les foyers

étaient positionnés contre le mur qui accueille la porte. Ce placement permet également de libérer un plus grand espace pour la zone de nuit/vie. Le fait qu'il y ai possiblement plusieurs emplacements de foyers n'est également pas étonnant. En effet, comme l'ont montré, par exemple, la fouille de la structure E32 de l'Estive d'Anéou (Laruns – Pyrénées-Atlantiques), les foyers se déplacent (Rendu, 2016). Si les anomalies magnétiques visibles ici sont dues à la présence de foyer, leur localisation correspondraient avec l'emplacement de ce type d'aménagement intérieur. Toutefois, sur le seul relevé magnétométrique, il s'agit d'indicateur trop fragile pour le confirmer.

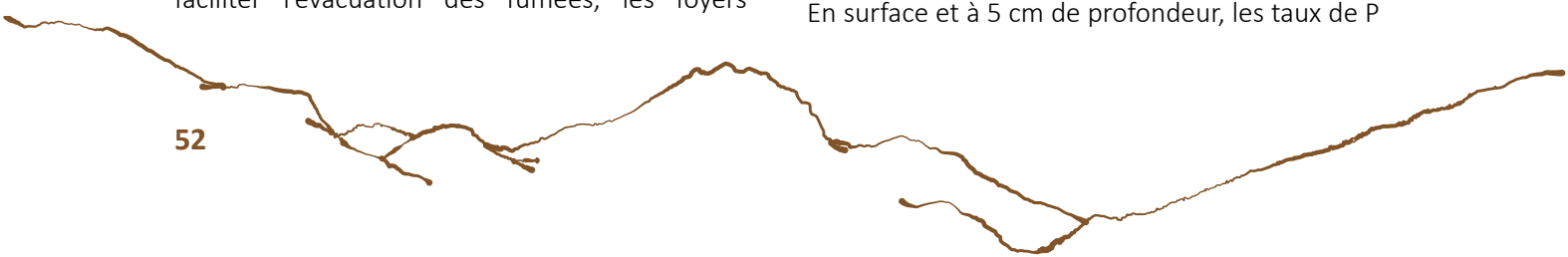
Reste l'anomalie extérieure, elle pourrait correspondre à un objet métallique ou à foyer extérieur. Les foyers extérieurs aux cabanes sont également documentés par la fouille (Rendu, 2003).

### Relevé XRF

En 2019, un relevé XRF a été réalisé à 3 mètres à l'ouest de la structure n° 13 (Fig. 28). L'objectif de ces mesures était de déterminer si cet espace avait servi de zone de stabulation.

Six points de prélèvement ont été réalisés, à l'extérieur de la construction n°13. Pour chacun de ces points, 4 niveaux de mesure ont été réalisés : surface, 5 cm , 10 cm et à 20 cm de profondeur.

En surface et à 5 cm de profondeur, les taux de P





sont les plus faibles et ne dépassent que deux fois les 2000 ppm.

A 10 cm de profondeur, l'histogramme des taux de P augmentent et les valeurs s'échelonnent entre 1303 et 3442 ppm.

A 15 cm de profondeur, le taux de P baisse très légèrement (entre 1706 et 1951 ppm avec une moyenne située à 2353 ppm).

Il faut également noter que la partie sud du transect est beaucoup plus chargée en phosphore que la partie Nord.

### **Résultat du sondage**

La fouille s'est déroulée du 16 au 22 septembre 2022.

Elle a été assurée par Rebecca Michiels et Marvyn Bigot sous la direction de Carine Calastrenc.

La fouille de la structure n°13 a été positionné de façon que le sondage permette de documenter l'angle Sud-Est du bâtiment. Il a été placé contre le petit pignon dans lequel était possiblement inscrit la porte (Fig. 28 et 32). Un premier sondage, d'axe Nord-Ouest/Sud-Ouest, de 1,26 m de long et 0,72 m de large, a été ouvert. Ce dernier s'est révélé être placé sur les murs Est et Sud. Une extension de 0,48 m de long et 0,82 m de large, d'axe Nord-Ouest/Sud-Est, a donc été ouverte afin d'obtenir des informations sur

l'intérieur de la construction et notamment de documenter le lien stratigraphique entre les murs et les niveaux sédimentaires.

La fouille à l'intérieur de la construction a montré la présence d'un rocher (US 315), visiblement projetée par une avalanche sur le site. La force a été tellement importante que ce rocher (0,54 m de long, 0,31 m de large et 0,258 m de haut) a traversé tous les niveaux stratigraphiques liés à l'éboulement ainsi que le niveau de circulation de la structure n°13. Il s'est posé juste au-dessus de foyer FY 312. Ce bloc, qui n'a pu être retiré lors de la fouille, ce qui a fortement réduit la superficie diagnostiquée à l'intérieur de la structure n° 13. La fenêtre d'observation est donc très étroite (68 cm de long sur 28 cm de large). Au vu des objectifs de cette série de sondage et du temps restant de fouille, il a été décidé de ne pas agrandir la surface de fouille.

Le substrat n'a pu être atteint du fait de la petite ouverture de fouille et de la présence, en fond de fouille, de blocs et dalles impossibles à enlever sans retirer le rocher (US 315).

Ce sondage a permis de mettre au jour 22 niveaux stratigraphiques (Tab. 3- Fig. 33) :

- 12 unités sédimentaires, parmi lesquels :
  - o 1 niveau d'occupation
  - o 1 possible foyer
- 9 unités « architecturales », parmi lesquels :

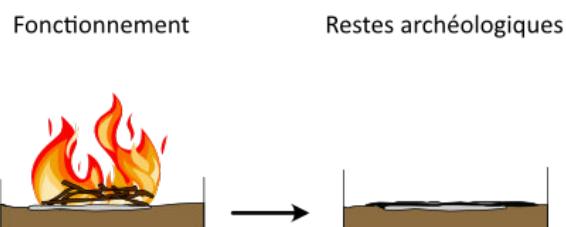
- o 2 murs.
- o 6 unités construites
- 1 unité stratigraphique négative

Sur une dalle (US 317), a été mis au jour un niveau très fin (1 cm) de terre légèrement rubéfiée (US 313) sur laquelle reposait une très forte concentration de charbon (US 312) recouverte par un niveau sédimentaire (US 311) très fortement chargé en charbon. Ces 4 unités stratigraphique forment un Fait archéologique interprété comme étant un possible foyer, FY 312 qui se développe sur une hauteur de 7 cm et suit un très léger pendage vers le Nord. (Fig. 33, 34 et 35) Ce niveau de charbon pourrait correspondre soit aux restes d'un incendie naturel, à un brûlage à feu courant (Menbrivès, Michelle et al., 2019), ou à un foyer anthropique (Fig. 29) installé sur dalle (Gascó, 2002).

Dans un contexte archéologique et lié à une activité humaine, ce type la dalle placée sous le foyer permet de maximiser le rendement du feu. En effet, au contact du feu, la dalle chauffe, augmente la puissance du feu et permet un effet de rémanence.

Le Fait FY 312 est recouvert par un niveau sédimentaire, d'une puissance stratigraphique de 18 cm, l'US 310, dans lequel sont enserré quelques pierres entre 15 et 20 cm et des petites inclusions inférieures à 3 cm. Un fragment de charbon d'*Albies* issus de cette US a été envoyé pour datation 14C par AMS au Radiocarbon

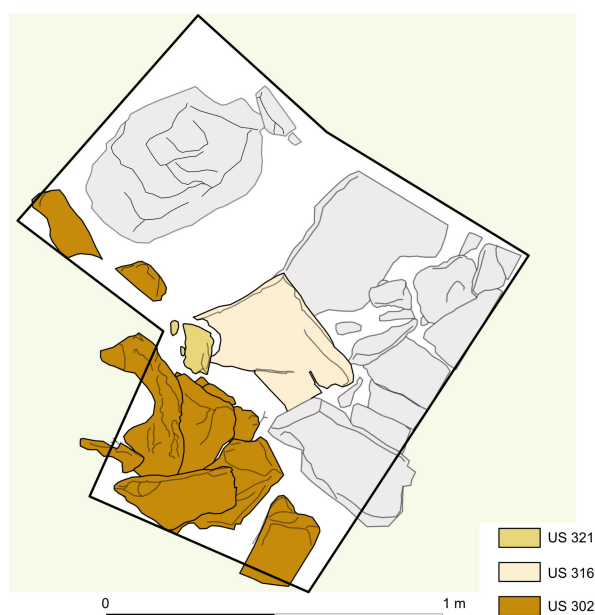
Poznan laboratory. C'est sur ce niveau qu'a été installé la structure n° 13.



**Fig. 29** - Comparaison entre un foyer en fonctionnement et les vestiges archéologiques qui en résulte (© C. Calastrenc)

Le mur Sud (MR 305) est observable sur 0,78 m de long et 0,42 m de large. La fouille a permis d'identifier son mode constructif (Fig. 32). Ce mur a été construit par creusement de la pente (US 322) pour niveler le sol. Une rangée de bloc (d'environ 0,30 m de long et 0,15 m de large) a été placé le long du talus pour former un parement (US 321). Le parement interne du mur est constitué, a niveau du sondage, d'une dalle (US 316) posée de chant. Entre ces deux éléments, une fourrure (US 302) de petits blocs (entre 10 et 20 cm de long) comblent les interstices. (Fig. 30, 34 et 36)

Le mur Est (MR 308) est observable sur 0,76 m de long et sur 0,58 m de large (sa largeur totale doit être de 0,75 m à 0,80 m). La fouille a permis d'identifier le mode constructif. Ce mur a été édifié par placement de deux lignes de blocs et dalle parallèle (US 303 pour la face intérieure et l'US 319 pour la face externe). La face interne du

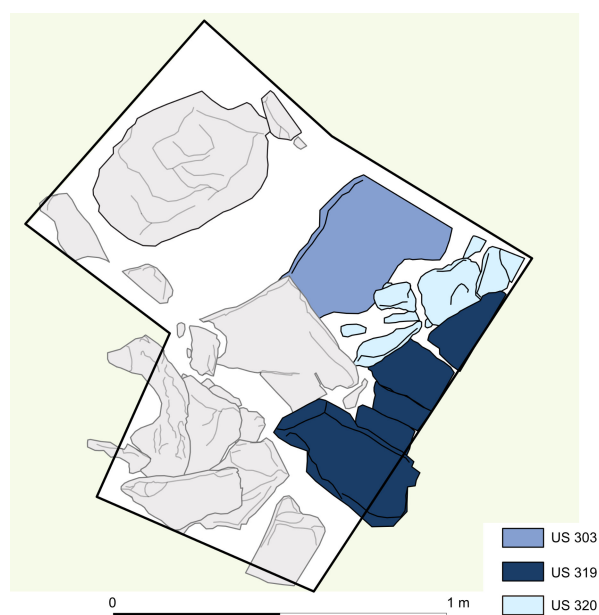


**Fig. 30-** MR 305 (© C. Calastrenc)

mur est constituée d'une seule dalle (de 0,40 m de long et 0,24 m de large) posée à plat. La face externe (US 319) est composée de 5 blocs accolés ayant un module d'environ 0,30 m de long et 0,20 m de large. L'espace entre ces deux lignes a été comblé avec une fourrure (US 320) de blocs de plus petit module (entre 0,10 et 0,20 m de long et entre 0,06 et 0,08 m de large).

Ce mur, très arasé, n'est conservé que sur un, voire, parfois et que très localement, deux niveaux d'assise. (Fig. 30, 35, 36, 37, 38)

Après la construction des murs, la structure a été occupée, un temps indéterminé. Au fur et à mesure de son occupation, un niveau de circulation s'est constitué (US 318). Ce niveau, d'une puissance stratigraphique de 3 à 7 cm, il ne renferme aucun matériel archéologique mais des charbons dont la quantité augmente plus on se



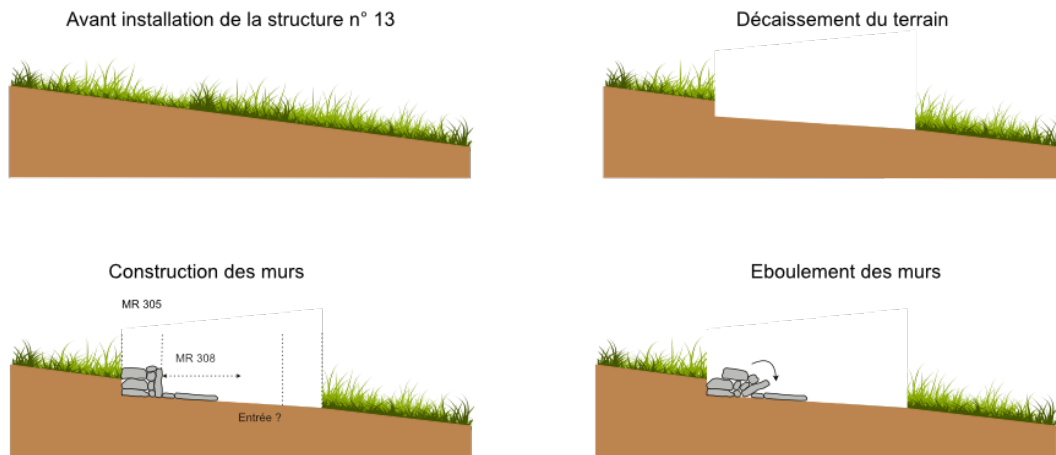
**Fig. 31-** MR 308 (© C. Calastrenc)

rapproche du niveau supérieur de l'US. Malheureusement, les charbons présents et relevés dans cette US étaient trop petits pour pouvoir être daté.

L'unité stratigraphique 318, vient butter contre la partie inférieure de la dalle posée à plat (US 303) constituant le parement intérieur du mur Est (MR 308). Le lien stratigraphique avec le mur Sud (MR 305) n'a pu être clairement observé du fait de son mode d'éboulement (vers l'intérieur de la structure).

Après l'abandon de la structure n° 13, le bâti s'est éboulé et a été recouvert par différents niveaux sédimentaires. Par-dessus le niveau de circulation s'est constitué l'US 309 ; niveau dans lequel se sont enfoncé les pierres des murs MR 305 et MR 308 éboulées (US 314). Pour pouvoir disposer d'une date *post-quem* de l'occupation





**Fig. 32-** Schématisation du processus de construction du MR 305 et de sa destruction (© C. Calastrenc)

de la structure n° 13, un fragment d'*Albies* issu de l'US 309 a été envoyé au Radiocarbon Poznan Laboratory pour datation AMS 14C. Les unités stratigraphiques de comblement 307, 306 et 304 ont recouverts les vestiges des murs MR 305 et 308.

A un moment indéterminé, mais postérieurement à l'éboulement du bâti, le rocher (US 315) a été projeté sur la structure n° 13. La violence du choc l'a fait s'enfoncer et traverser les sédiments jusqu'à l'US 310.

Le rocher, les éboulis des murs MR 305 et 308 ainsi que les niveaux de comblement 306 et 304 ont été recouvert par un niveau sédimentaire (US 301) qui a été lui-même recouvert par la végétation (US 300).

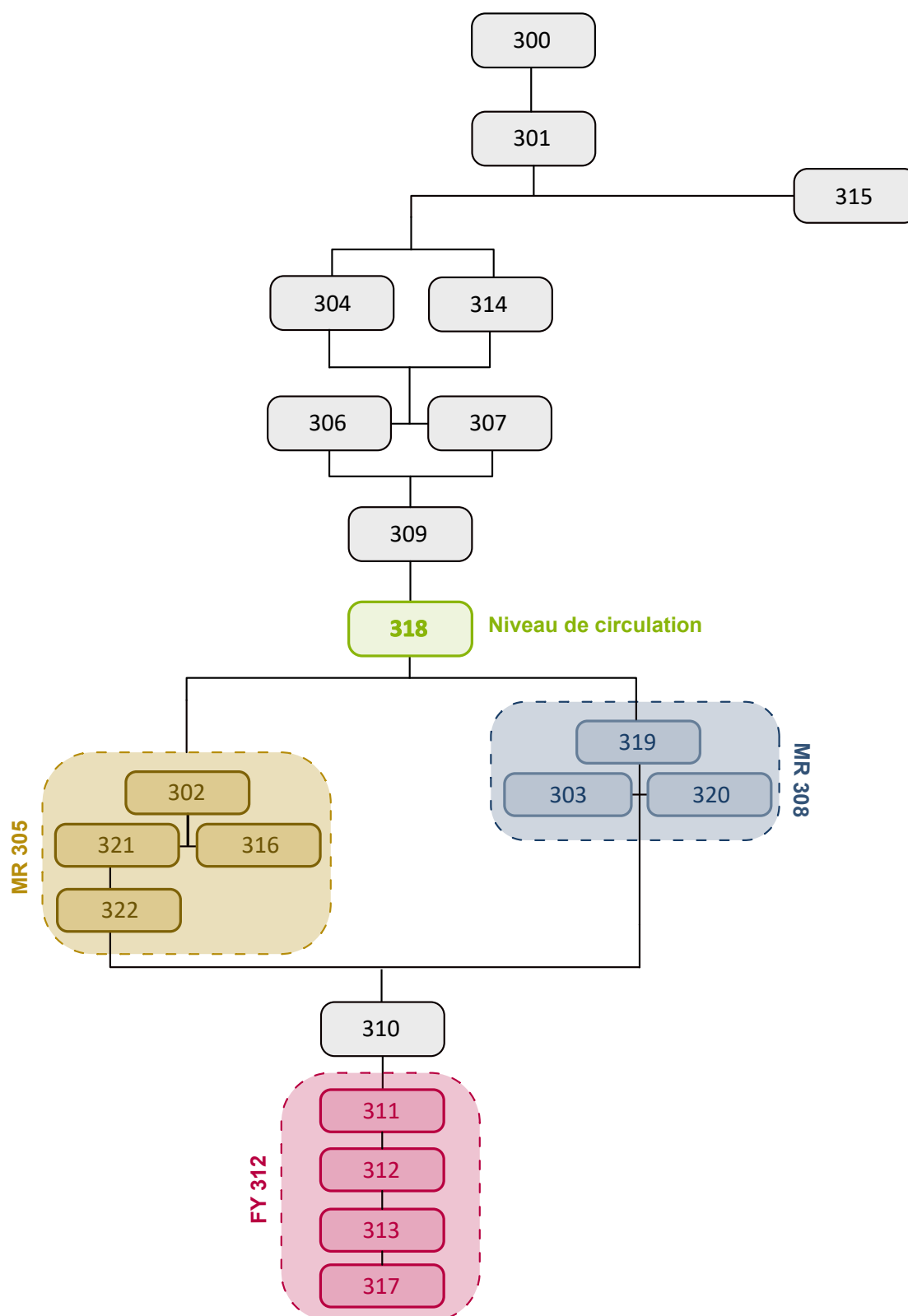
Type	N° US	Type	Description	Enchaînement stratigraphique	Puissance stratigraphique
<b>US</b>	300	Surface	Couverture végétale	Sur US 301	6 cm - 7 cm
<b>US</b>	301	Comblement	Sédiments limoneux, souples et fins qui entoure énormément de racines, quelques petites inclusions de cailloux (inf. 3 cm).	Sous l'US 300. Sur les US 304 et 307. Enserre l'US 314	20 cm - 25 cm
<b>USC</b>	302	Fourrure <b>MR 305</b>	Pierres et blocs (entre 10 et 20 cm) qui constituait la fourrure du mur MR 305.	Sur l'US 316. Dans les US 301 et 304	
<b>USC</b>	303	Dalle <b>MR 308</b>	Dalle posée à plat qui forme la face interne du mur MR 308.	Sur l'US 310 et sous les US 306 et 307	
<b>US</b>	304	Comblement	Sédiments, de couleur marron/brun, limoneux avec beaucoup de pierres (entre 10 et 20 cm) et beaucoup de racines.	Sous l'US 301 et sur les US 306, 307 et le MR 305	
<b>Fait</b>	305	Mur Sud <b>MR 305</b>	Mur constitué de 3 US : 302, 316 et 321. Le premier élément de ce mur a été une ligne de pierre (US 321) qui s'élève sur 4 niveaux d'assise et s'appuie contre le décaissement du terrain. Cette ligne de blocs est en place. La face interne du mur été constitué d'au moins une dalle posée de chant (US 316). Lors de la fouille, ce bloc a été retrouvé après son basculement vers l'intérieur de la cabane. En basculant, cette pierre a libéré plusieurs pierres entre 10 et 20 cm qui formaient une fourrure (US 302) et qui sont venues se positionner sur la dalle. Cette dalle soutenait également un bloc du parement « externe », qui a glissé et s'est posée par-dessus la fourrure et la dalle. La jonction entre le MR 308 et le MR 305 n'est pas nette car ces derniers n'ont pas été démontés.	Sous l'US 304 et sur l'US 310	
<b>US</b>	306	Comblement	Sédiments très compacts de couleur marron clair/gris, sableux avec beaucoup d'inclusion de petites pierres (inf. 2 cm). Présence de racines.	Sous l'US 304 et sur le MR 308.	2 cm – 4 cm

<b>US</b>	307	Comblement	Sédiments gris, très granuleux. Présence de nombreuses racines. Aucune inclusion.	Sous l'US 304 et sur le MR 308	1 à 2 cm
<b>Fait</b>	308	Mur Est <b>MR 308</b>	Mur constitué de 3 US : 303 319 et 320. Il est formé par une ligne de pierres et de blocs (30 cm de long) qui forme la face externe du mur (US 319). La face externe est constituée d'une dalle posée à plat (US 303). Entre les deux, de pierres de plus petit module ont été placées pour combler les espaces vides (fourrure – US 320). La jonction entre le MR 308 et le MR 305 n'est pas nette car ces derniers n'ont pas été démontés.	Sous les US 306 et 307 et sur l'US 310	
<b>US</b>	309	Comblement 309	Sédiments de couleurs gris, très granuleux, limono-argileux avec beaucoup d'inclusion de petites pierres (inf. 3 cm). Peu de racine. Elle vient buter contre la dalle plate qui forme la face interne du mur MR 308. A l'intérieur, a été découvert de très nombreux charbons. Certains de ces écofacts ont été prélevés à sec, d'autres ont été tamisés à l'eau. Aucun matériel archéologique n'a été mis au jour.	Sous les US 314 et 301 et sur l'US 318	3 cm – 8 cm
<b>US</b>	310		Sédiments limoneux, fins, de couleur marron foncé avec beaucoup d'inclusion de pierre (inf. 3 cm) et de quelques pierres entre 15 et 20 cm. Présence de quelques charbons.	Sous l'US 309 et les MR 305 et 308	18 cm
<b>US</b>	311	Foyer ( ? ) <b>FY 312</b>	Niveau constitué de très peu de sédiments limoneux, friable de couleur marron très foncé et de beaucoup (quasi exclusivement) de charbon. Aucune inclusion. Pas de racine.	Sous l'US 310 et sur les US 312 et 317	0,5 cm et 2,5 cm
<b>US</b>	312	Charbon <b>FY 312</b>	Concentration de charbon (Cette US a été prélevée totalement à sec)	Sur les US 313 et 317 et sous l'US 311.	0,5 cm – 3 cm

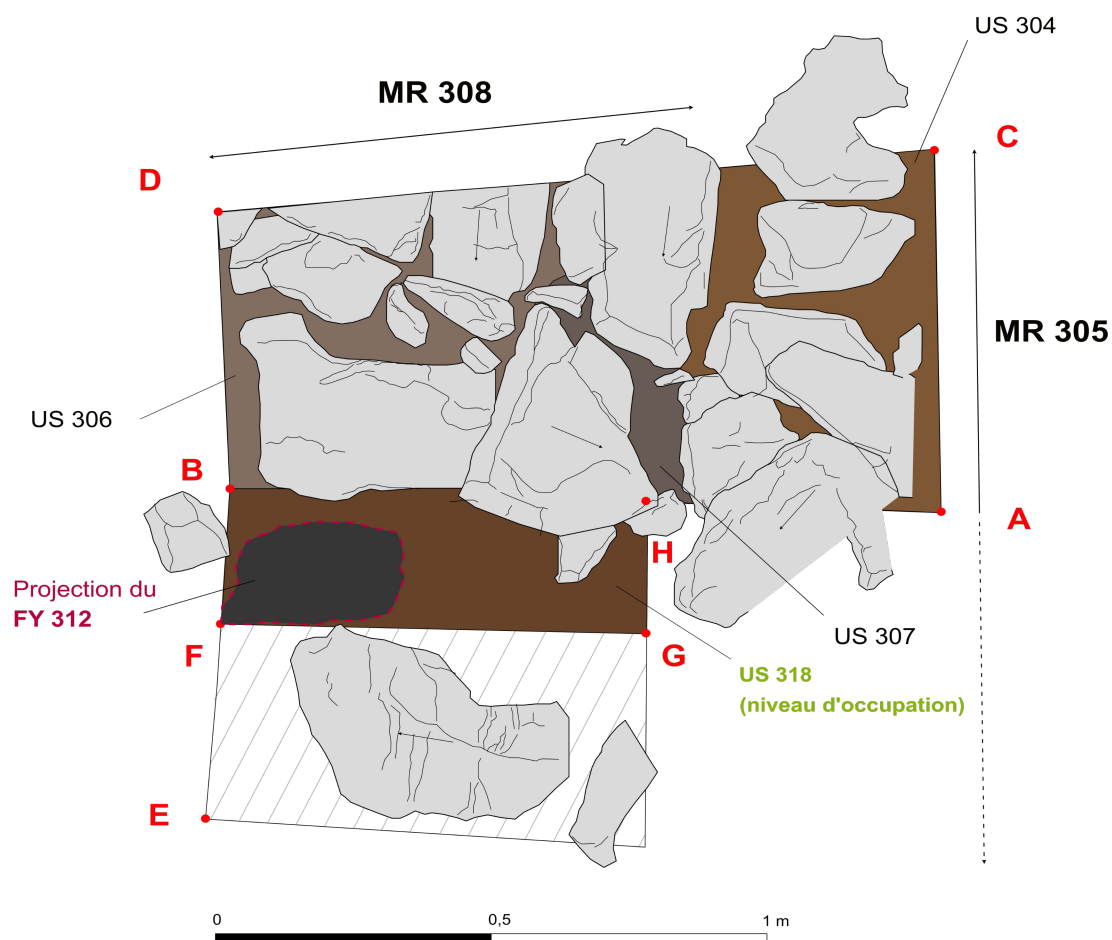


<b>US</b>	313	Terre rubéfiée <b>FY 312</b>	Sédiments légèrement rubéfiés, limoneux, de couleur marron/rouge, sans inclusion ni racine mais présence de charbon.	Sur l'US 317 et sous l'US 312.	0,5 cm – 1,5 cm
<b>USC</b>	314	Eboulis	Pierres et blocs correspondant à l'éboulis des murs Sud (MR 305) et Ouest (MR 308)	Dans l'US 301 et sur l'US 309	
<b>US</b>	315	Rocher	Rocher venu probablement lors d'une avalanche qui a eu lieu après l'abandon de la structure n° 13. Ce rocher a très fortement perturbé les niveaux stratigraphiques sous-jacents. Il a pénétré dans la stratigraphie traversant le niveau de circulation de la structure n°13.		
<b>USC</b>	316	Dalle <b>MR 305</b>	Dalle qui était posée de chant et qui, lors de l'éboulement du mur Sud, à basculer vers l'intérieur de la cabane.	Sous l'US 302 et sur l'US 310	
<b>US</b>	317	Dalle <b>FY 312</b>	Dalle sur laquelle repose le possible foyer FY 312.	Sous les US 313, 312 et 311.	
<b>US</b>	318	<b>Niveau de circulation</b>	Sédiments limoneux, fins, de couleur marron foncé avec des inclusions de pierre (inf. 3 cm) et de quelques pierres entre 15 et 20 cm. La fouille de ce niveau a permis de récupérer des charbons dont la quantité augmente en approchant de la partie supérieure de l'US.	Sous l'US 309 et sur l'US 310	3 à 7 cm
<b>USC</b>	319	Parement externe <b>MR 308</b>	4 blocs constituant, le parement externe du mur Est (MR 305)	Sous l'US 320	
<b>USC</b>	320	Fourrure <b>MR 308</b>	Pierres et blocs (entre 0,10 et 0,20 m) qui constituait la fourrure du mur MR 308.	Sous les US 306 et 307	
<b>USC</b>	321	Parement externe <b>MR 305</b>	Lignes de blocs (sur 2 à 3 niveaux d'assise) placés perpendiculairement au décaissement du sol	Sous l'US 304 et sur l'US 310	
<b>US</b> <b>Nég</b>	322	Creusement (US négative)	Décaissement de la pente pour niveler le sol et installer le mur Sud (MR 305)		

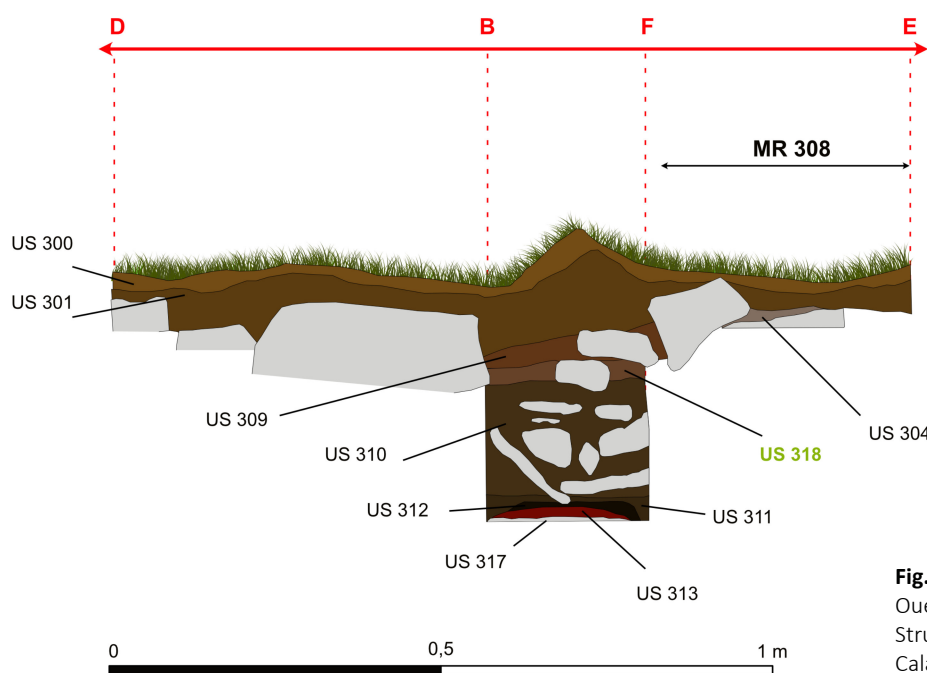
**Tab. 3-** Liste des unités stratigraphiques mis au jour en 2022 pendant le sondage de la structure n° 13



**Fig. 33-** Diagramme stratigraphique- Sondage 2022- Structure n° 13 (© C. Calastrenc)

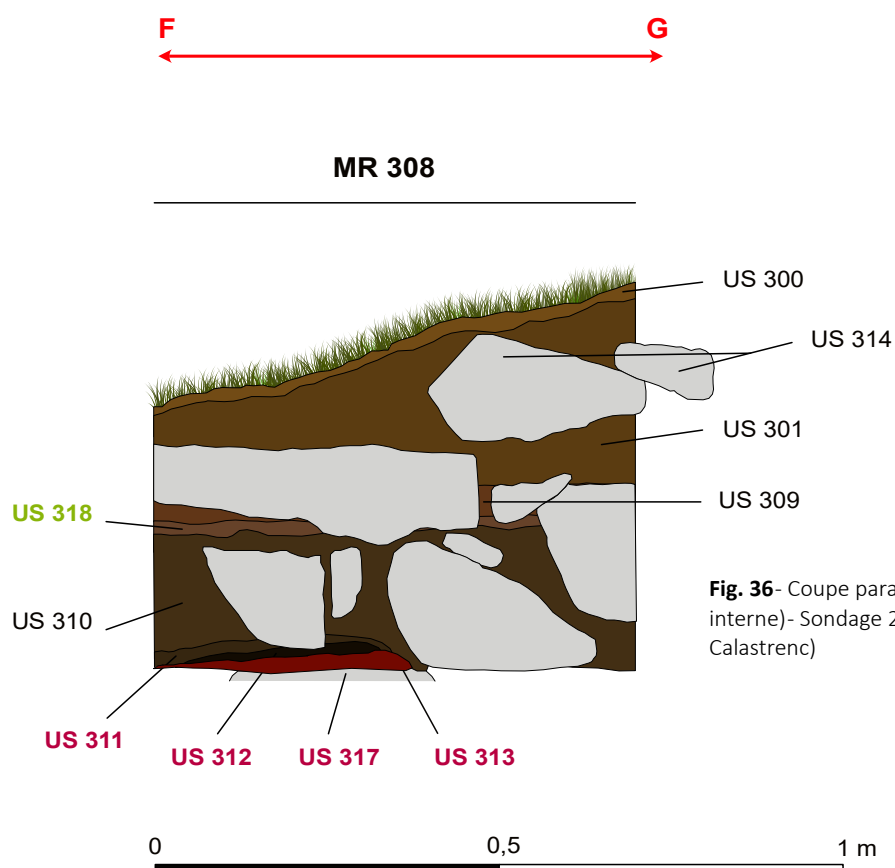


**Fig. 34-** Plan général en fin de fouille- Sondage 2022- Structure n° 13 (© C. Calastrenc)

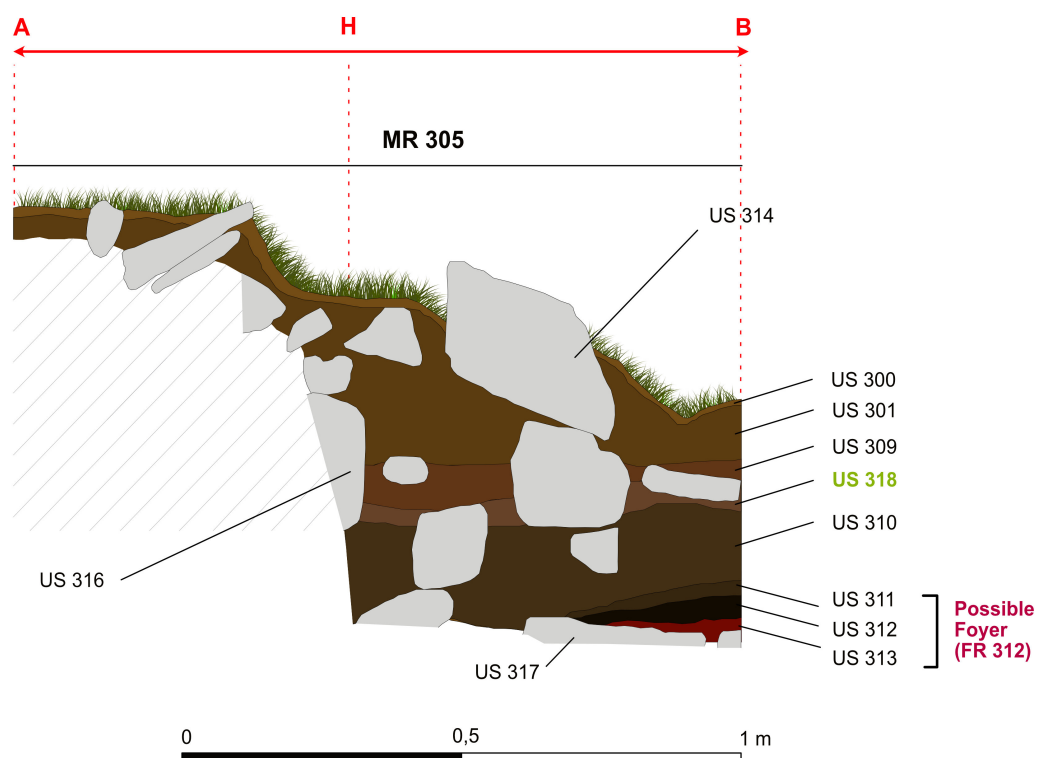


**Fig. 35-** Coupe Nord d'axes Est/Ouest- Sondage 2022- Structure n° 13 (© C. Calastrenc)

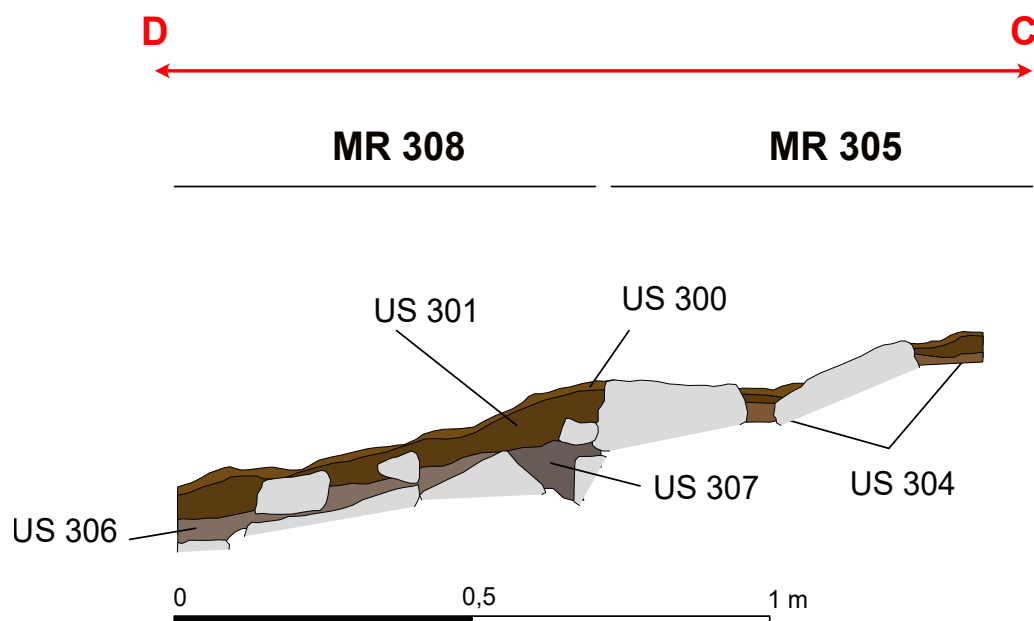




**Fig. 36-** Coupe parallèle au mur (MR 308- Face interne)- Sondage 2022- Structure n° 13 (© C. Calastrenc)



**Fig. 37-** Coupe longitudinale d'axe Nord/Sud, le long de la face interne du MR 308 Sondage 2022- Structure n° 13 (© C. Calastrenc)



**Fig. 38** - Coupe longitudinale d'axe Nord/Sud, le long de la face externe du MR 308 Sondage 2022- Structure n° 13 (© C. Calastrenc)

## Structure 39

En surface, l'orthophotographie montre une cabane rectangulaire de 7,50 m de long et 3,21 m de large (mesures extérieures) édifiée sur une petite sommité en marge d'un chaos rocheux qui surplombe le ruisseau Lavedan. Elle est très arasée et n'est perceptible que par un alignement de blocs affleurant et une très légère dépression centrale (16 cm). Les murs paraissent avoir été édifiés à double parement. Ils semblent s'appuyer en partie sur des rochers naturels (face Nord) et sur ce qui pourrait être un affleurement rocheux (face Sud). La porte devait se trouver dans l'angle Sud-Ouest.

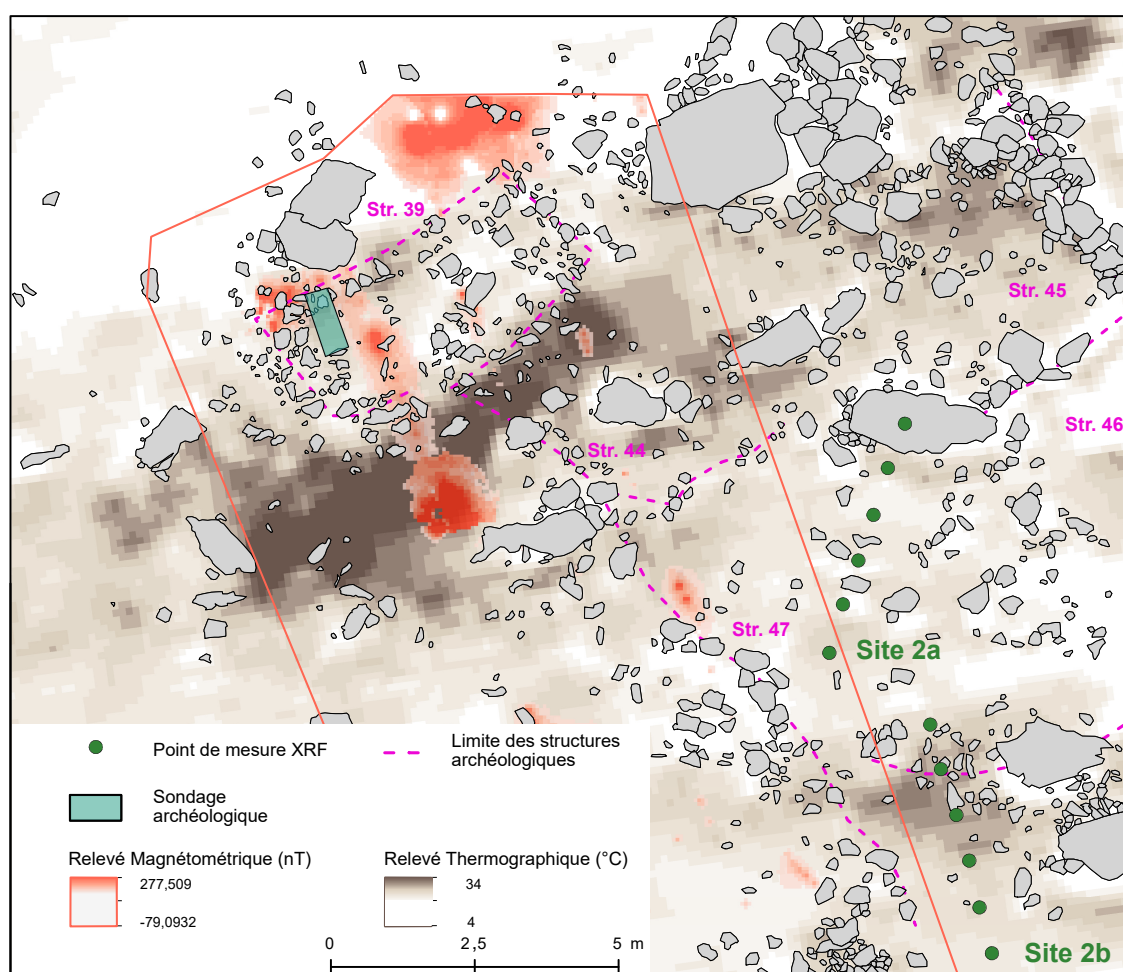
## Résultat des observations antérieures

L'emplacement de la structure n° 13 a fait l'objet de plusieurs observations avec des appareillages scientifiques différents qui ont permis sa localisation, sa description et son inspection (Fig. 39).

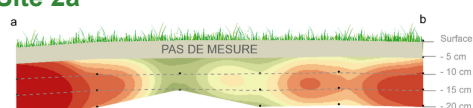
### Relevé magnétométrique

En 2021, un relevé magnétométrique a été réalisé à l'emplacement de la structure n° 39.

A l'intérieur de la structure n° 39 se remarque par deux petites anomalies dans la moitié Ouest du bâtiment. Aucune hypothèse ne peut être



### Site 2a

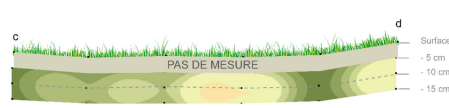


Densité de Phosphore (ppm)

Faible : 3293  
Élevée : 16004

● Point de mesure XRF

1 0 1 m

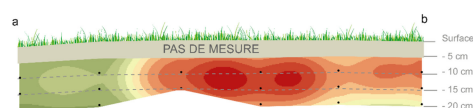


Densité de Phosphore (ppm)

Faible : 1603  
Élevée : 11418

● Point de mesure XRF

1 0 1 m

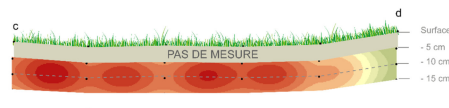


Densité de Potassium (ppm)

Faible : 2580  
Élevée : 13296

● Point de mesure XRF

1 0 1 m

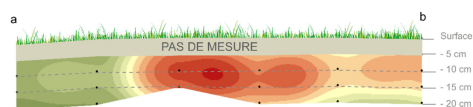


Densité de Potassium (ppm)

Faible : 3690  
Élevée : 21314

● Point de mesure XRF

1 0 1 m

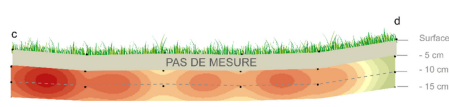


Densité de Calcium (ppm)

Faible : 2580  
Élevée : 13296

● Point de mesure XRF

1 0 1 m



Densité de Calcium (ppm)

Faible : 1958  
Élevée : 11088

● Point de mesure XRF

1 0 1 m

**Fig. 39-** Récapitulatif des informations acquises antérieurement aux sondages dans le cadre du programme TAHMM à l'emplacement de la structure n° 39 (© C. Calastrenc)

avancée quant à leur interprétation. Elles peuvent témoigner soit de la présence d'objets métalliques soit de structures de combustions enfouies.

### Relevé thermographique par drone

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 profils thermiques (Fig. 39) montre des plateaux qui correspondent aux murs. Ces derniers sont donc visibles sur les clichés même s'ils ne sont pas marqués par une variation importante de température qui se traduirait par un changement de la couleur des pixels.

Une anomalie thermique chaude (en marron foncé sur la Fig. 39) 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 ?

### Relevé XRF

En 2019, des mesures XRF ont été réalisées le long de deux transects : 2a et 2b (Fig. 39).

#### • **Profil 2a :**

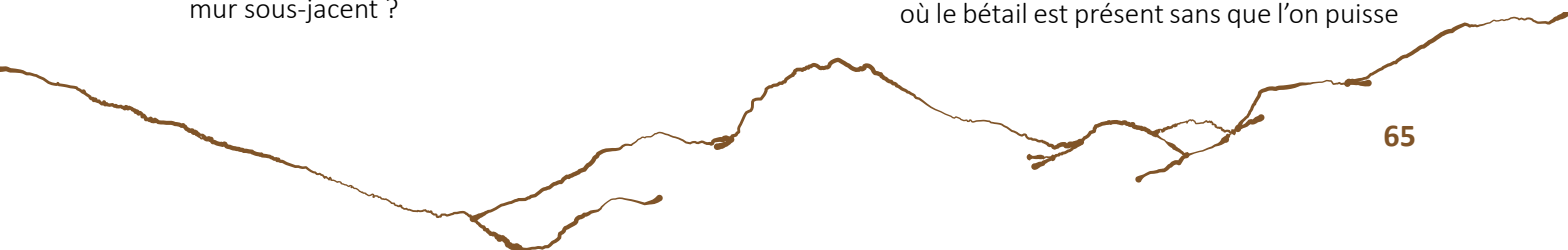
A 5 cm de profondeur, le taux de Phosphore (P) est très resserré (entre 1500 et 2000 ppm). A 10 cm de profondeur, la courbe de P marque deux pics au-dessus de 2500 ppm. A 15 cm, le nombre de pics au-dessus de 2000 ppm passe à 5 (soit la quasi-totalité des mesures). A 20 cm de profondeur, le taux de P explose : 2 mesures se situent autour de 2200 ppm, deux autres sont entre 4500 et 5200 ppm et une culmine à 9735 ppm.

#### • **Profil 2 b :**

Ce site, pourtant situé à 2 m au Sud du transect 2a paraît avoir eu une trajectoire totalement différente. Les taux de phosphore sont beaucoup plus bas (entre 2006 ppm et 3965 ppm) que pour le transect 2a

La juxtaposition de la distribution des valeurs classées par profondeur de ces deux transects renforce un peu plus l'impression d'une variation de la « pression pastorale » sur le secteur 2 :

- entre 10 et 15 cm de profondeur, il y aurait un horizon chargé en matière organique qui laisserait penser à un espace où le bétail est présent sans que l'on puisse





le qualifier de zone de stabulation ;

- à 20 cm de profondeur, et seulement dans la partie nord du transect 2a, se trouverai un niveau très fortement chargée en matière organique qui laisserai penser soit à une mesure faite sur une fesse, soit sur un niveau correspondant à une aire de stabulation.

## Résultat de la fouille

La fouille s'est déroulée du 16 au 22 septembre 2022.

Elle a été assurée par Maialen Gauthier et Hadrien Hocde sous la direction de Carine Calastrenc.

La fouille de la structure n° 39 a été positionnée pour moitié sur le mur Nord et pour moitié à l'intérieur de la structure. Le sondage réalisé couvre 1,354 m<sup>2</sup> (1,3 m de long et 0,5 m de large) et suit un axe Nord-Nord-Ouest/Sud-Sud-Est. Il a été placé dans l'angle Nord/Ouest de la structure n° 13, à l'emplacement d'une anomalie magnétique (Fig. 39).

La zone de fouille a dû être réduite dans l'extrémité Sud du sondage. Les blocs issus de l'éboulement des murs Nord, Ouest et Sud sont tellement imbriqués les uns dans les autres qu'il

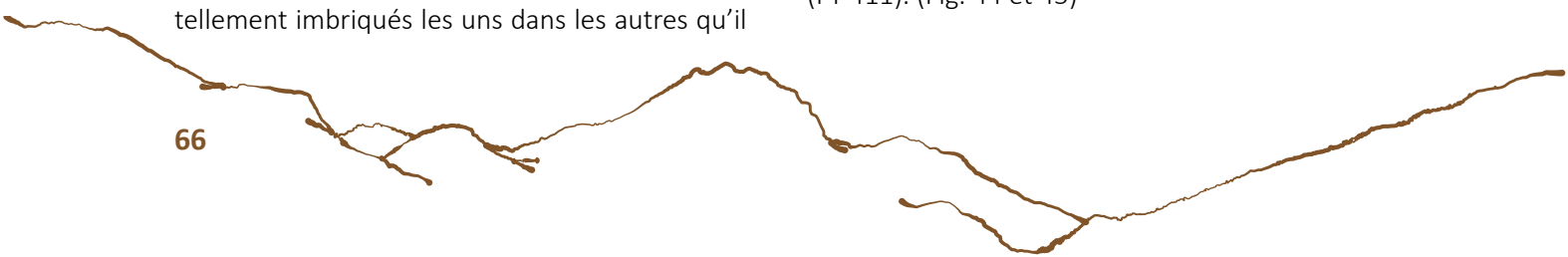
a été impossible de les extraire sans étendre la zone de fouille. Au vu des objectifs de cette série de sondage et du temps restant de fouille, il a été décidé de ne pas agrandir la surface de fouille et de se focaliser sur la surface intérieure restant : 1 m de long (dont la moitié est constitué du mur Nord) et 0,50 m de large.

Le substrat n'a pu être atteint. A environ 65 cm de profondeur, l'espace du sondage était comblé par de nombreux blocs fortement enchevêtrés qui empêchent toute fouille. (US 412).

Ce sondage a permis de mettre au jour 18 niveaux stratigraphiques (Tab. 4- Fig. 41) :

- 14 unités sédimentaires, parmi lesquels :
  - o 2 possibles foyers
- 2 unités « architecturales », parmi lesquels :
  - o 1 murs.
  - o 1 bordure d'un possible foyer
- 1 unité stratigraphique négative

Sur un chaos de blocs et pierre (US 412) d'un module moyen (entre 0,19 et 0,65 m de long et de large) prit dans un niveau sédimentaire (US 411) fin et limoneux, s'est déposé une grande lentille de charbon (US 410). Un fragment de charbon de *Pinus* provenant de l'US 410 a été envoyé au Poznan Radiocarbon Laboratory pour datation AMS 14C. Ce niveau de charbon pourrait correspondre soit aux restes d'un incendie naturel, à un brûlage à feu courant (Menbrivès, Michelle et al., 2019), ou à un foyer anthropique (FY 411). (Fig. 44 et 45)

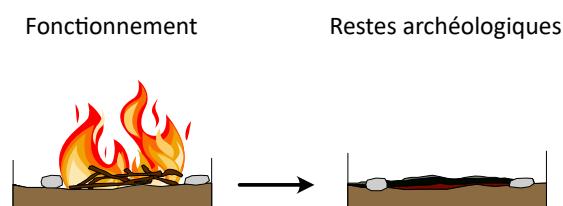


Par-dessus ce niveau de charbon s'est développé deux fins nodules de terre rubéfiée (US 407). Par-dessus ce niveau sédimentaire chauffé, deux nodules de cendre (US 406 et 408) ont été mis au jour. Ces 3 unités stratigraphiques ont été interprété comme étant un possible Foyer (FY 406- Fig. 40, 41 et 42) Au Nord et à l'Est, il s'agirait alors d'un foyer à plat limité par une bordure de pierre (Gascó, 2002, Prevost-Dermarkar, 2002) (Fig. 40). Ce type d'aménagement définit et structure l'espace du foyer et permet d'augmenter ses capacités (les pierres chauffent, augmentent la puissance du feu et restituent la chaleur un laps de temps après l'extinction du feu).

Lors de la fouille d'une structure de combustion site « simple », c'est-à-dire installée directement sur un sol de terre nue, ce qui est observé est un niveau de cendre qui repose sur un niveau de charbon, lui-même placé sur un niveau sédimentaire présentant les stigmates de la chauffe (terre rubéfiée). La suite stratigraphique observée dans ce sondage est en contradiction avec ces observations. La présence d'un niveau de charbon sous un niveau de terre rubéfiée permet de supposer une superposition de foyer. C'est la raison pour laquelle, deux faits archéologiques ont été construits, un pour chacune des deux structures de combustion (Fig. 44 et 45). Sur les seules données de ce sondage, il est impossible d'en définir la temporalité d'usage. Les foyers présentent des rythmes de modifications trop rapides : successions de plusieurs chauffes, de durées différentes,

entrecoupées de phase de nettoyage, d'abandon auquel il est nécessaire d'ajouter des variations spatiales, des changements d'usages et de compositions de matériaux de combustion (Hart, 2019).

Par-dessus ce possible foyer FY 406 s'est constitué un niveau sédimentaire (US 405) qui l'a scellé. Un fragment de *Fagus* provenant de l'US 405 a été envoyé au Poznan Radiocarbon laboratory pour datation AMS 14C. C'est sur ce niveau que le mur Sud (MR 414) de la structure n° 13 a été édifiée (Fig. 42, 43, 44 et 45). Pour ce faire, les bâtisseurs ont soit profité d'une déclivité naturelle du terrain inscrite dans la bordure du chaos rocheux, soit, ils ont légèrement nivelé le sol pour aplanir ce qui deviendra la surface intérieure de la construction. Le mur Nord a été réalisé en plaçant une première assise de blocs (US 414) perpendiculairement au talus. Ces pierres vont former la face interne de la structure. Un deuxième niveau d'assise se perçoit par seulement 3 blocs placés sur l'US 414, l'US 418.



**Fig. 40**- Comparaison entre un foyer en fonctionnement et les vestiges archéologiques qui en résulte (© C. Calastrenc)

Le niveau d'occupation n'a pu être repéré à la fouille. Ce dernier a été trop fortement perturbé par l'éboulement des murs. Les blocs éboulés étaient trop nombreux et emmêlés pour permettre une lisibilité du niveau de circulation de la structure n° 13.

La fouille a permis d'identifier le niveau de destruction de la structure : pierres éboulées (US 413), sédiments (US 403).

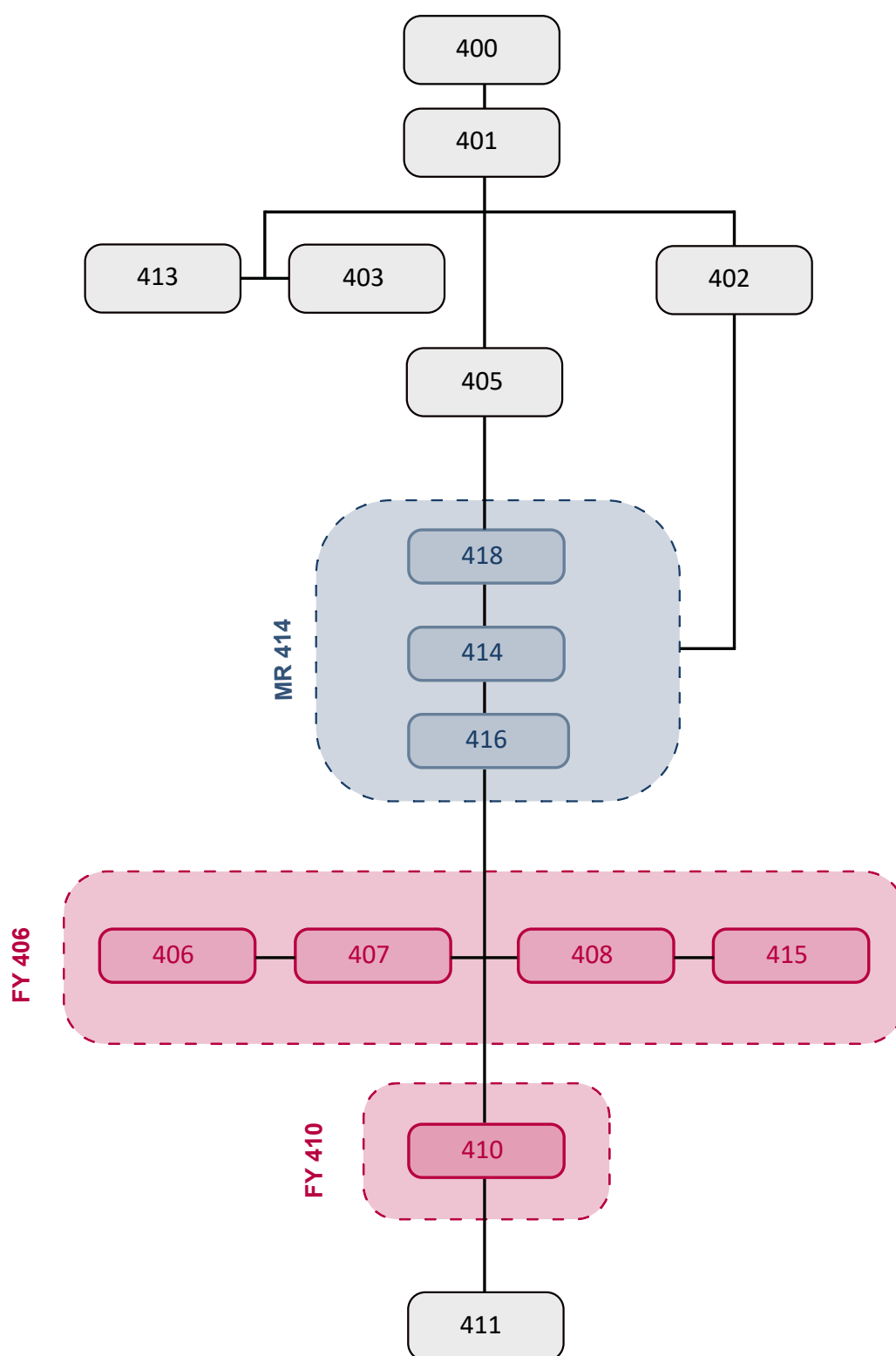
Ce niveau a été recouvert par l'US 401, puis par l'US 400.

Type	N° US	Type	Description	Enchaînement stratigraphique	Puissance stratigraphique
US	400	Surface	Couverture végétale	Sur US 401	2 cm - 10 cm
US	401	Comblement	Sédiments brun clair, pulvérulent, sans inclusion avec beaucoup de racine.	Sous l'US 400 et sur les US 402 et 403	2 à 5 cm
US	402	Comblement	Sédiments de couleur brun foncé tendant vers le gris, souple, granuleux à la fouille avec beaucoup d'inclusion (inf. à 3 cm).	Sus l'US 401. Entre les pierres du MR 402	1 et 14 cm
US	403		Sédiments limoneux de couleur marron clair, peu compact, avec quelques inclusions (inf. à 1 cm)	Sous l'US 401. Entre les pierres de l'US 413. Vient butter contre la face interne du MR 414	Hauteur : 24 cm
US	404		Petite lentille incluse dans l'US 403. Sédiments limono-argileux, granuleux à la fouille, très compacts, de couleur grise	Sur l'US 403. Vient butter contre la face interne du MR 414.	2 à 3 cm

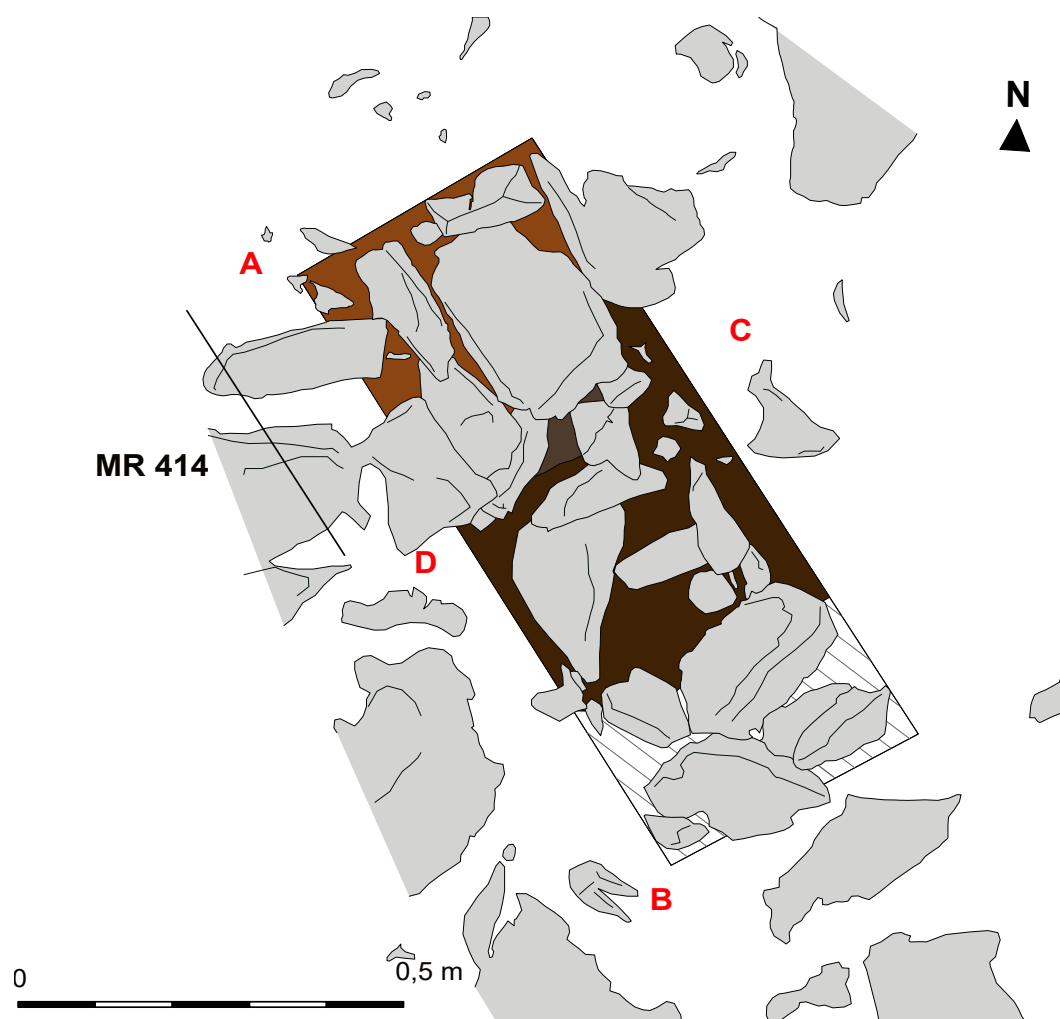
<b>US</b>	405		Sédiments de couleur brun foncé, limono-argileux, peu de racine. Présence de quelques inclusions (inf. à 2 cm) et de nombreux charbons (visibles à la fouille) réparti selon des zones plus ou moins denses.	Sous l'US 401	
<b>US</b>	406	Cendres <b>FY 406</b>	Sédiments marron clair fortement tendant vers le gris, limoneux, sans inclusion, sans racine. Présence de quelques charbons	Sous l'US 405. Sur l'US 410	1 à 2 cm
<b>US</b>	407	Terre rubéfiée <b>FY 406</b>	Sédiments de couleur marron foncé tendant vers le rouge, limono-argileux, sans inclusion, sans racine. Présence de quelques charbons	Sous l'US 405. Sur l'US 410	1 à 2 cm
<b>US</b>	408	Cendres <b>FY 406</b>	Sédiments marron clair fortement tendant vers le gris, limoneux, sans inclusion, sans racine. Présence de quelques charbons	Sous l'US 405. Sur l'US 410	1 à 2 cm
<b>US</b>	409	Charbon	Charbon en place correspondant à une branche calcinée.	Sur l'US 411. Sous l'US 405	3 cm
<b>US</b>	410	Foyer ( ? ) <b>FY 411</b>	Niveau de couleur noire composé presque de moitié de charbons de taille variables. Pas de racine.	Sous les US 406, 407, 408 et 415. Sur l'US 411	1 à 4 cm
<b>US</b>	411		Sédiments marron foncé, limoneux, fins, sans inclusion ni racine. Présence de quelques charbons (visibles à la fouille).	Sous les US 410 et 405	3 à 34 cm
<b>US</b>	412	Chaos ( ? )	Blocs et pierres (entre 0,15 et 0,30 m) sans structuration visible. Peut-être s'agit 'il du chaos sur lequel a été installé la structure n° 39.		
<b>USC</b>	413	Eboulis	Pierres et blocs (entre 0,12 et 0,30 cm) éboulées qui devaient constituer les murs Nord, Ouest et Sud du bâtiment 13.	Sur l'US 405. Prit dans l'US 403	Environ 24 cm
<b>USC</b>	414	Parement intérieur <b>MR 414</b>	Lignes de blocs rectangulaire (entre 0,20 et 0,30 cm) qui constituent le parement interne du mur Nord (MR 414). 1 assise	Sur l'US 405. Sous les US 403 et 402	23 cm

Tab. 4- Liste des unités stratigraphiques mis au jour en 2022 pendant le sondage de la structure n° 39

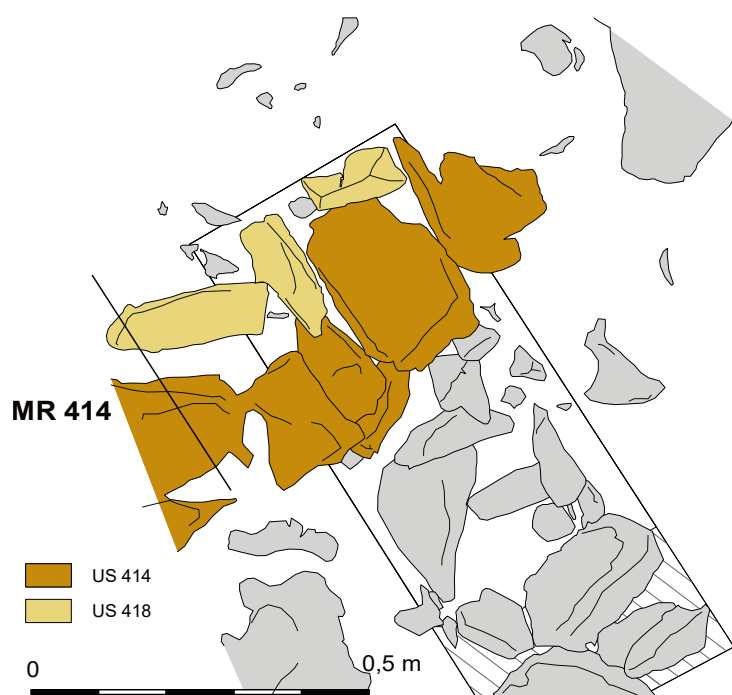




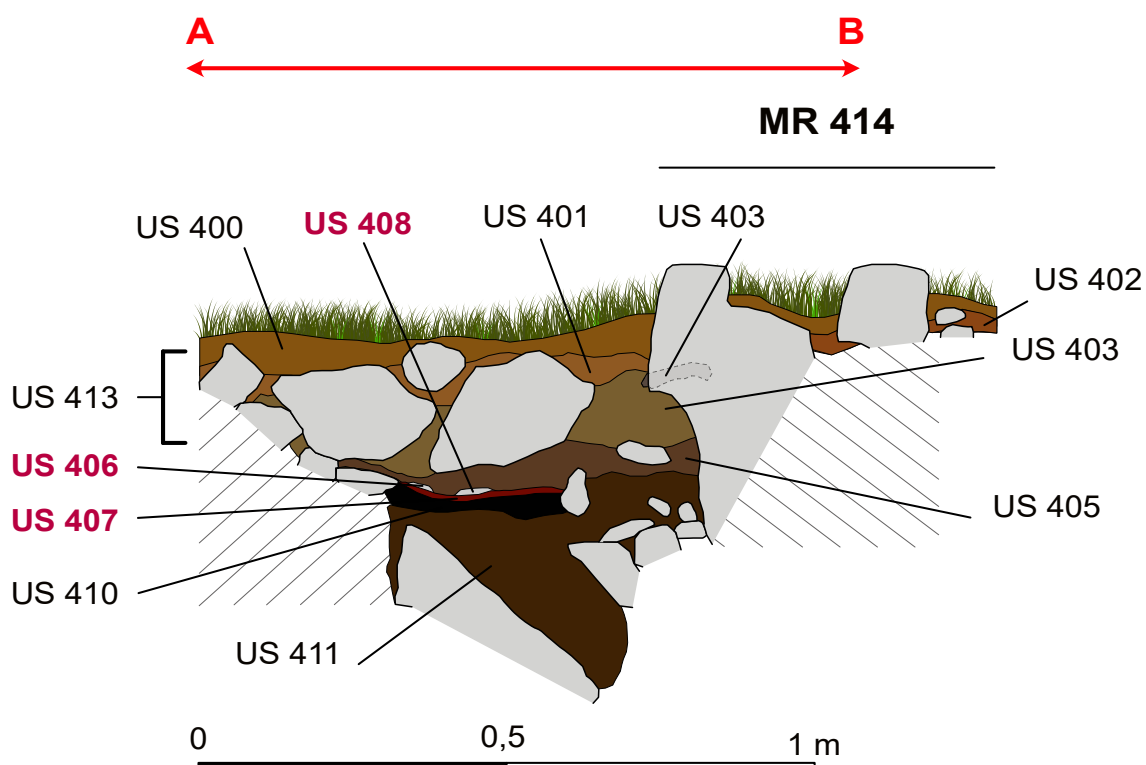
**Fig. 41**- Diagramme stratigraphique- Sondage 2022- Structure n° 39 (© C. Calastrenc)



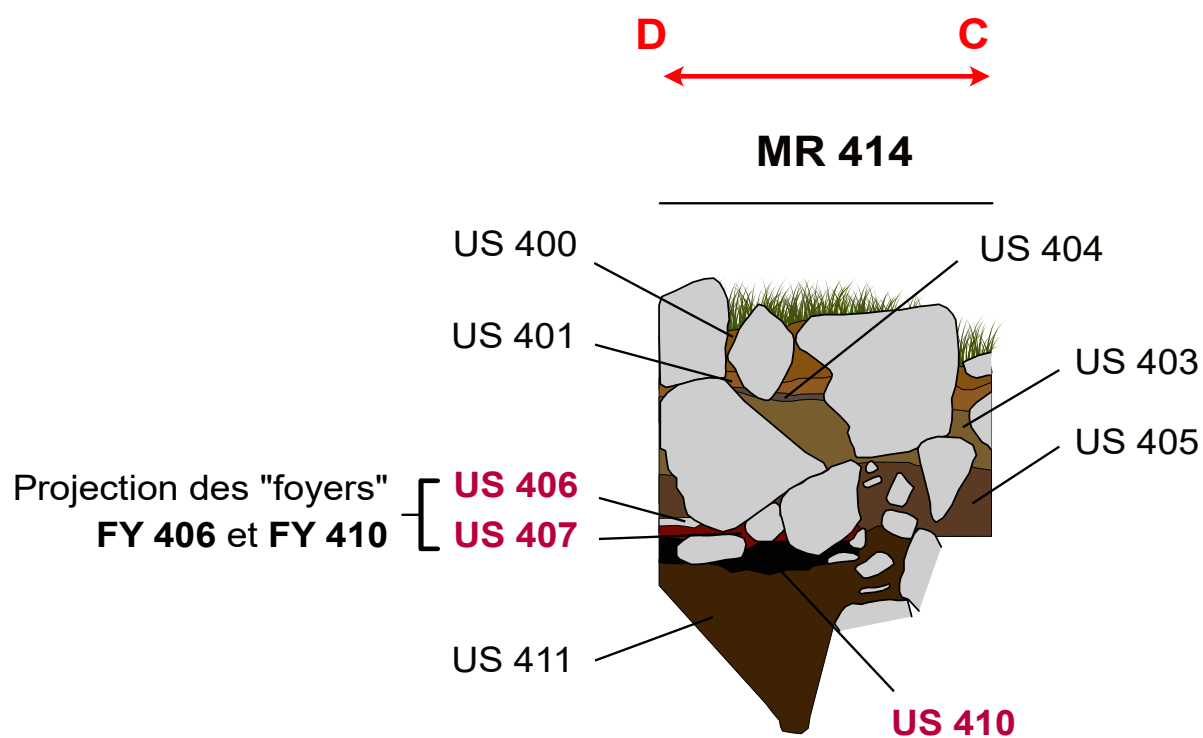
**Fig. 42-** Plan général en fin de fouille- Sondage 2022- Structure n° 39 (© C. Calastrenc)



**Fig. 43-** MR 414- Sondage 2022- Structure n° 39 (© C. Calastrenc)



**Fig. 44-** Coupe perpendiculaire au mur MR 414- Sondage 2022- Structure n° 39 (© C. Calastrenc)



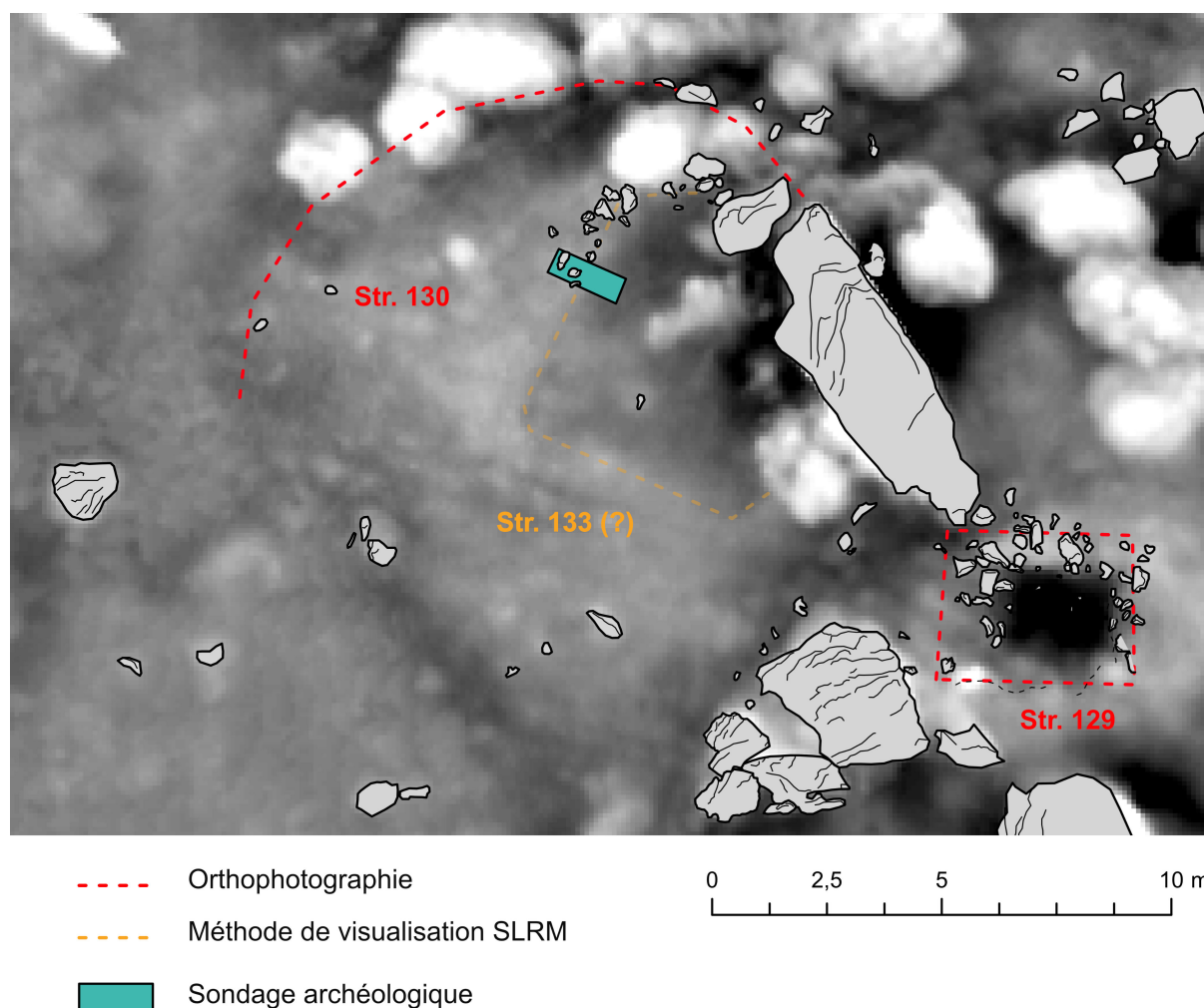
**Fig. 45-** Coupe de la face interne du mur MR 414- Sondage 2022- Structure n° 39 (© C. Calastrenc)

### Structure 133

L'emplacement de la structure n° 133 a fait l'objet d'observations sur les produits d'une photogrammétrie (orthophotographie et MNT) qui a permis la localisation, la description de plusieurs structures (Fig. 46).

A 5 m à l'Ouest de la structure 129, un faux replat suivi d'une petite déclivité a été identifiée sur l'orthophotographie produite par photogrammétrie comme étant un possible

enclos (Structure 130). Cet enclos mesure 127,865 m<sup>2</sup> (15,68 m de large et 13,94 m de large). Ses limites sont très peu perceptibles en surface. Il n'est identifiable par quelques blocs qui émergent de la surface de quelques centimètres. La méthode de visualisation SLRM (Simple Local Relief) appliqué au MNT (Modèle Numérique de Terrain) réalisé par photogrammétrie permet d'identifier une très légère déformation du sol situé à 3 m à l'Ouest de la structure n° 129, à l'intérieur de l'emprise de la structure n° 130 dont la forme interroge : un



**Fig. 46-** Récapitulatif des informations acquises antérieurement aux sondages dans le cadre du programme TAHMM à l'emplacement de la structure n° 133 (© C. Calastrenc)



rectangle, de 20 m<sup>2</sup>, présentant des angles droits.

## Résultat de la fouille

La fouille s'est déroulée du 11 au 16 septembre 2022.

Elle a été assurée par Maialen Gauthier et Hadrien Hocde sous la direction de Carine Calastrenc.

La fouille de la structure n°133 a été positionnée contre la face Ouest de l'anomalie topographique perçue sur le raster SLRM (Fig. 46). La partie Ouest de l'espace du sondage a été placée sur 3 pierres très légèrement affleurantes. Le sondage réalisé couvre une surface de 0,78 m<sup>2</sup> (1,57 m de long et 0,5 m de large). Il suit un axe Ouest/Est de façon à ce que la moitié du sondage soit placée sur ce qui paraît pouvoir être le mur et que l'autre moitié soit à l'intérieur de la construction.

Le substrat n'a pu être atteint. À environ 30 cm de profondeur, l'espace du sondage était comblé par de nombreux blocs fortement enchevêtrés empêchant toute fouille (US 111 – Chaos

rocheux ?).

Ce sondage a permis de mettre au jour 13 niveaux stratigraphiques (Tab. 5 et Fig. 49) :

- 10 unités sédimentaires
- 3 unités « architecturales », parmi lesquels :
  - o 1 murs.

C'est sur le chaos rocheux (US 111 et US 110) que viennent successivement se déposer les niveaux sédimentaires de comblement, l'US 109 et l'US 108. (Fig. 50 et 52) C'est sur cette dernière US et sur l'US 103 qu'a été édifié le mur Ouest de la structure n° 133 (MR 104). Pour cela, deux lignes parallèles de pierres, blocs et dalles ont été mises en place à la limite d'une rupture de pente : l'US 104 (parement intérieur) et l'US 112 (parement extérieur) (Fig. 50, 51 et 53). Dans l'espace du sondage, le parement extérieur est constitué d'une ligne de blocs de module moyen (entre 0,43 m et 0,20 m de long) sur lequel a été placée une dalle de 0,43 m de long et 0,26 m de hauteur posée de chant. Entre ces deux lignes, les interstices ont été comblés avec une fourrure constituée de pierres de plus petit module (Fig. 45, 49 et 51). Aucun travail du sol préalable, autre que l'enlèvement de la tasque, à l'installation du



Fig. 47 - Schématisation du processus de construction du mur MR 104 (© C. Calastrenc)

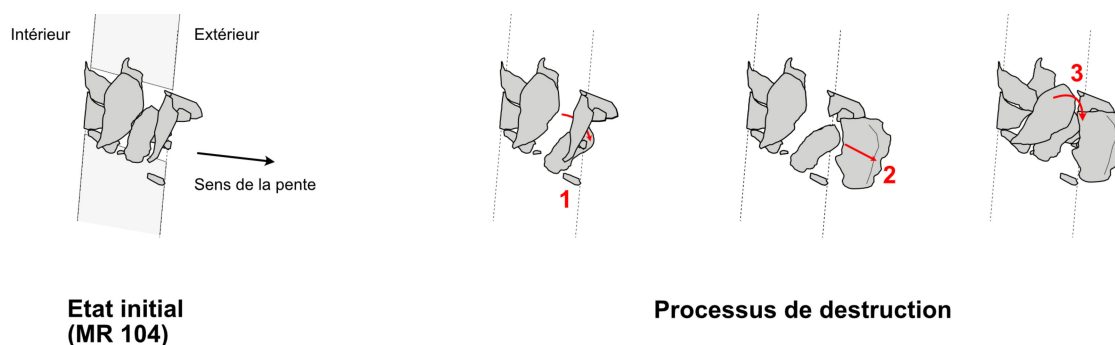
mur Ouest de la structure n° 133 n'a été observé lors de la fouille. (Fig. 47)

Durant toute la période d'occupation s'est formé l'US 107 qui n'a livré aucun artefact. Seulement quelques écofacts (charbon) ont été récupérés lors de la fouille et par tamisage à l'eau. C'est un de ces charbons (identifié par Marie-Claude Bal comme étant un fragment de *Pinus*) qui a été envoyé au Radiocarbon Poznan Laboratory pour datation 14C par AMS.

Après une phase d'occupation dont la durée est impossible à déterminer sur les seules données de ce sondage, la structure n° 133 s'est effondrée (Fig. 48). Le mode de destruction du mur Ouest

de ce bâtiment a pu être observé. La dalle posée de chant qui formait le 2ème niveau d'assise de la face externe du mur Ouest est tombée vers l'extérieur (rupture de pente). Cette chute a entraîné les pierres de la fourrure. Le vide créé par ce basculement a provoqué le glissement de la pierre qui formait le 2ème niveau d'assise de la face interne du mur Ouest qui s'est positionnée sur la fourrure.

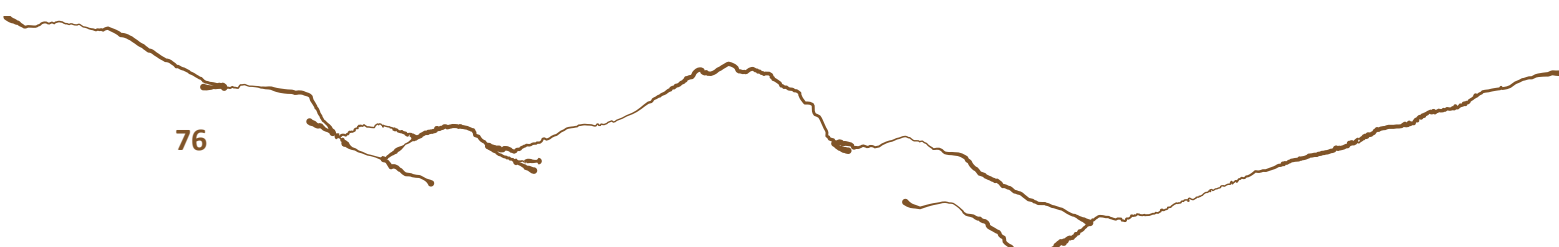
Après la destruction du bâtiment n° 133, les ruines ont peu à peu été comblées par différents niveaux sédimentaires successifs : les US 106, US 105, US 101. Le tout était recouvert par la végétation (US 100) (Fig. 52 et 53).



**Fig. 48-** Schématisation du processus de destruction du mur MR 104 (© C. Calastrenc)

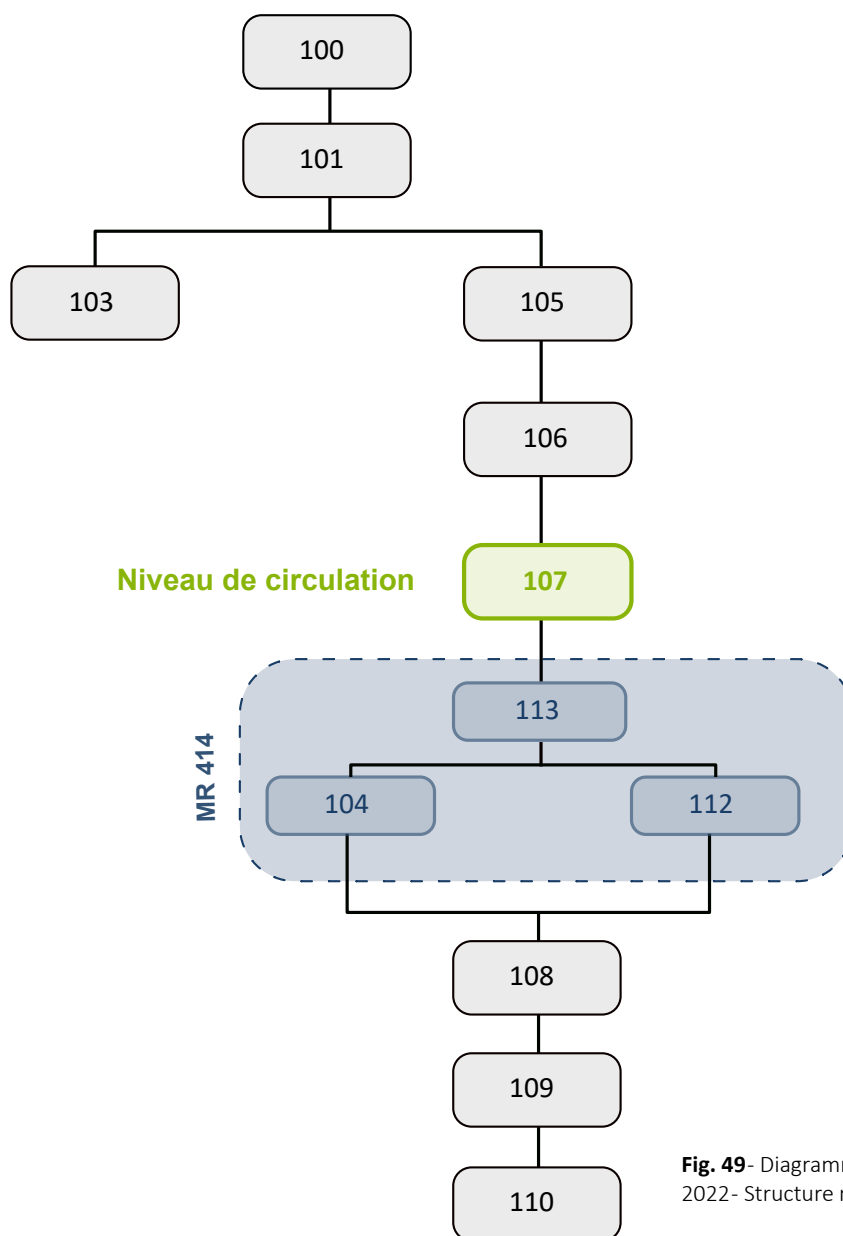
Type	N° US	Type	Description	Enchaînement stratigraphique	Puissance stratigraphique
US	100	Végétation		Sur l'US 101	1 et 2 cm
US	101	Comblement	Niveau sédimentaire de couleur brun foncé, très fin (à la limite de poussiéreuse), limoneuse, sans inclusion mais avec beaucoup de racine.	Sous l'US 100. Sur les US 103 et 105.	3 et 10 cm

<b>US</b>	103	Comblement ? Niveau d'installation ?	Sédiments de couleur brun foncé, limoneux, fins, des inclusions (inf. à 3 cm), pas de racine.	Sous l'US 101	
<b>USC</b>	104	Parement intérieur	Ligne de blocs qui forme le parement intérieur	Sous les US 100 et 101. Sur l'US 108	10 et 18 cm
<b>MR 104</b>					
<b>US</b>	105	Comblement	Sédiments bruns, limoneux, compacts avec quelques inclusion (inf. 1 cm).	Sous l'US 101. Sur l'US 106	1 – 2 cm
<b>US</b>	106	Comblement	Sédiments bruns, limoneux avec beaucoup d'inclusion (inf. à 3 cm) et quelques cailloux de plus gros module (entre 10 et 15 cm)	Sous l'US 105. Sur l'US 107	3- - 8 cm
<b>US</b>	107	<b>Niveau de circulation</b>	Sédiments de couleur marron foncé tendant vers le brun, légèrement granuleuse, de texture limono-argileuse, avec beaucoup d'inclusions (inf. à 3 cm) et quelques pierres de plus grand module (entre 10 et 15 cm). Présence de charbon visibles à la fouille.	Sous l'US 106. Sur l'US 108. Vient butter contre la base des pierres du parement intérieur (US 104)	1 – 3 cm
<b>US</b>	108		Sédiments de couleur brun foncé, compacts, limono-argileux et légèrement granuleux avec beaucoup de petites inclusions (inf. à 3 cm) et quelques pierres (entre 10 et 15 cm).	Sous l'US 107. Sur l'US 109.	1 – 10 cm
<b>US</b>	109		Sédiments de couleur marron, assez fine, homogène, avec de nombreuses inclusions (inf. à 3 cm).	Sous l'US 108. Sur l'US 110	2 – 8 cm
<b>US</b>	110		Sédiments de couleur marron clair, granuleux, limono-argileux, avec quelques inclusion (inf à 2 cm)	Sous l'US 109. Entre les pierres de l'US 111	1 – 4 cm



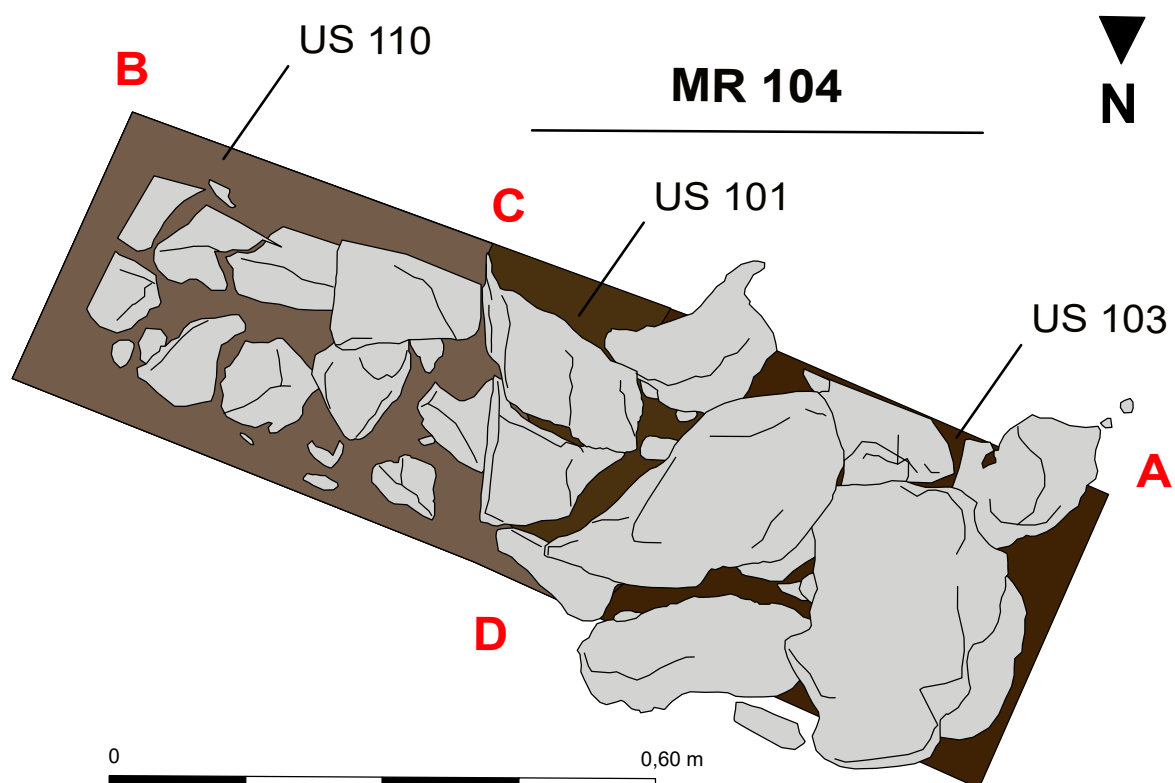
<b>USC</b>	112	Parement externe	Ligne de dalle et blocs qui forme le parement extérieur du mur MR 104. En 2 <sup>ème</sup> assise, une grande dalle (0,43 m de long et 0,26 m de haut) est posée de chant.	Sous les US 100 et 101. Paraît posé sur l'US 103.	18 cm
<b>MR 104</b>					
<b>USC</b>	113	Fourrure	Pierres et blocs de module moyen qui forme la fourrure du mur Ouest (MR 104)	Sous les US 100 et 101. Paraît posé sur l'US 103.	

**Tab. 5-** Liste des unités stratigraphiques mis au jour en 2022 pendant le sondage de la structure n° 133

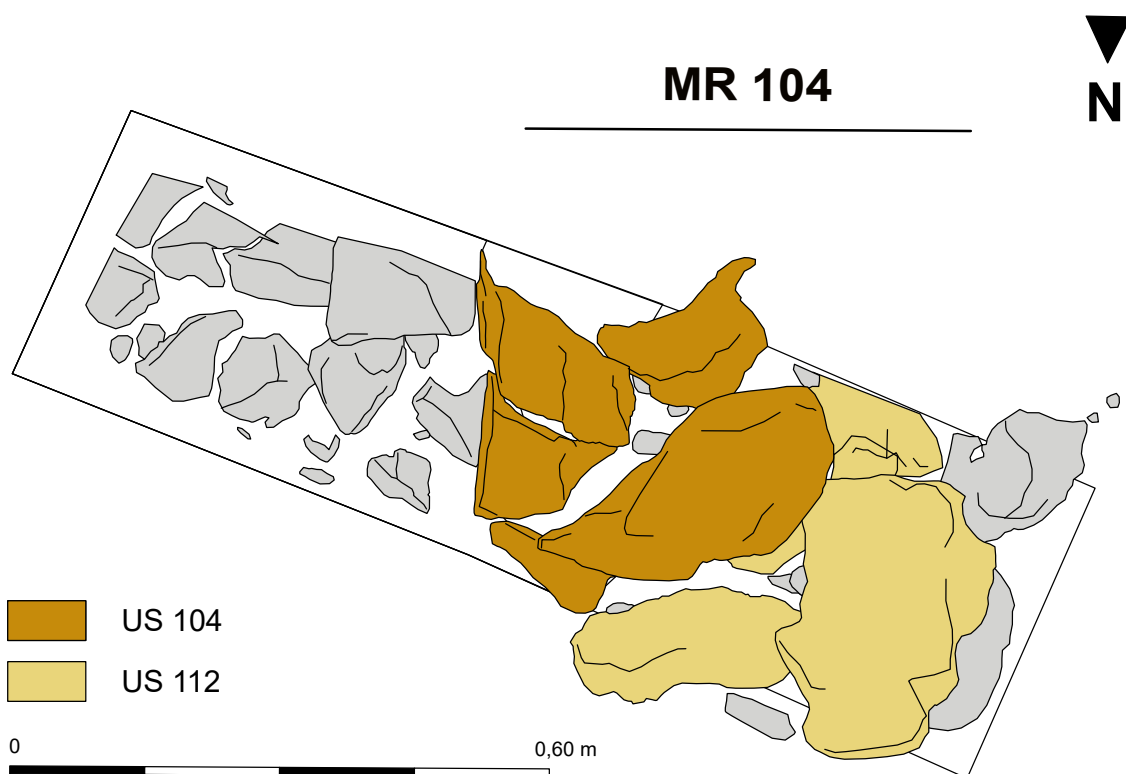


**Fig. 49-** Diagramme stratigraphique- Sondage 2022- Structure n° 133 (© C. Calastrenc)

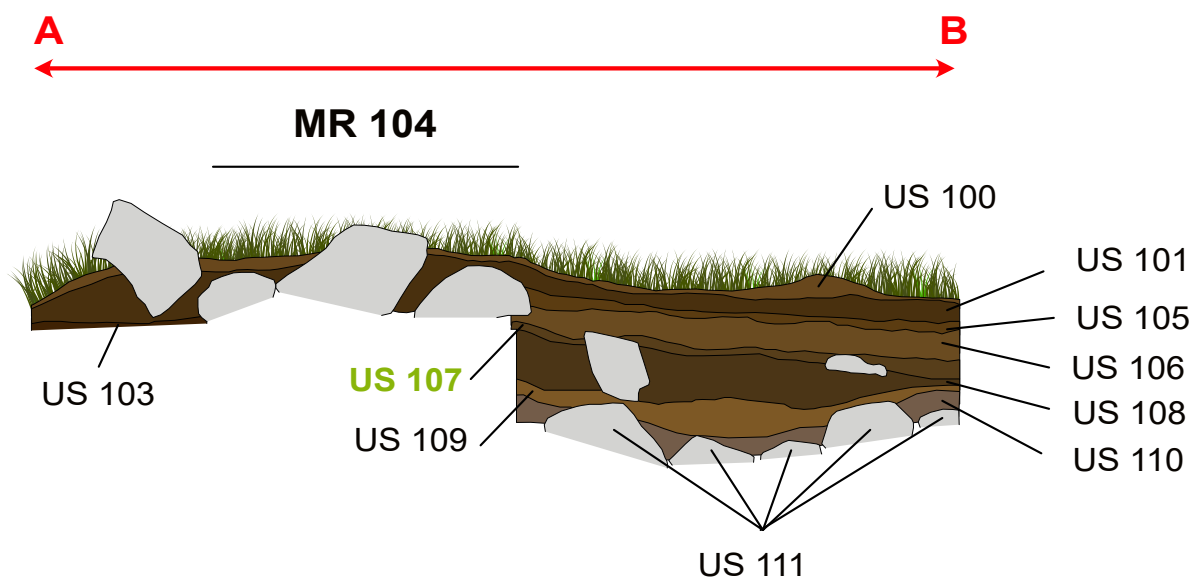




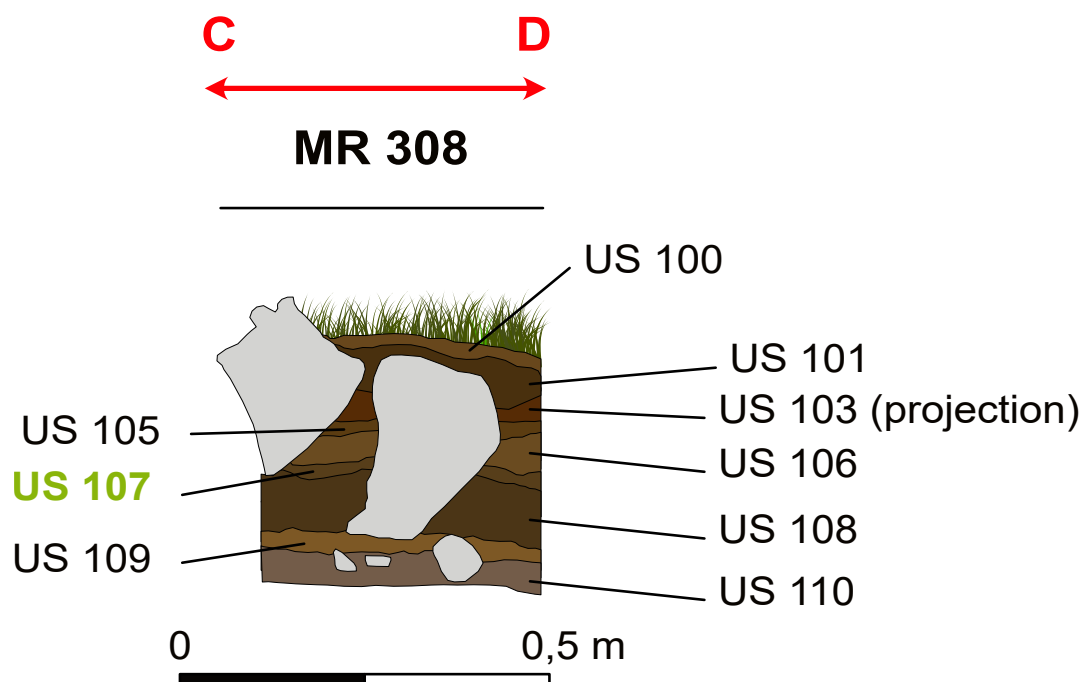
**Fig. 50**- Plan- Fin de fouille- Sondage 2022- Structure n° 133 (© C. Calastrenc)



**Fig. 51**- MR 104 - Fin de fouille- Sondage 2022- Structure n° 133 (© C. Calastrenc)



**Fig. 52**- Coupe longitudinale - Fin de fouille- Sondage 2022- Structure n° 133 (© C. Calastrenc)



**Fig. 53**- Coupe face interne du mur MR 104 - Fin de fouille- Sondage 2022- Structure n° 133 (© C. Calastrenc)

## Structure 152

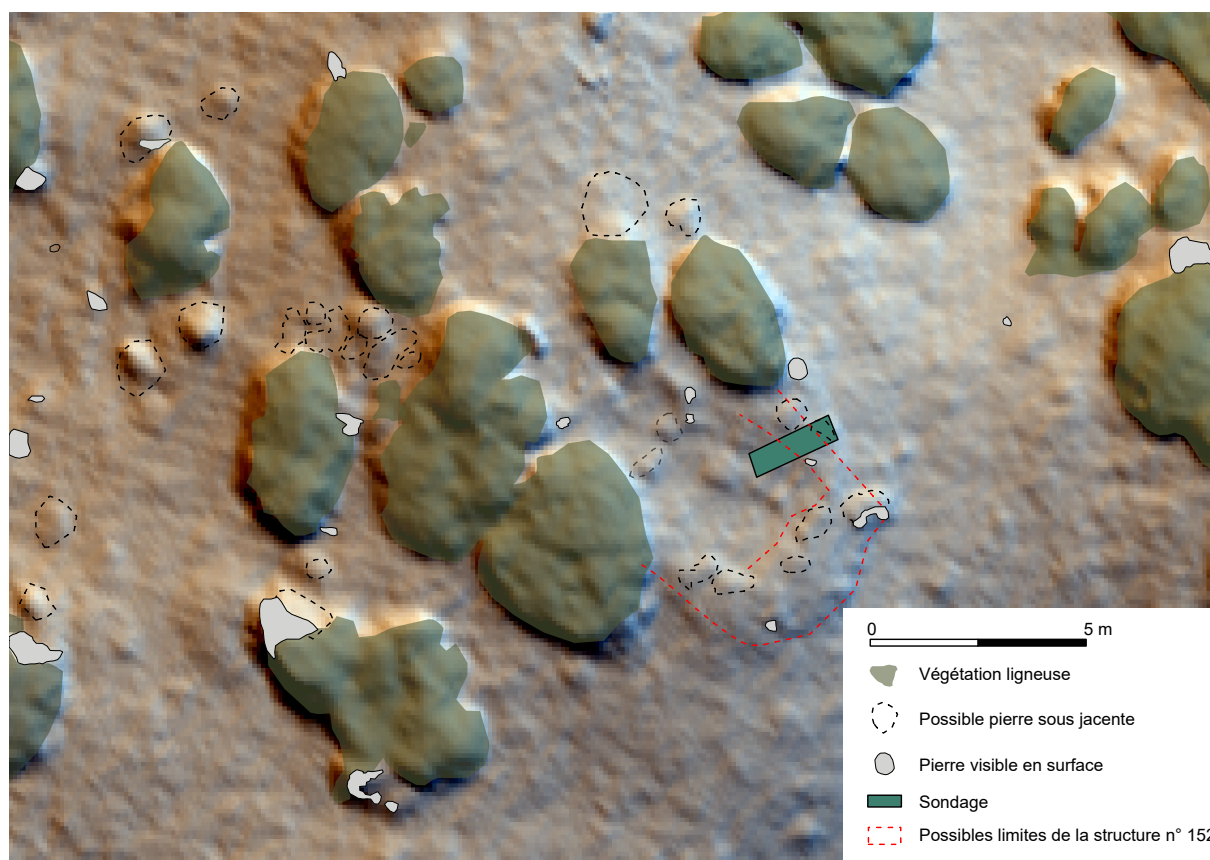
La vision de surface montre une construction de 10,89 m de long et 6,54 m de large (61 m<sup>2</sup>). L'angle Sud-Est est le mieux conservé et le plus visible. Un bourrelet de terre, dont quelques rares pierres émergent de la surface, trace une forme oblongue. Toute la moitié Nord est recouverte par de la végétation ligneuse (rhododendron, genévrier, myrtillier) dense qui masque totalement cette partie de la construction (Fig. 54)

## Résultat des observations antérieures

L'emplacement de la structure n° 13 a fait l'objet de plusieurs observations avec des appareillages scientifiques différents qui ont permis sa localisation, sa description et son inspection (Fig. 54).

### Relevé thermographique par drone

L'image thermique ne permet pas de véritablement distinguer des détails architecturaux complémentaires à l'observation de l'orthophotographie.



**Fig. 54**—Récapitulatif des informations acquises antérieurement aux sondages dans le cadre du programme TAHMM à l'emplacement de la structure n° 152 (© C. Calastrenc)

## Résultat de la fouille

La fouille s'est déroulée du 11 au 15 septembre 2022.

Elle a été assurée par Rebecca Michiels et Marvyn Bigot sous la direction de Carine Calastrenc.

La fouille de la structure n°152 a été positionnée contre la face Est de la construction visible en surface par une anomalie topographique (Fig. 54). Le sondage réalisé couvre une surface de 1,08 m<sup>2</sup> (1,50 m de long et 0,5 m de large). Il suit un axe Ouest/Est de façon que la moitié du sondage soit placée sur ce qui paraît être le mur Est et que l'autre moitié soit à l'intérieur de la construction.

Le substrat n'a pu être atteint. À environ 30 cm de profondeur, l'espace du sondage était comblé par de nombreux blocs fortement enchevêtrés empêchant toute fouille (US 206 et 209 – Chaos rocheux ?) (Fig. 58).

Ce sondage a permis de mettre au jour 10 niveaux stratigraphiques (Tab. 6 et Fig. 55) :

- 5 unités sédimentaires, parmi lesquels :
  - o 1 niveau d'occupation
- 5 unités de construction, parmi lesquels :
  - o 1 mur

C'est sur un niveau sédimentaire (US 206) peu compact, qui renferme des blocs et pierres d'un module supérieur à 20 cm (US 209), que la structure n° 152 a été installée. (Fig. 56 et 58)

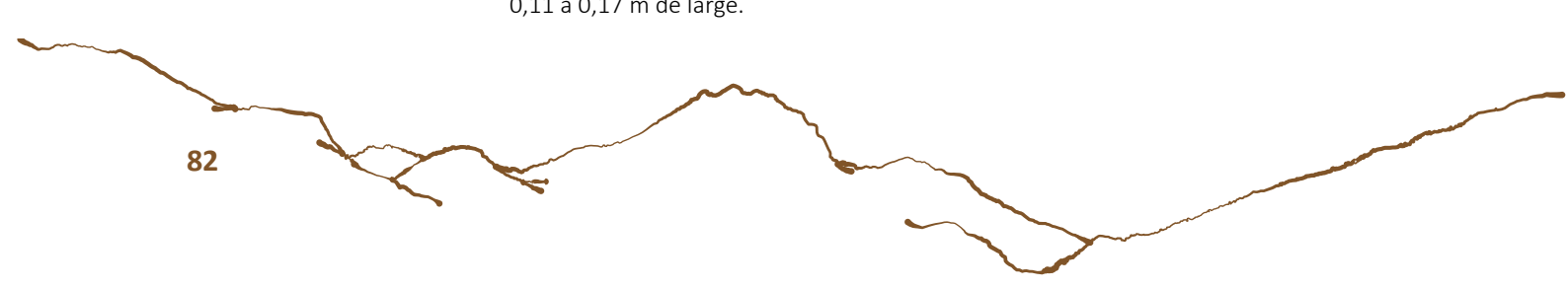
Aucun travail préparatoire du sol antérieur à l'installation des murs de la construction n° 152 n'a été perçu lors du sondage. Le mur Est (MR 204) a été édifié en plaçant une dalle/bloc, de chant (US 204) pour former, sur l'espace du sondage, la face externe. Puis une ligne de blocs de module moyen (entre 0,10 m de large et 0,15 m de long) (US 207) a été accolée contre l'US 204. Par-dessus cette ligne a été placé un deuxième niveau d'assise : l'US 208. Les interstices ont été comblés avec un petit blocage (d'un module allant de 0,05 m à 0,08 m) (US 205). (Fig. 57 et 59)

Durant la période d'occupation de cette construction, le niveau sédimentaire US 202 s'est constitué sur l'US 206 (une unité stratigraphique qui pourrait correspondre à un chaos rocheux comblé tant il renferme des blocs en tout sens). Aucun artefact, ni aucun indice de la présence de vestige d'un foyer à proximité n'a été retrouvé à l'intérieur de l'US 202 sur l'espace du sondage. Aucun résidu de charbon n'a été retrouvé dans l'US 202. La datation 14C par AMS reposera donc sur un charbon de *Betula* prélevé dans la partie supérieure de l'US 206.

Après l'abandon de la structure n° 152, la ruine (US 210) du mur Est (MR 204), a été successivement comblée par les US 203 et 201. Le tout était recouvert par la végétation.

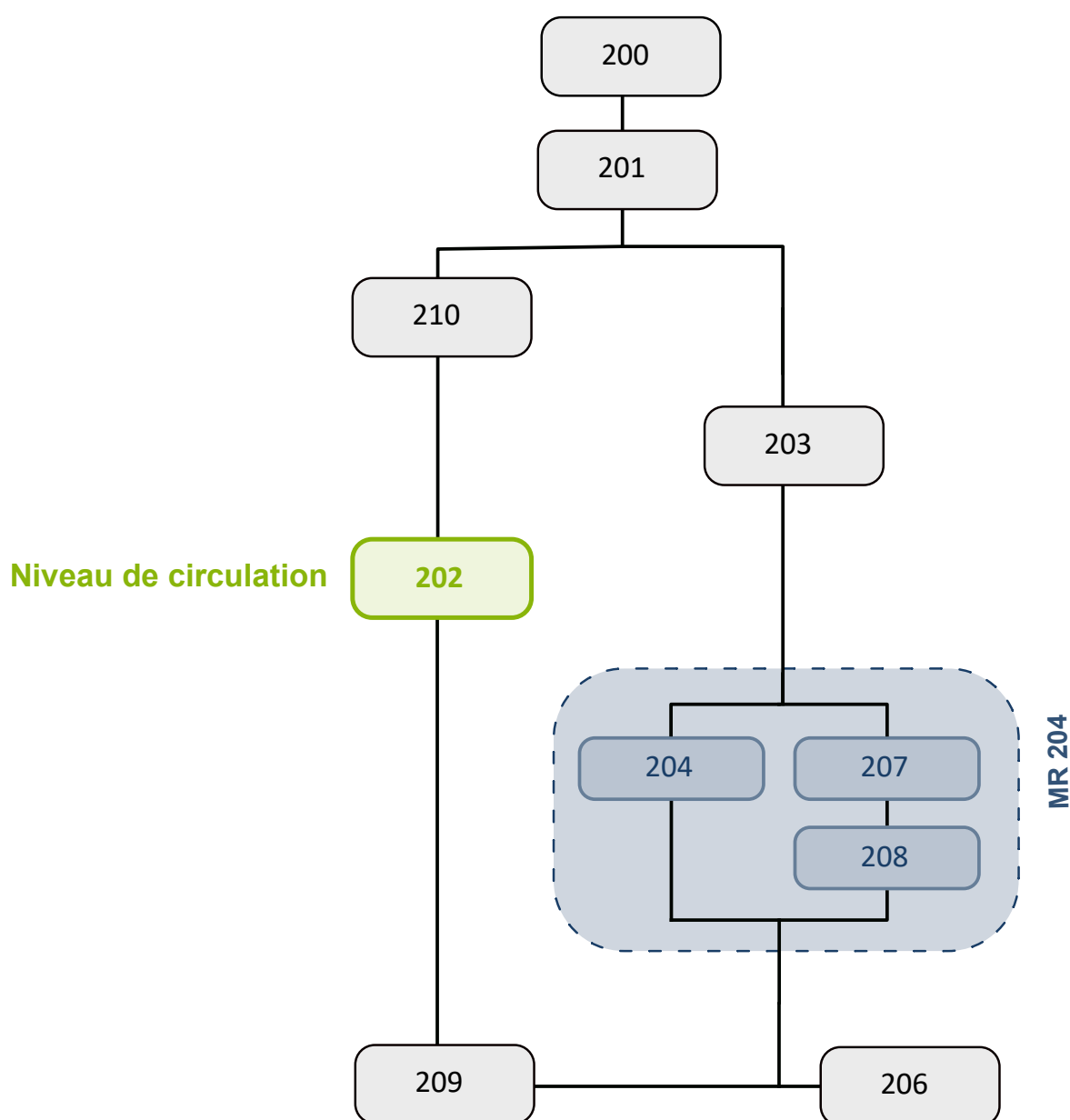


Type	N° US	Type	Description	Enchaînement stratigraphique	Puissance stratigraphique
US	200	Végétation		Sur l'US 201	1 - 4 cm
US	201	Comblement	Niveau sédimentaire de couleur brun foncé, limono-argileux qui devient granuleux à la fouille, friable, sans inclusion avec beaucoup de racine.	Sous m'US 200. Sur les US 202 et 203	1 - 3 cm
US	202	<b>Niveau de circulation</b>	Niveau sédimentaire de couleur brun, limono-argileux. Présence de nombreuses racines. Quelques inclusions supérieures à 3 cm. Il vient butter contre la base du parement intérieur du mur Est (MR 204).	Sous l'US 201. Sur l'US 206.	1 – 6 cm
US	203	Comblement	Niveau sédimentaire de couleur marron clair, limono-argileux, beaucoup de racine.	Sous l'US 201. Sur l'US 205.	1 – 3 cm
USC	204	Parement extérieur  <b>MR 204</b>	Une dalle posée de chant	Sous l'US 201.	
US	206	Chaos ?	Niveau sédimentaire de couleur marron, limono-argileux, un peu compact, légèrement granuleux, quelques inclusions entre 5 et 15 cm. Enserre des blocs d'un module supérieur à 20 cm.	Sous l'US 202	2 – 12 cm
USC	207	Parement intérieur  <b>MR 204</b>	Ligne de blocs formant le premier niveau d'assise. Elle est constituée d'éléments de module moyen (entre 0,10 m de large et 0,15 m de long)	Sous l'US 201. Sur l'US 206.	
USC	208	Parement intérieur  <b>MR 204</b>	Pierres et blocs constituant le deuxième niveau d'assise de la face interne du mur Est (MR 204). Il est perçu au travers de 2 blocs de 0,23 à 0,28 m de long et de 0,11 à 0,17 m de large.	Sous l'US 201. Sur l'US 206	

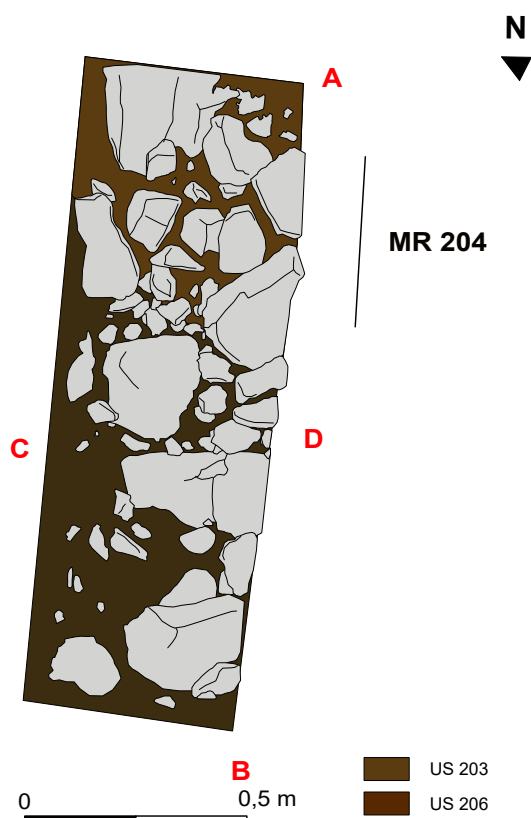


<b>USC</b>	209	Chaos ?	Pierre et blocs enchevêtrés prit dans l'US 206	Sous l'US 202	2 - 12 cm
<b>USC</b>	210	Eboulis	Pierres et blocs éboulées provenant ; 204 ou de phénomène naturel de type avalanche ou chute de pierre	Sous l'US 201. Sur l'US 206. Prit dans l'US 202	8 – 10 cm

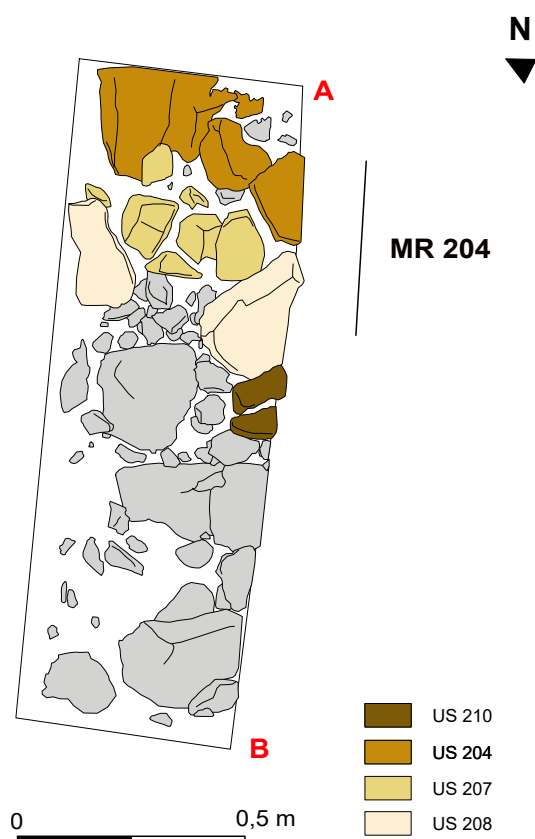
**Tab. 6-** Liste des unités stratigraphiques mis au jour en 2022 pendant le sondage de la structure n° 152



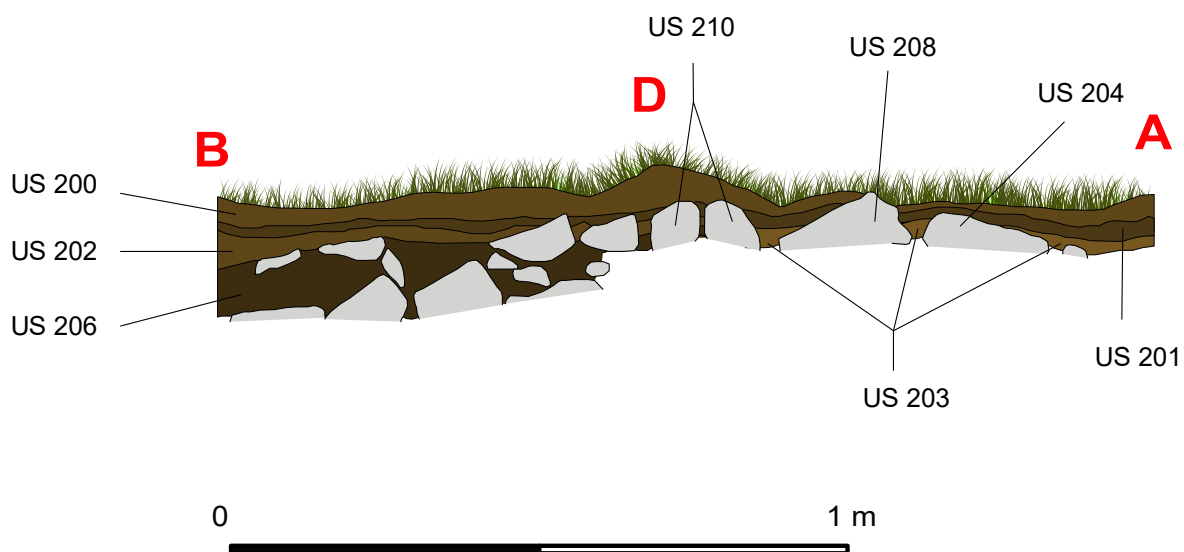
**Fig. 55-** Diagramme stratigraphique- Sondage 2022- Structure n° 152 (© C. Calastrenc)



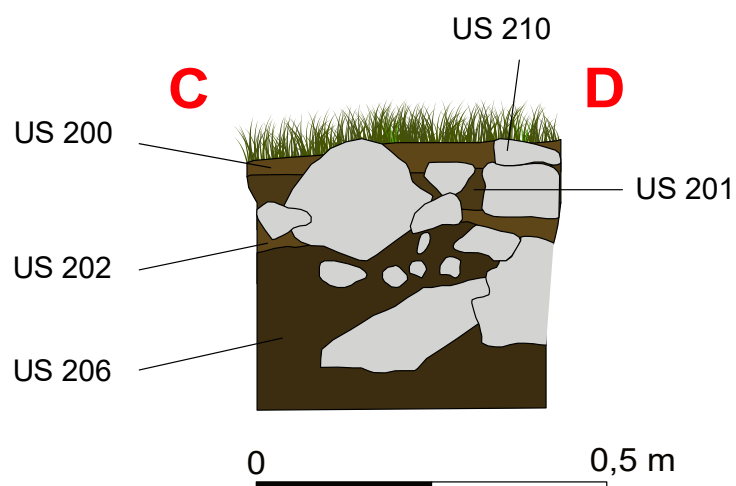
**Fig. 56-** Plan général- Fin de fouille- Sondage 2022- Structure n° 152 (© C. Calastrenc)



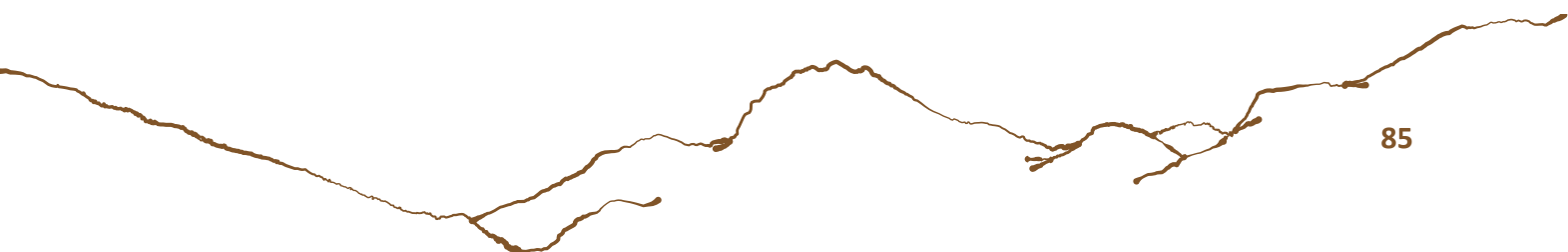
**Fig. 57-** Mur 204- Fin de fouille- Sondage 2022- Structure n° 152 (© C. Calastrenc)



**Fig. 58**- Coupe longitudinale- Fin de fouille- Sondage 2022- Structure n° 152 (© C. Calastrenc)



**Fig. 59**- Coupe face interne du mur MR 204 - Fin de fouille- Sondage 2022- Structure n° 152 (© C. Calastrenc)







## CHAPITRE 3

### Acquisition, traitements et analyses des données primaires

Le déploiement des appareillages non-invasifs pour de la prospection en haute montagne (Tab. 7) s'est fait de façon progressive afin de maîtriser au fur et à mesure les procédures d'acquisition et de traitement.

Type	Nb acquisition		Résolution (m)	Bande spectrale (nm)	Surface cumulée (m²)		Date
	Aulon	Enveitg			Aulon	Enveitg	
Lidar							
Mapper II	2	0	343 pt/m²	903 à 905 nm	58138,98	0,00	2021, 2022
Thermique							
Flir T620	1	1	Pixel = 0,01 m	Gamme température : 40°C à 650°C Bande spectrale : 7,8 à 14 nm	221,95	2490,00	2018
Flir Lepton	9	0	Pixel = 0,01 m	Gamme température : 10°C à 400°C < 50 mK Capteur LWIR avec longueur onde : 8 à 14 nm	7997,23		2019, 2021, 2022
Multispectral							
DJI Phatom	1	0		bleu (B) : 450 nm ± 16 nm vert (G) : 560 nm ± 16 nm rouge (R) : 650 nm ± 16 nm red edge (RE) : 730 nm ± 16 nm infrarouge proche (NIR) : 840 nm ± 26 nm	8044,56	0,00	2022
Photogrammétrie							
DJI Mavic	1	1	Pixel = 0,01 m	Bande spectrale : 0,4 à 0,7 nm	25190,00	187000,00	2018, 2019
Parrot Anafi	3	0	Pixel = 0,01 m	Bande spectrale : 0,4 à 0,7 nm	231563,88	0,00	2018, 2019, 2021, 2022
Magnétomètre							
GSM-19	4	0	Pixel = 0,07 m	...	1816,93	0,00	2021, 2022
Géoradar							
GSSI SIR 4000	2	0	Pixel = 0,05	...	475,00	0,00	2022
XRF							
Nitron XL3t 980	4	2	...	...	...	...	2019

Tab. 7- Etat du déploiement des appareillages scientifiques- 2022

### Imagerie thermique par drone

Depuis les années 1970, la thermographie aéroportée est utilisée 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 différence de la température de surface (TS) des zones

renfermant des structures archéologiques de celles où elles sont absentes (Eppelbaum, 2009). Ce qui est observable avec l'imagerie thermique, c'est l'inertie thermique à l'emplacement des structures archéologiques (Poirier, 2021 ; Poirier & Hautefeuille, 2018 ; Poirier et al., 2017 ; Poirier et al., 2013). Coupler la thermographie avec un drone permet d'abaisser les coûts d'acquisition, d'avoir une plus grande flexibilité d'utilisation, la

de pouvoir répéter les vols et de faire varier la hauteur d'acquisition (Hill et al., 2020 ; Agudo et al., 2018 ; Casana et al., 2014).

## Matériel utilisé

Les acquisitions thermiques ont été réalisées avec un drone Parrot Anafi Thermal.

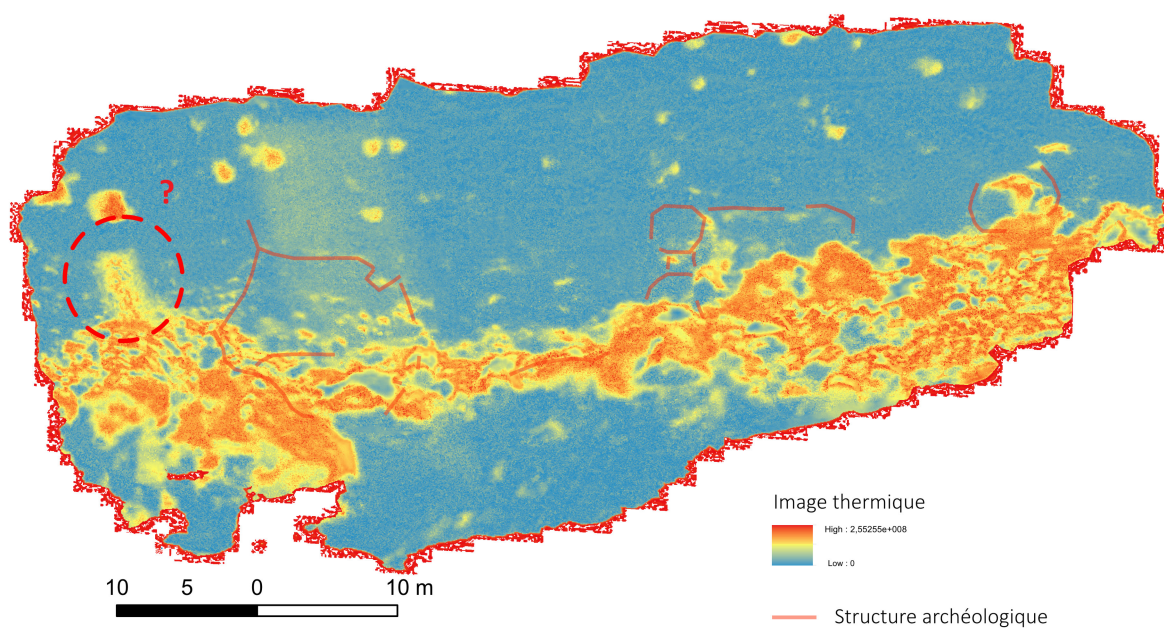
Caractéristiques techniques :

- Poids : 315 g sans la batterie
- Durée des vols : 26 minutes
- Équipé d'une caméra FLIR Lepton 3.5
- Gamme d'infrarouge : 8 à 14 nanomètres
- Résolution des images : 160 x 120 pixels.

## Procédure de traitement des données

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 des programmes de recherche Archéodrone et REPERAGE (dir. Nicolas Poirier, CR CNRS, Laboratoire TRACES) (Poirier, 2021 ; Poirier et al., 2017 ; Poirier, 2018). De façon générale, il s'agit d'effectuer les prises de vue zénithales lors de la plus grande amplitude des températures. La procédure de traitement des images thermiques utilisée a fait l'objet d'un article paru en 2020 dans la revue *ArchéoSciences* (Calastrenc et al., 2019).

En 2022, les acquisitions thermiques ont concerné une suite d'enclos installée contre un petit escarpement rocheux au Nord de la zone



**Fig. 60** - Orthothermographie - Zone Nord-Ouest du replat de l'Auloueilh (Réserve Naturelle d'Aulon) avec le positionnement des structures visibles en surface. Le cercle rouge identifie une anomalie thermique

d'étude. Ces images ont été traitées et assemblées dans Metashape. La Orthothermographie a ensuite été visualisée et traitée dans un SIG (Fig. 60 et 61).

Le résultat indique bien la présence des trois enclos placés les uns après les autres le long de barre rocheuse. Les pierres qui les constituent se réchauffent plus vite et plus fortement que les sédiments environnants. Une anomalie chaude est identifiable à l'Ouest de la zone couverture. (Fig. 61)

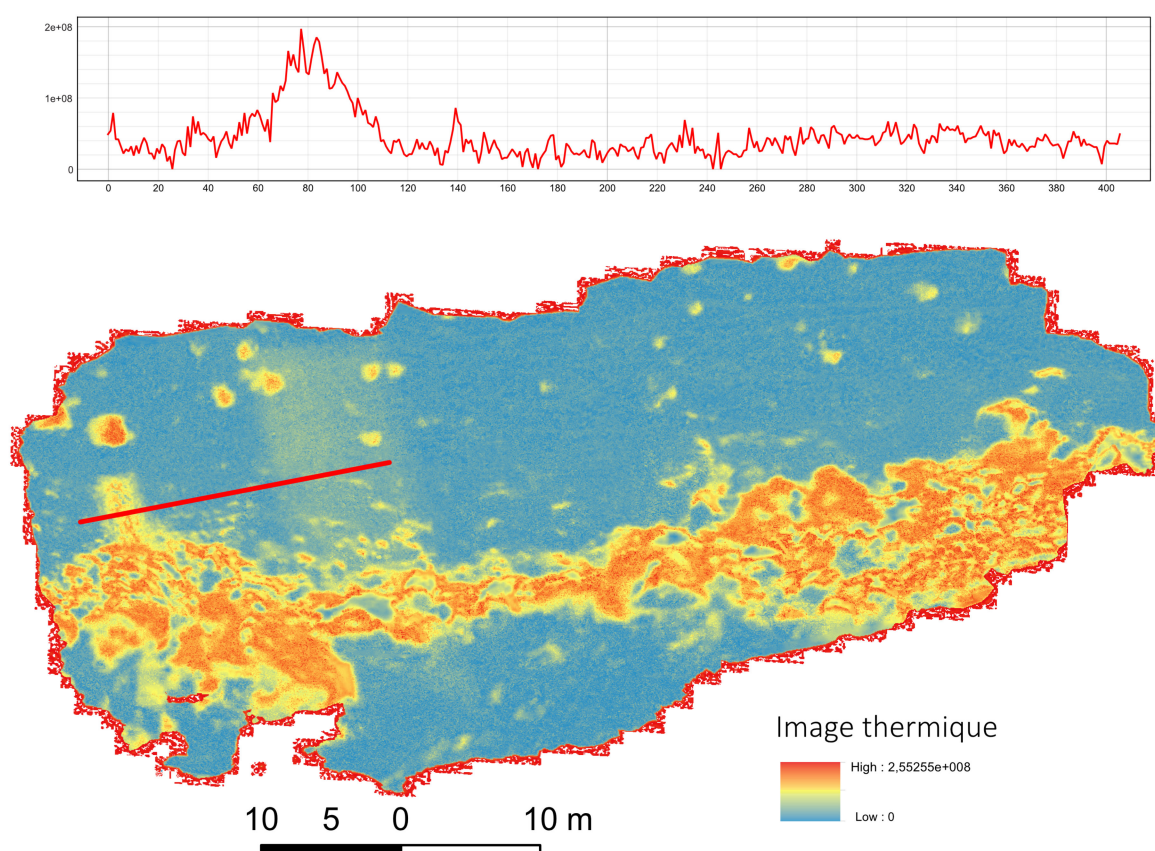
Longue de 4,70 m et large de 2,30, elle barre la petite déclivité dans laquelle sont installée les enclos (Fig. 61). Peut être s'agit il du substrat

rocheux qui ici s'approche très fortement de la surface.

## Relevés magnétométriques

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

L'objectif est d'observer des ensembles pastoraux repérés par ailleurs, d'évaluer le potentiel archéologique de leurs alentours et de vérifier la présence de matériel métallique et/ou de zone ayant subi l'action du feu (foyer).



**Fig. 61** - Orthothermographie - Zone Nord-Ouest du replat de l'Auloueilh (Réserve Naturelle d'Aulon) avec la localisation d'un profil thermique



## 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. Le montage de l'appareil a été modifié pour répondre à des applications archéologiques. Les deux capteurs sont positionnés 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.

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

## Résultats

### \* Grille 1 : Structures n° 129, 130 et 133

Grilles implantées au Sud du replat de l'Auloueilh, à l'emplacement d'un regroupement de plusieurs structures pastorales : une cabane (Str. N° 129), un enclos (Str. n° 131) et deux structures (Str. n° 130 et 133) indéterminées dont une (str. n°133) n'est perceptible que sur la visualisation SLRM.

Superficie : 687,316 m<sup>2</sup>.

Pour couvrir la totalité de cette superficie, deux grilles accolées ont été nécessaires (Fig. 62).

Ce relevé montre plusieurs anomalies

magnétiques :

- Une à l'angle Sud-Ouest de la structure 133
- Une en contre bas d'un rocher naturel
- 4 sur le pourtour de l'enclos (Structure n° 131)
- 4 à 10 m à l'Ouest de la structure n° 131

Sur ces seules données, il est impossible de déterminer si ces anomalies sont dues à la présence d'un artefact métallique ou d'une structure ayant chauffée de type foyer.

### \* Grille 2 : Structure n° 103

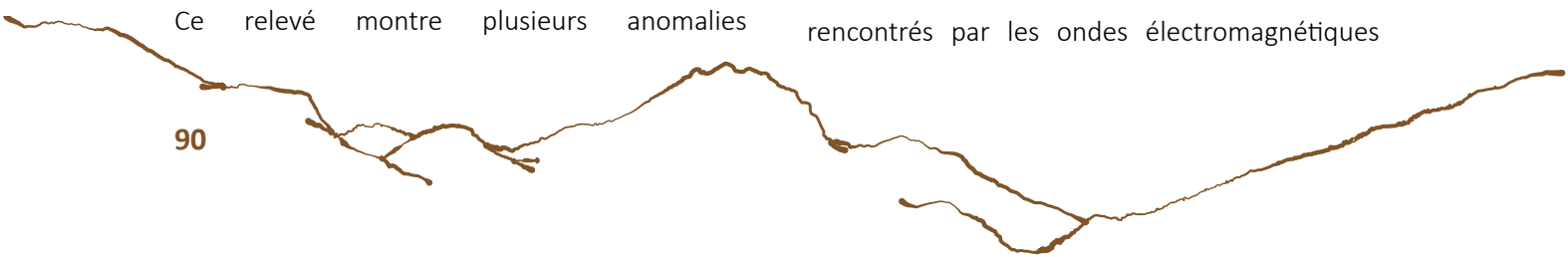
Grille implantée au Nord-Ouest du replat de l'Auloueilh, à l'emplacement d'un grand ensemble pastoral composé de 11 structures : 7 enclos (Str. N° 94, 95, 97, 98, 99, 100 et 155), 2 cabanes (Str. 102 et 103) et 2 indéterminée (Str. 96 et 101). Cette grille a été positionnée au Nord des cabanes (Str. 102 et 103) et à l'Ouest de l'enclos 99.

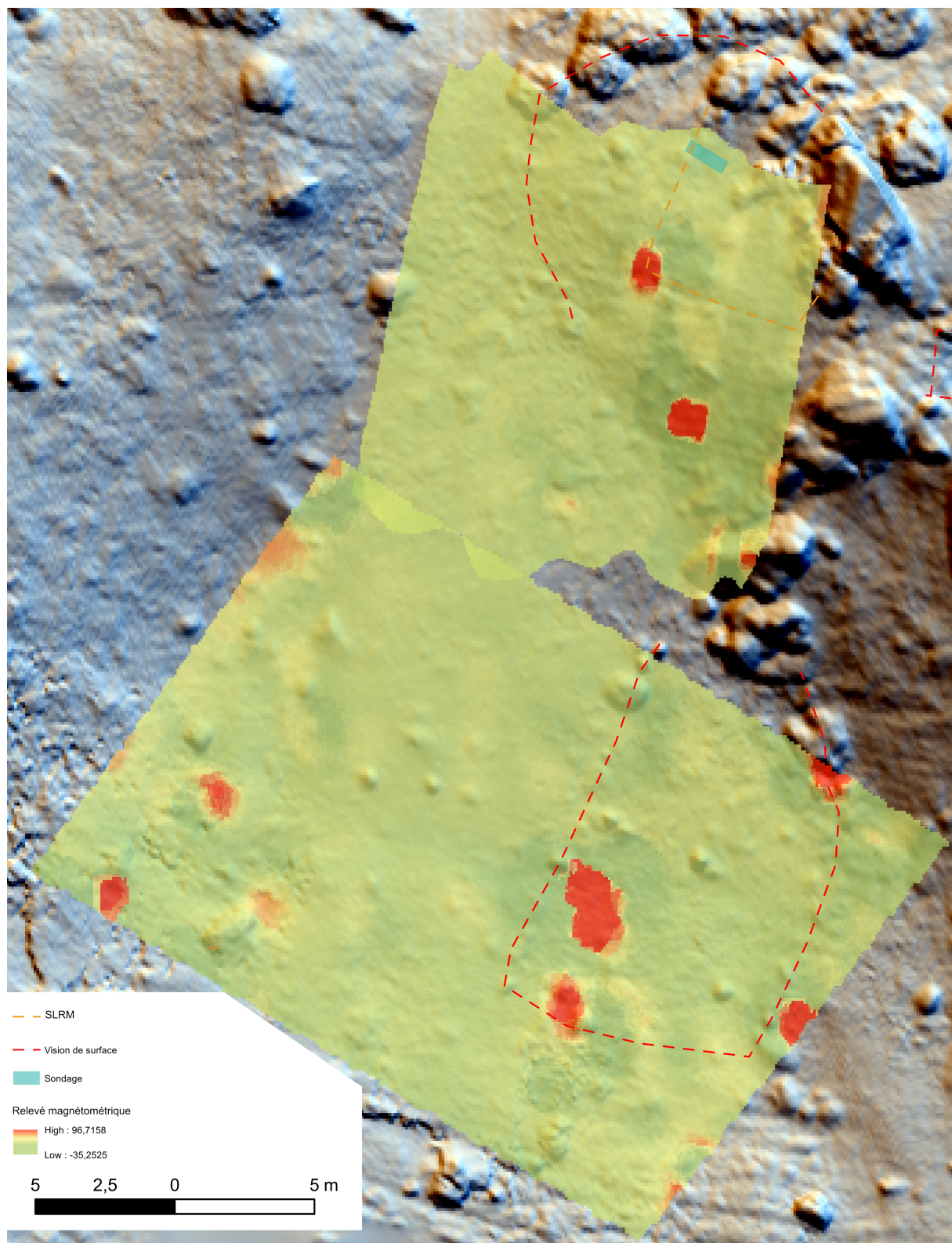
Superficie : 566 m<sup>2</sup>

5 anomalies magnétiques apparaissent sur ce relevé (Fig. 62)

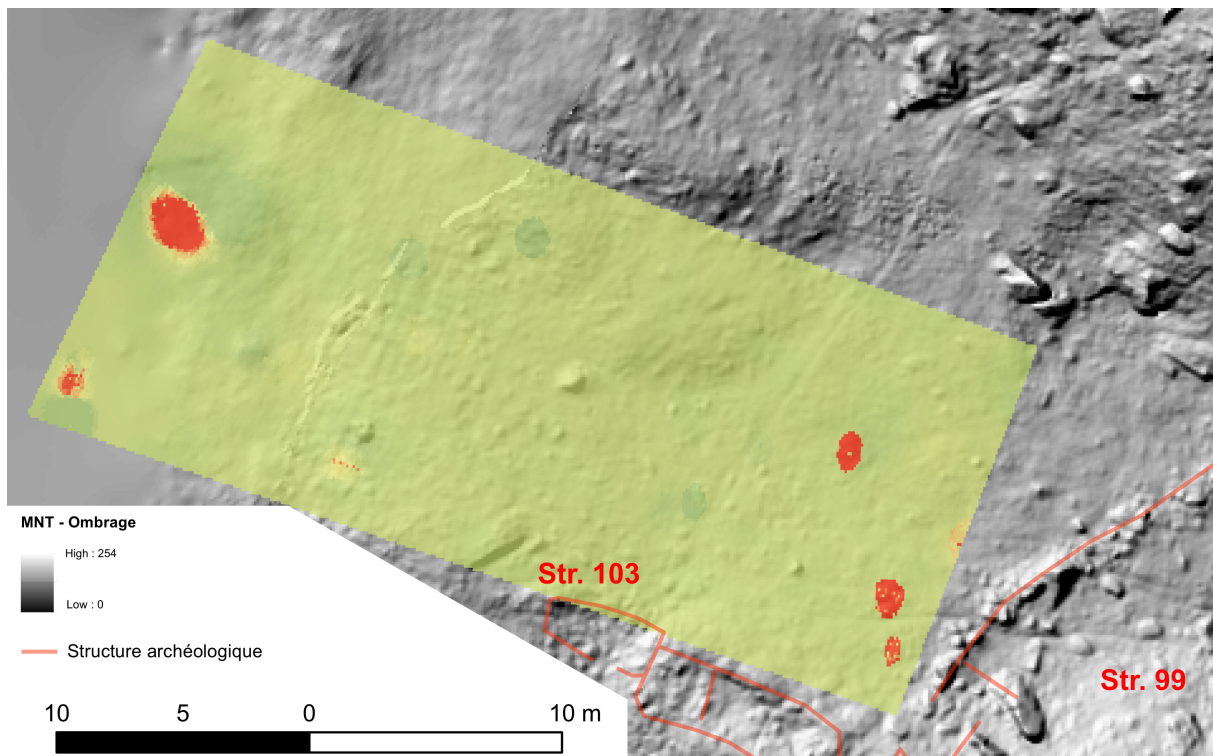
## Géoradar

Le géoradar ou GPR (Ground Penetrating Radar) permet d'obtenir une représentation 3D des contrastes de permittivités ou de conductivités rencontrés par les ondes électromagnétiques





**Fig. 62** - Relevé magnétométrique- Grille 1



**Fig. 63** - Relevé magnétométrique- Grille 2

émises et d'y distinguer des anomalies pouvant correspondre à des structures ou des artefacts archéologiques. Cet outil a été utilisé par Ted Gracson à Laurrau (Pyrénées-Atlantiques) dans le cadre des prospections archéologiques dirigées par Mélanie Le Couédic (Le Couédic et al., 2014). Il a montré tout son intérêt en milieu de haute et moyenne montagne en dévoilant, sur plusieurs sites, des anomalies pouvant correspondre à des vestiges d'aménagements enfouis invisibles en surface.

Le laboratoire TRACES est équipé d'un géoradar de la marque GSSI équipé d'une unité de contrôle SIR 4000. Les acquisitions ont été réalisées avec

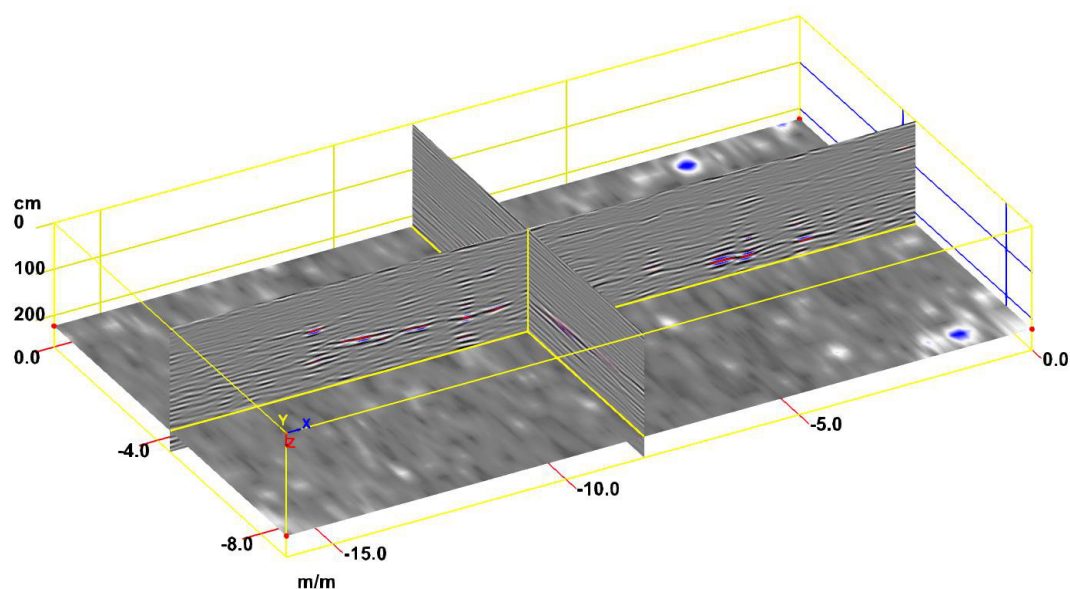
une antenne de 400MHz.

## Résultats

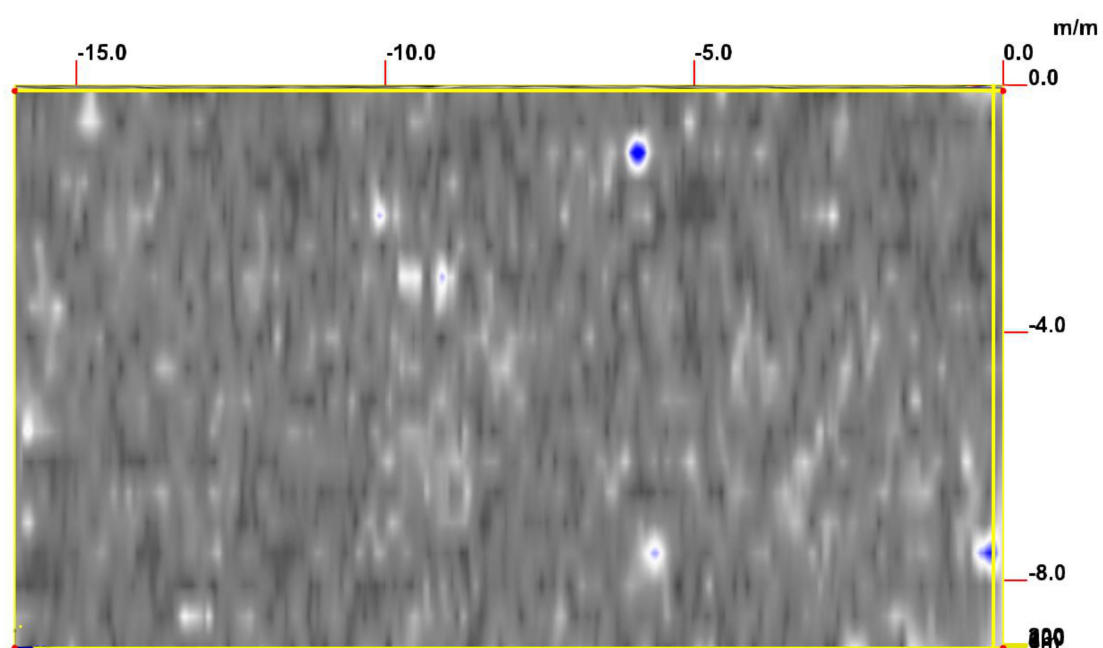
Un relevé a été réalisé à l'emplacement d'un grand ensemble pastoral composé de 11 structures : 7 enclos (Str. N° 94, 95, 97, 98, 99, 100 et 155), 2 cabanes (Str. 102 et 103) et 2 indéterminée (Str. 96 et 101). Cette grille a été positionnée au Nord des cabanes (Str. 102 et 103) et à l'Ouest de l'enclos 99.

Ce relevé ne montre aucune structure archéologique enfouies. Il permet toutefois de localiser le remplissage du replat sur lequel a été

installé cet ensemble pastoral. Les cabanes sont installées sur un ressaut du substrat. Au Nord de ce ressauts se trouve une cuvette remplie par des sédiments sur une hauteur allant de 0,80 à 1 m de profondeur. (Fig. 64 à 73)

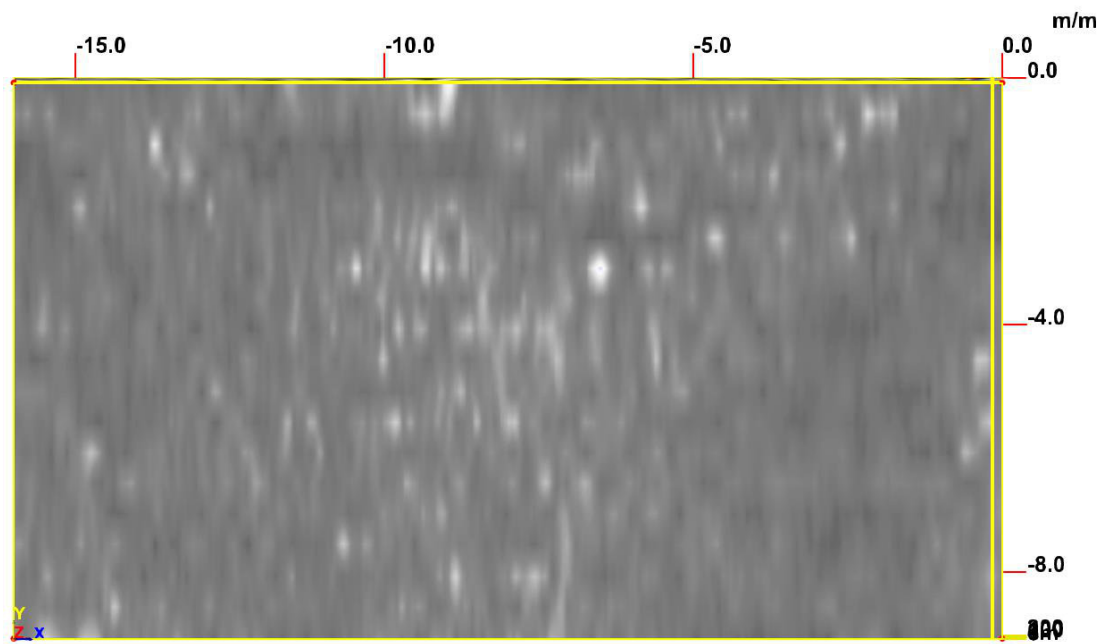


**Fig. 64-** Profils- Relevé géoradar

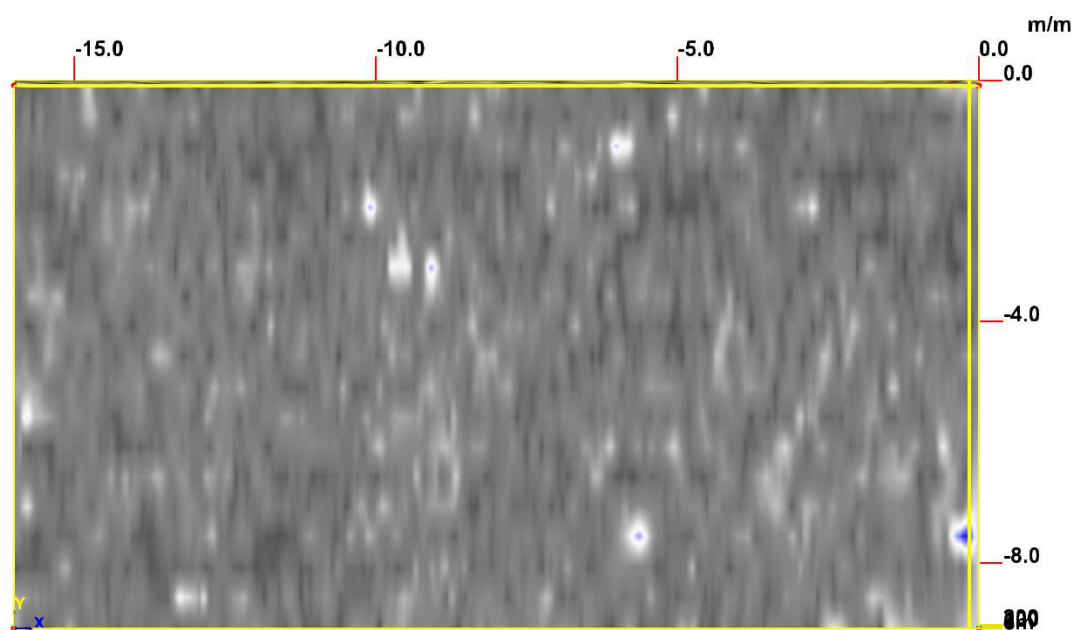


**Fig. 65-** Relevé géoradar en surface (0 cm de profondeur)

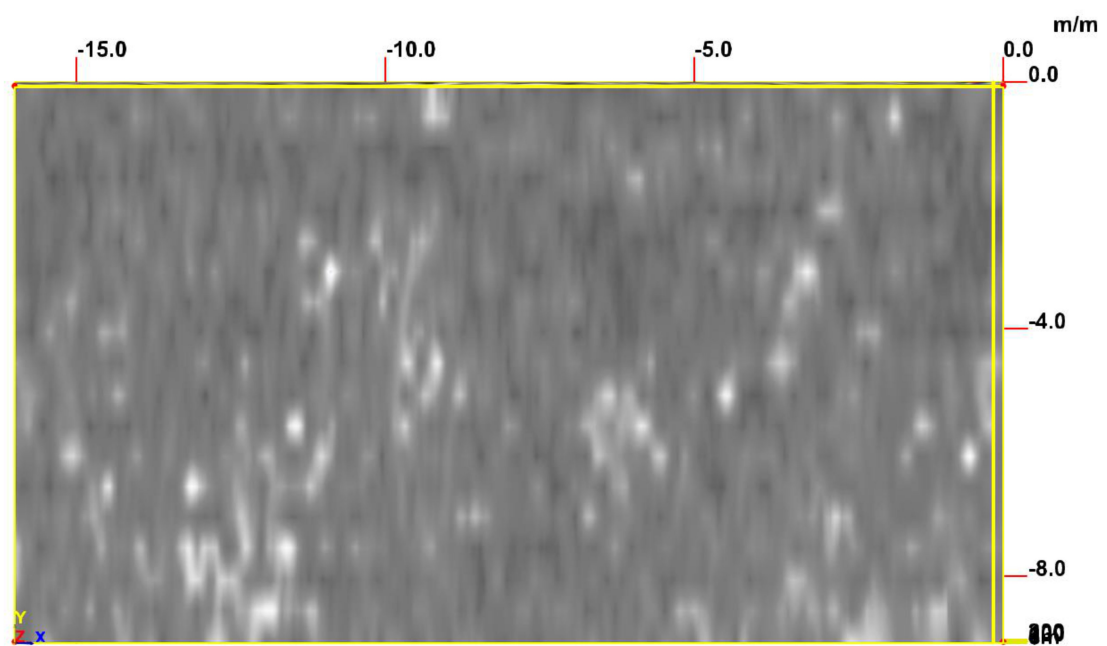




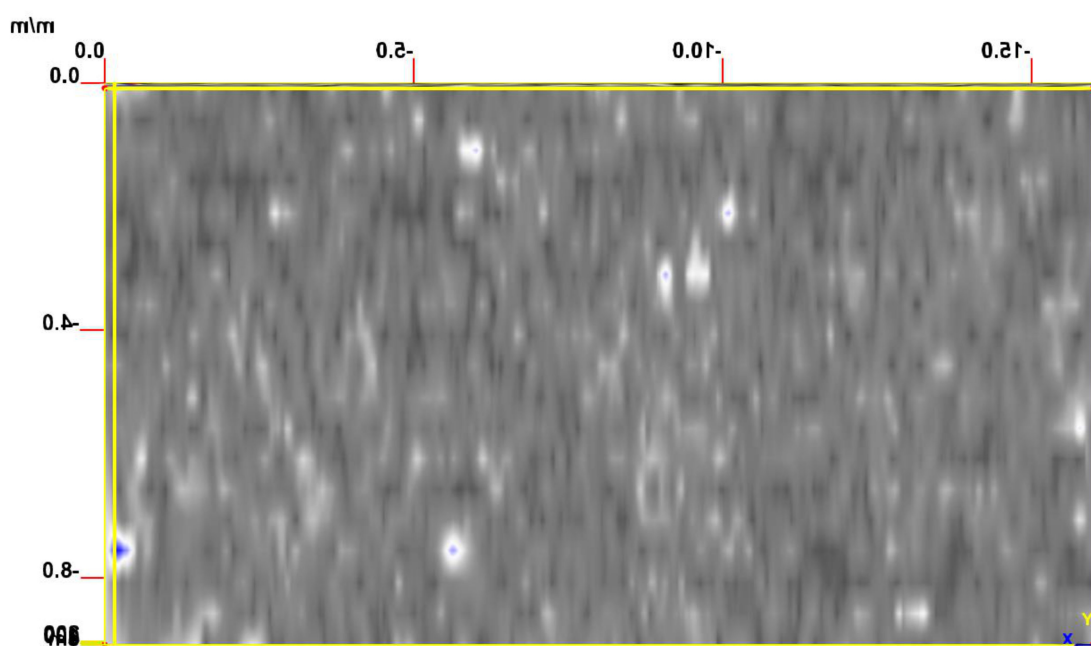
**Fig. 66-** Relevé géoradar à 24 cm de profondeur



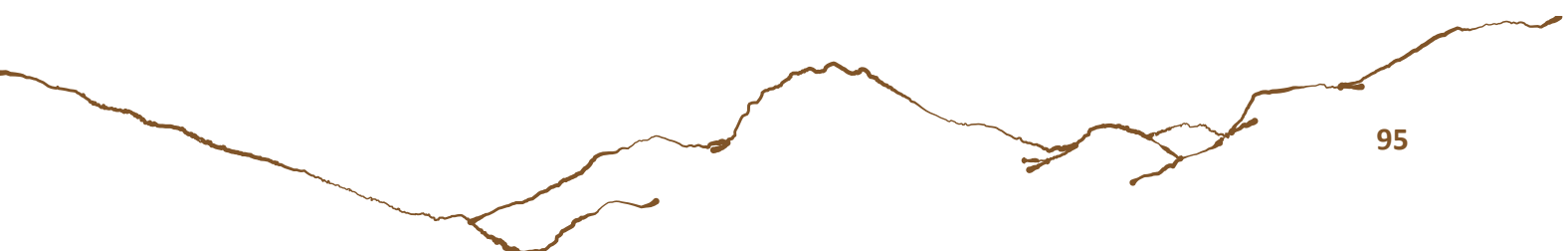
**Fig. 67-** Relevé géoradar à 53 cm de profondeur

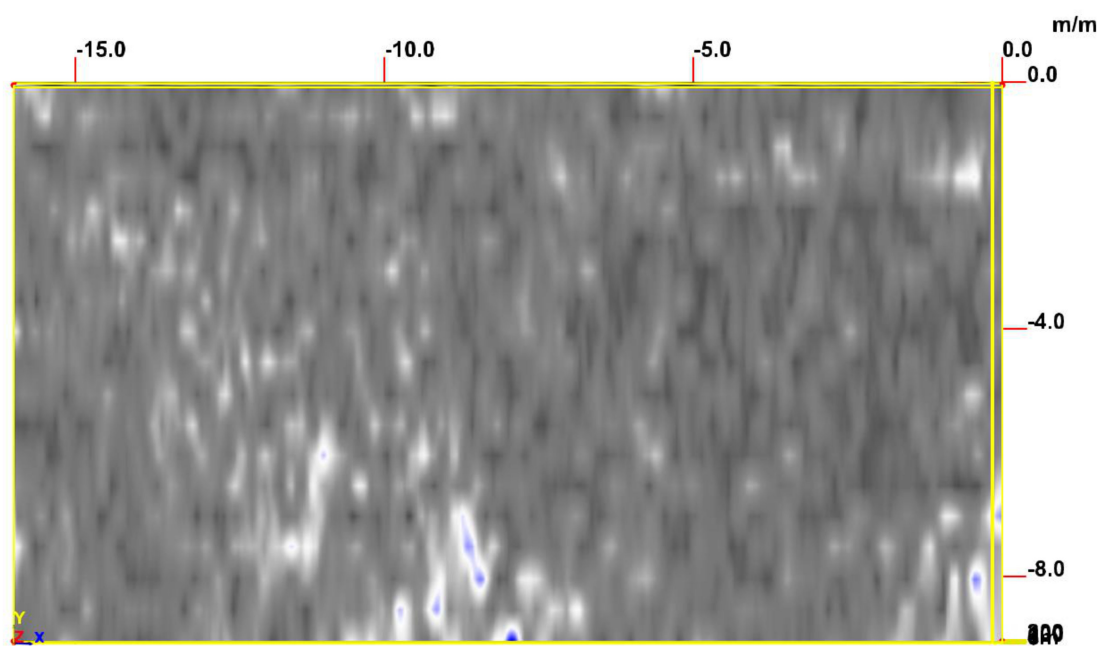


**Fig. 68**- Relevé géoradar à 80 cm de profondeur

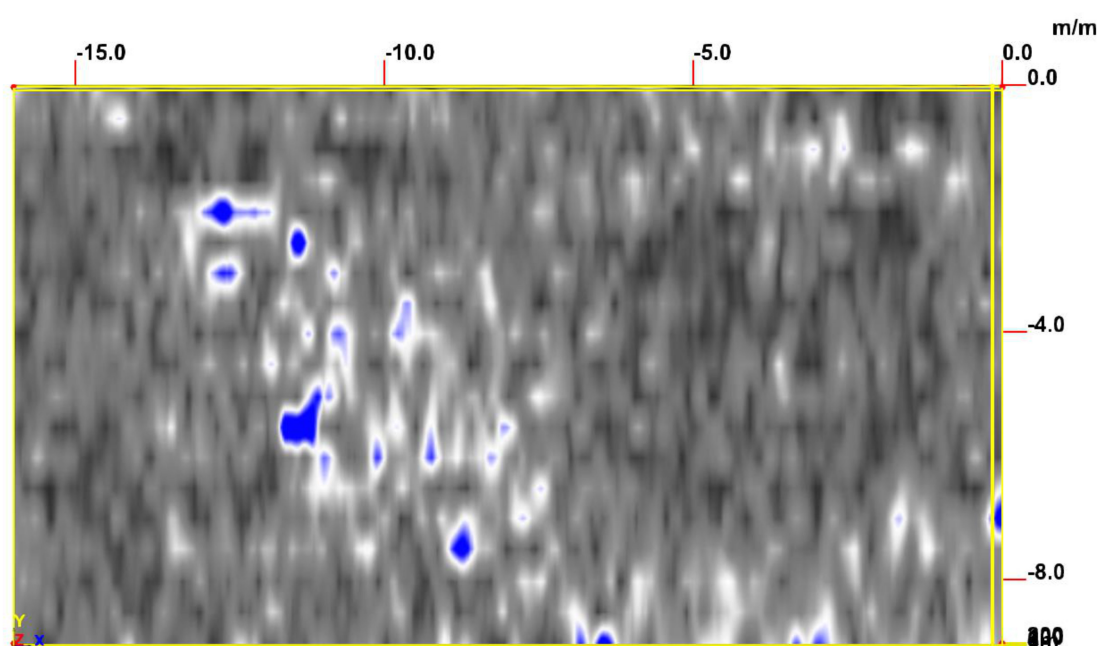


**Fig. 69**- Relevé géoradar à 107 m de profondeur

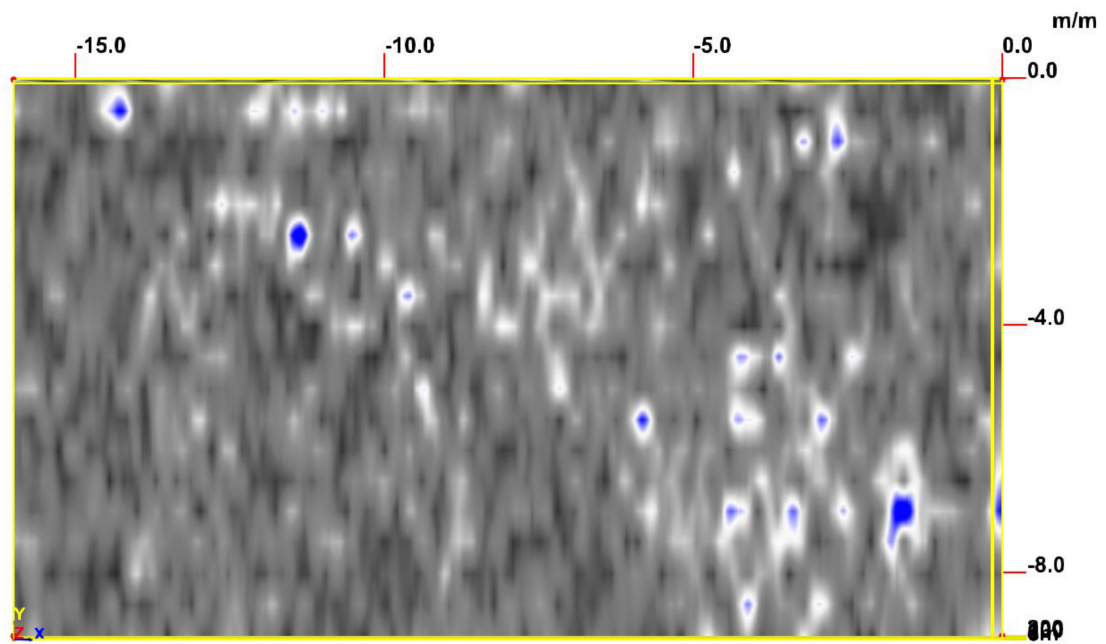




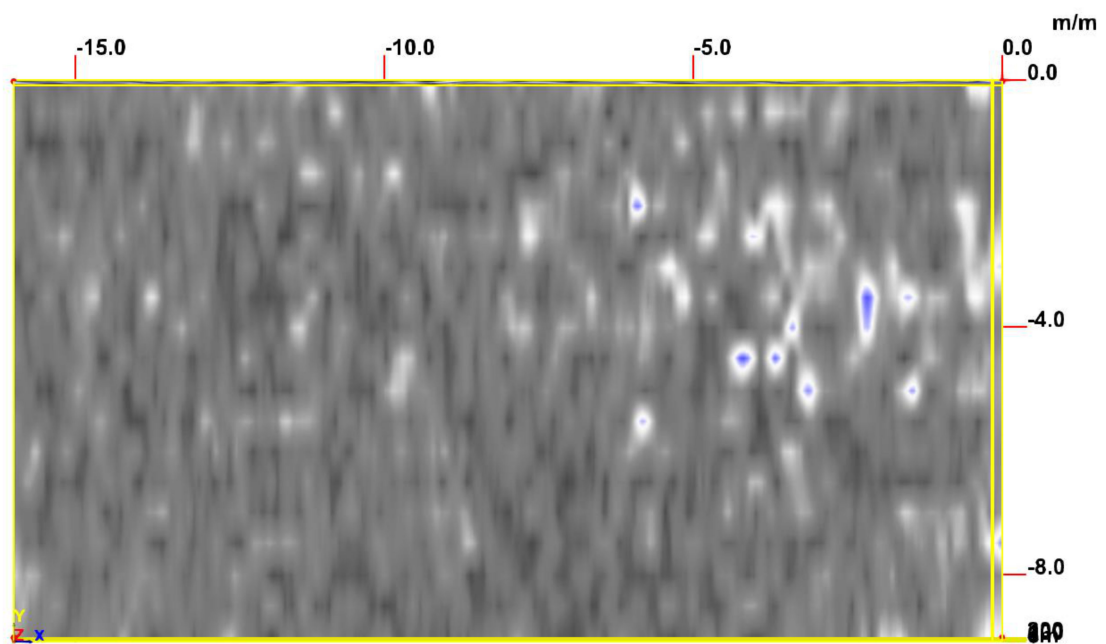
**Fig. 70**- Relevé géoradar à 130 m de profondeur



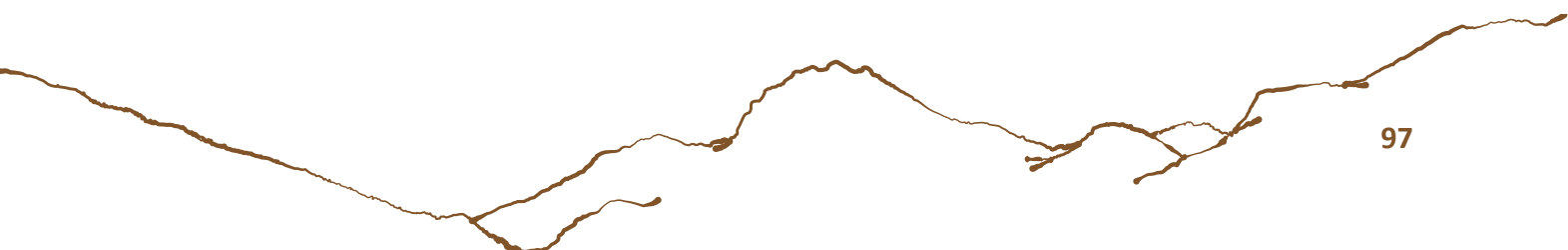
**Fig. 71**- Relevé géoradar à 160 m de profondeur



**Fig. 72**- Relevé géoradar à 187 m de profondeur



**Fig. 73**- Relevé géoradar à 214 m de profondeur





## Imagerie multispectrale par drone

L'utilisation de l'imagerie multispectrale est assez récente en archéologie. Malgré les problèmes de résolution spatiale et spectrale, elle s'est d'abord focalisée sur l'imagerie satellite et l'analyse un à un des résultats des calculs d'indice de végétation (Abate et al. 2021). Ce n'est qu'avec le développement des vecteurs drone et la miniaturisation des capteurs, que l'usage de l'imagerie multispectrale va être insérée dans les procédures de prospection archéologique. Elle est aujourd'hui utilisée pour la détection archéologique à l'échelle d'un terroir, d'un site et entre même dans des études d'identification et de localisation de certains artefacts (Orengo, Garcia-Molsosa, 2019).

### Matériel utilisé

Pour les acquisitions multispectrales, nous avons utilisé un drone DJI Phantom 4 Multispectral.

Caractéristiques techniques :

- Poids : 1487 grammes (sans batterie)
- RTK fonctionnant avec GPS, Galiléo, Beidou, Glonass
- Résolution sol : environ 2 m avec des prises de vue à 40 m de hauteur
- Capteurs CMOS 1/2,9 pouce

• Filtres :

- bleu (B) : 450 nm  $\pm$  16 nm ;
- vert (G) : 560 nm  $\pm$  16 nm ;
- rouge (R) : 650 nm  $\pm$  16 nm ;
- red edge (RE) : 730 nm  $\pm$  16 nm ;
- infrarouge proche (NIR) : 840 nm  $\pm$  26 nm

### Résultats

Il s'agit ici du résultat des premières acquisitions. Celles-ci ne sont pas « opérationnelles ». Elles avaient pour but de cerner les possibilités du drone, du capteur et d'avoir un aperçu des résultats sur le terrain et après traitement. La période d'acquisition n'est pas forcément la meilleure. La méthode d'acquisition n'est pas forcément optimale. Ces premiers résultats ont pour buts de cerner tous les points d'achoppement, les limites et les avantages de cet appareillage, pour enfin réaliser des acquisitions efficaces et probantes.

#### Grille 1

Une première série d'acquisition a été faite sur la partie centrale du replat. La superficie couverte est de 4,106 hectares d'un seul tenant. En plus des canaux PIR et Red-Edge, cette acquisition a été faite en R, V, B et en NDVI.

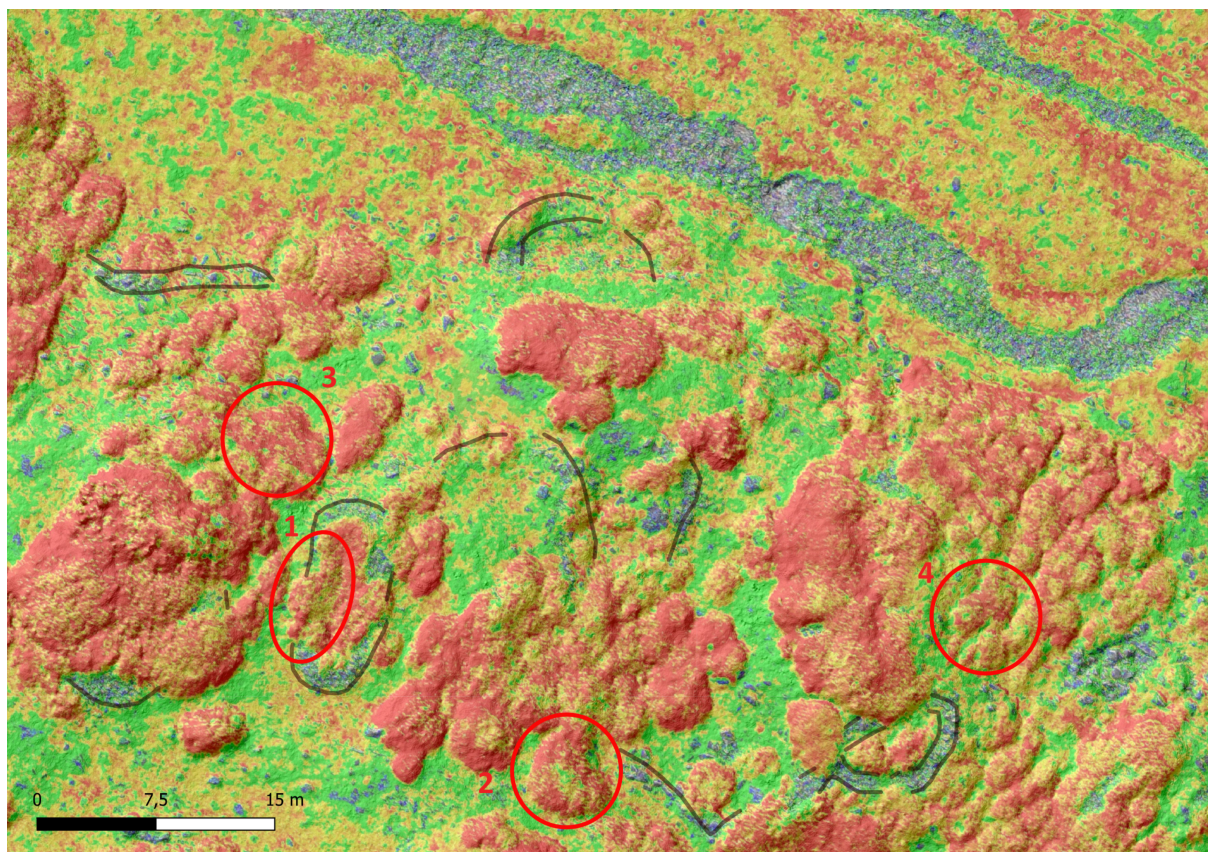
L'étude de l'image NDVI montre (Fig. 74), dans les conditions d'acquisition de cette session, cet indice ne paraît pas propice à la détection archéologique.







**Fig 74** - Au-dessus, orthophotographie d'un extrait de la zone couverte au centre du replat de l'Auloueilh ; au-dessous, indice NDVI d'un extrait de la zone couverte au centre du replat de l'Auloueilh. Les structures visibles en surface sont indiquées par un traits plein. Les « anomalies » sont localisées par un cercle rouge.





Avec ce NDVI, il est cependant possible de différencier les espèces végétales et de faire, à grand trait, la distinction entre les rhododendrons, les myrtilliers, les genévriers et les mousses. Ainsi, dans la zone 1 de la figure n° 74, un trait vertical suit presque la ligne de mur de la structure n° 123. Il s'agit d'une concentration de myrtillier. Ces plantes semblent avoir préférés s'installer le long de la face interne du mur de la structure 123 et en tracent le trait. Dans la zone 2, se perçoit les partie sèches des plantes Dans la zone 3, le NDVI permet d'identifier l'espace entre les pieds de rhododendron. Enfin, la zone 4 montre les myrtilliers, au travers du NDVI.

### Grille 2

Cette acquisition a été faite sur 6886,82 m<sup>2</sup> à l'emplacement d'un grand ensemble pastoral (str. 94 à 103 – Cf : Calastrenc et al., 2021) recouvert par une prairie herbeuse rase.

Le NDVI ne permet pas d'identifier d'autres vestiges archéologiques que ceux perceptibles en surface. (Fig. 75)

Ici, le NDVI confirme les données issues du géoradar. Il permet de discriminer les zones de comblement sédimentaires de celle constituées de plus de rocher. De plus, au Nord de l'ensemble

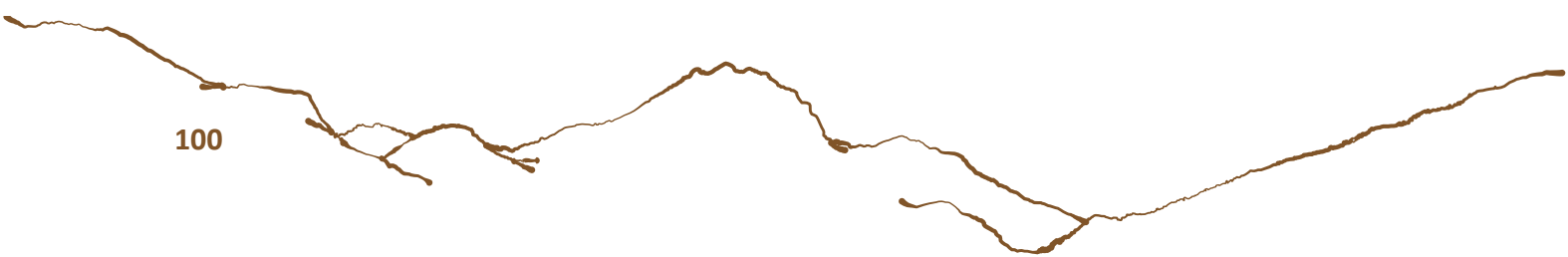
pastoral, à l'intérieur de l'enclos n° 99, se perçoit une ligne de blocs qui jusque là n'avait pas attirée l'attention. Elle vient se connecter à l'Ouest contre le mur d'enclos, au niveau d'une césure du mur.

### Grille 3

Cette acquisition a été faite à l'emplacement d'un grand ensemble pastoral (str. 37 à 48 – Cf : Calastrenc et al., 2021). La zone couverte mesure 9723,95 m<sup>2</sup>.

Le NDVI ne permet pas d'identifier d'autres vestiges archéologiques que ceux perceptibles en surface. (Fig. 76)

Toutes les structures incluses dans le chaos sont invisibles sur le NDVI. Sur cet raster de cet indic, la structure 39 semble avoir été édifié sur une petite éminence fortement drainée (les plantes y sont plus sèches qu'ailleurs). Une très légère « anomalie » plus sèche est identifiable perpendiculairement au mur de l'enclos n° 46, parallèlement au mur de la structure n° 45. S'agit il de la marque d'un mur sous-jacent ?

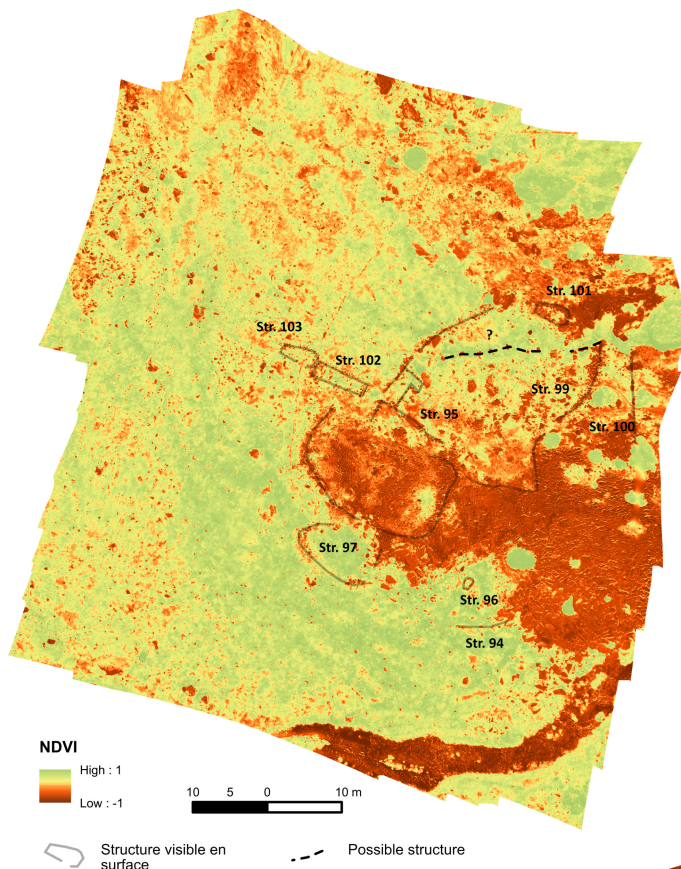


## Grille 4

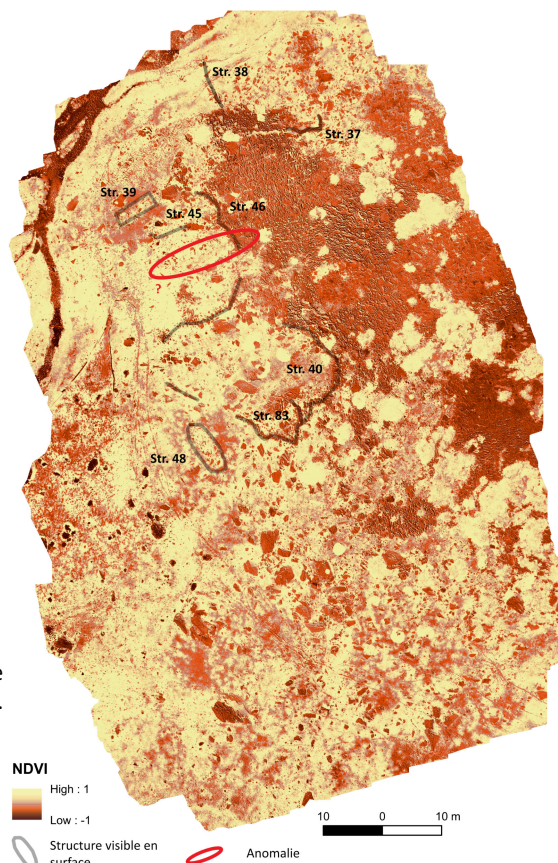
Cette acquisition a été faite sur 3441, 48 m<sup>2</sup> à l'emplacement d'un petit ensemble pastoral très arasé situé dans les marges Sud-Ouest du replat

de l'Auloueilh. (str.32 à 35, 82 et 156 – Cf : Calastrenc et al. 2021).

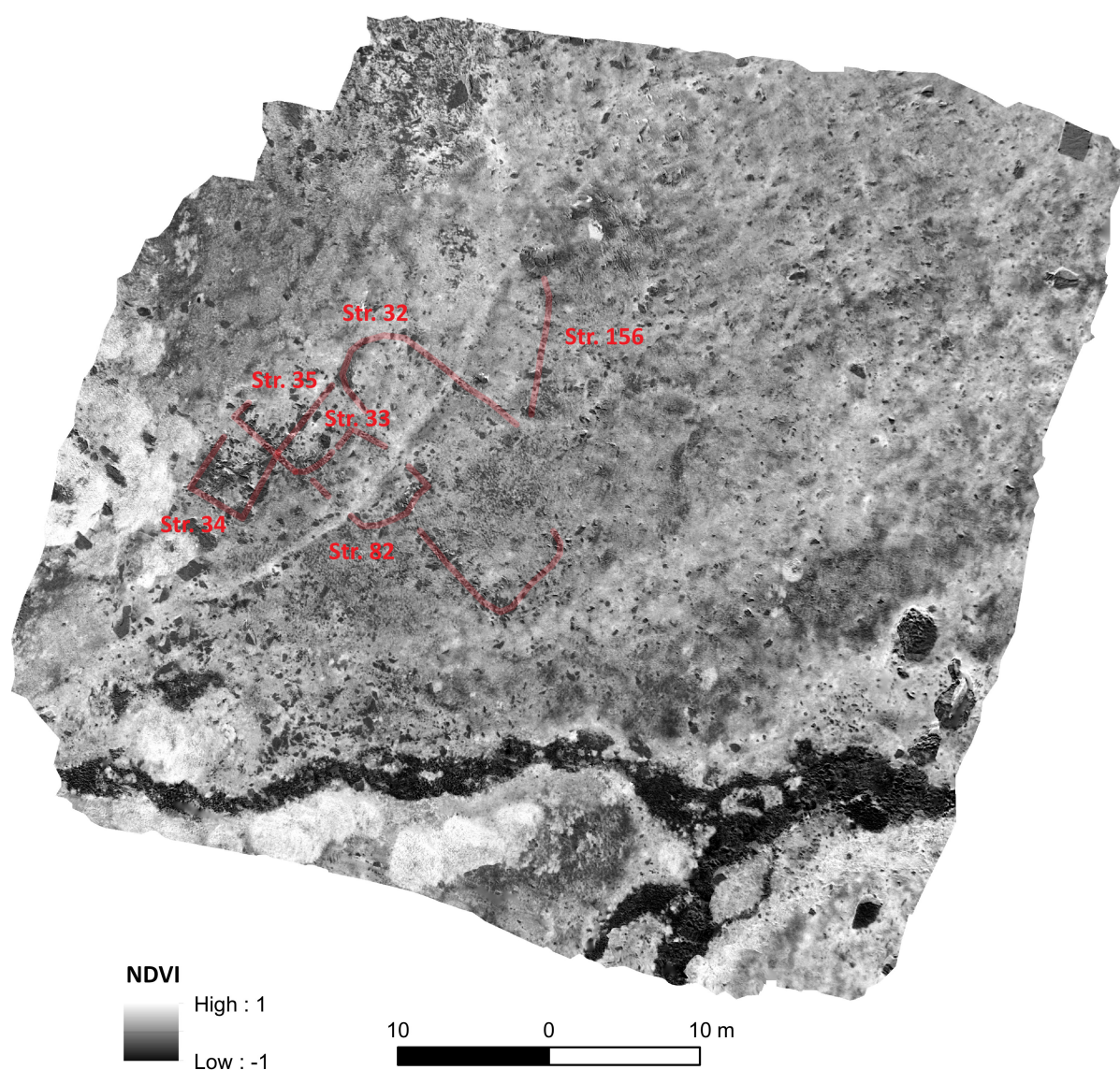
Le NDVI ne permet pas d'identifier d'autres vestiges archéologiques que ceux perceptibles en surface. (Fig. 77)



**Fig. 75** - A gauche, le résultat du calcul de l'indice NDVI de la grille n° 2.



**Fig. 76** - A droite, le résultat du calcul de l'indice NDVI de la grille n° 3.



**Fig. 77** - Résultat du calcul de l'indice NDVI de la grille n° 4.

## Lidar par drone

Tout comme en 2021, la partie centrale du replat de l'Auloueilh a fait l'objet d'une couverture Lidar (à 20 m de hauteur et à 4m/s). L'objectif était de pouvoir disposer d'un deuxième jeu de données

pour qu'il soit traité dans le cadre d'un stage de Master en cotutelle entre les laboratoires CESBIO, IRIT et TRACES. Ce Master aura la charge de définir une procédure de classification des points sol/végétation lisseuse pour avoir une détection archéologique la plus claire possible



## **.Matériel utilisé**

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

Le capteur est un Mapper II de la société Yellowscan (Fig. 78).

- 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

## **Résultats**

Le résultat de ces deux vols sont deux nuages de point qui ont été fusionnés. Ils couvrent une superficie de 5,81 hectares.

Au total, avant classification, ces deux vols représentent 17 254 687 points, soit 296 points/m<sup>2</sup> (Fig. 79).

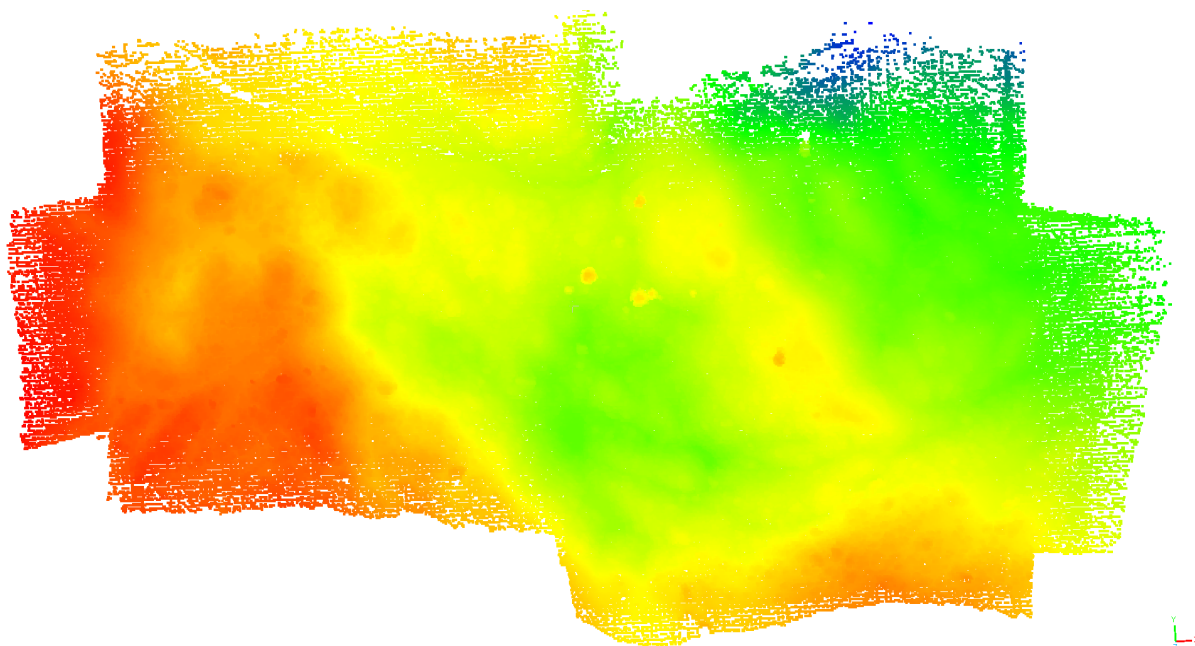
La classification a été réalisée dans CloudCompare avec le paramètres suivants :

- CSF Relief
- Résolution : 0,4
- Tension : 0,5
- Itération : 1000

Après cette classification, il reste 16 343 054 points identifiés comme étant du sol, soit 281 points/m<sup>2</sup>.



**Fig. 78** - Relevé Lidar (© C. Calastrenc)

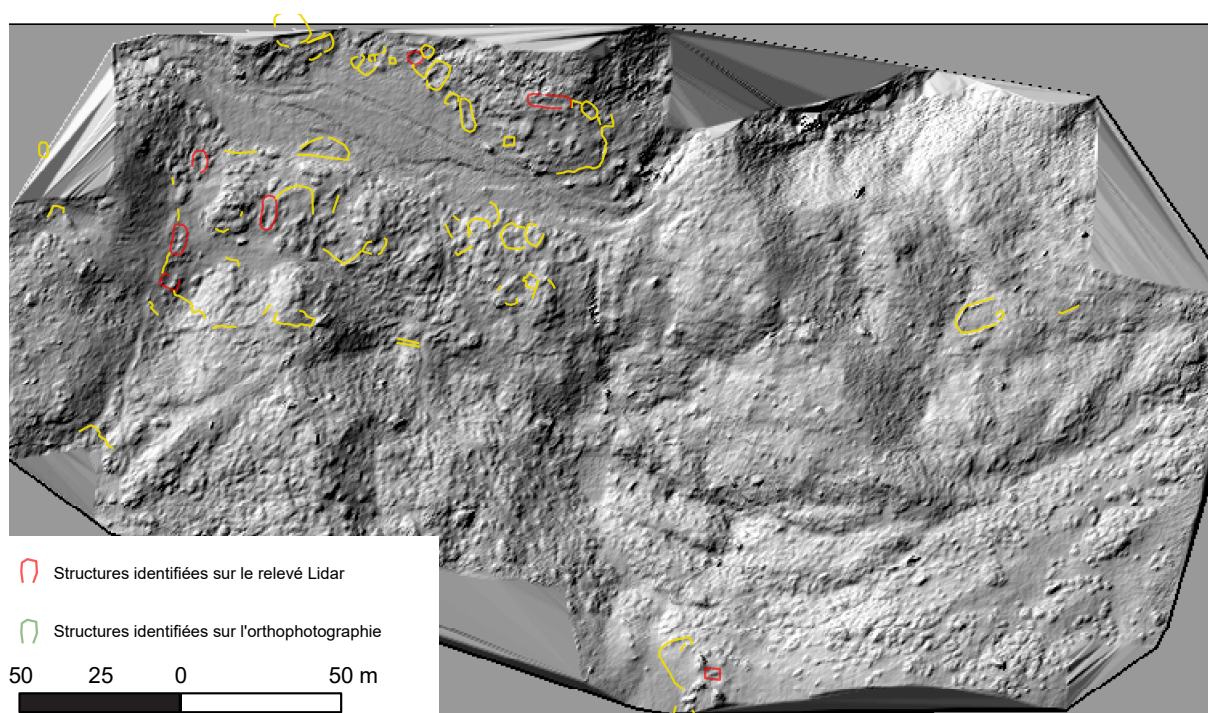


**Fig. 79** - Relevé Lidar brut avant traitement dans CloudCompare

Ce traitement permet de distinguer quelques éléments architecturaux cachés sous la végétation, mais leur identification reste difficile (Fig.80). Sur 58 structures, 7, soit 12%, sont

visibles sur le MNT produit dans CloudCompare après le traitement CSF.

La procédure de traitement des données doit être affinée.



**Fig. 80** - Relevé Lidar après traitement CSF dans CloudCompare



## CHAPITRE 4

### Enquête épigraphique

Pierre CAMPMAJO

#### La cabane de l'Auloueilh

Construite dans les années 1980 sur les ruines de huit cabanes de bergers, la cabane est exposée plein sud (Fig. 81).

Pour faciliter l'étude des gravures qui se trouvent sur ses murs, nous avons divisé la maison en trois espaces : la façade sud, la façade est et la façade ouest.

Chacune de ces façades compte plusieurs pierres gravées, que nous avons décrites par façade :

- Façade sud, pierres de 1 à 4
- Façade est, pierres de 1 à 3
- Façade ouest, pierres de 1 à 5

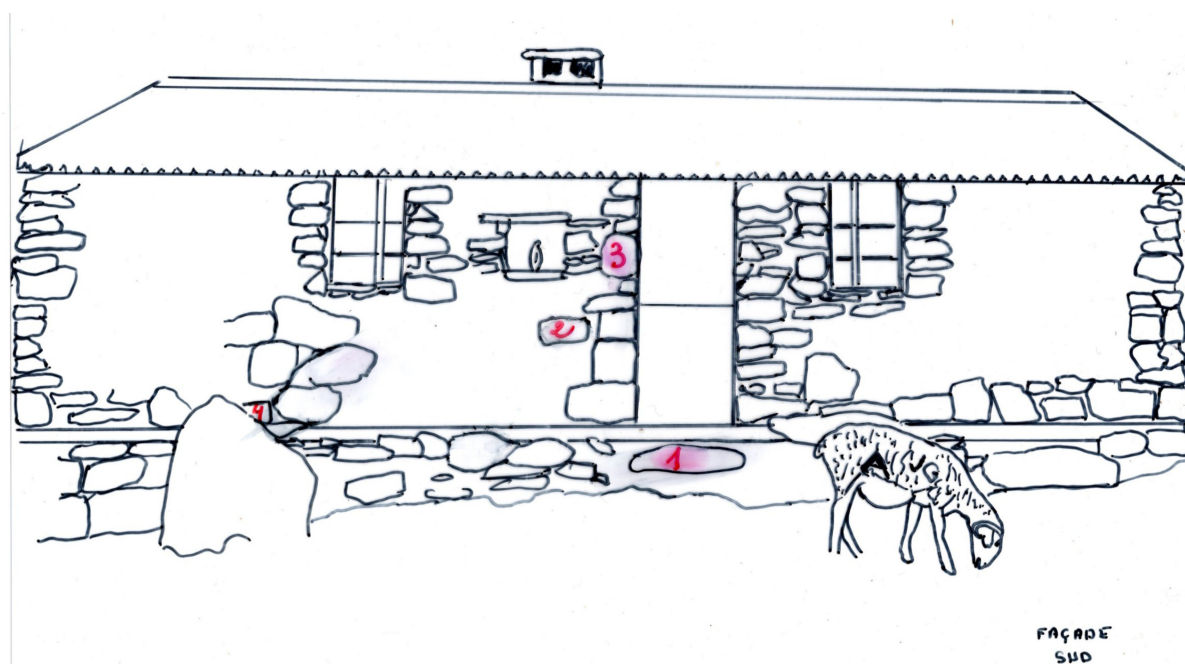


Fig. 81 - Cabane de l'Auloueilh (© P. Campmajo)

## FAÇADE SUD

### ROCHE 1

Références photos : SD 3036 n° 7838 du 18/09/2022

Cette roche aux belles dimensions, 81 cm de largeur pour 47 cm de longueur, sert actuellement de pas de porte à l'entrée de la cabane (Fig. 82 et 84).

Parce que très emprunté, ce passage présente un aspect poli, avec une belle patine. Quelques petits points dispersés sur la surface pourraient bien être les marques laissées par les bâtons de marche aux embouts métalliques. Les dégâts sont toutefois limités, aussi faut-il protéger la pierre.

Toutes les gravures ont été obtenues par un piquetage régulier, assez fin et profond de quelques millimètres. On pourrait presque dire qu'elles ont toutes été tracées de la même main, une analyse en tracéologie plus détaillée pourrait le confirmer.

La roche ayant été déplacée, sa position initiale n'est pas connue ; était-elle posée à plat ou était-elle verticale ? Impossible à dire.

Pour mieux décrire les gravures et les étudier, nous avons pris le parti de les diviser en petits groupes, 11 au total, sur lesquelles les marques semblent être liées (fig. 83).

Le groupe 1 se compose de la lettre alphabétique

H, séparée par un tiret, un signe en forme d'ancre de marine.

La lettre F, groupe 2, est séparée elle aussi par un tiret, d'un possible s inversé. Ici, l'angle droit que forme la boucle inférieure nous fait douter de cette lecture, en tout cas la prendre avec précaution.

La gravure n° 3 figure une croix de Saint-André. Nous l'avons isolée en tant que signe chrétien. On peut voir la même sur la pierre n° 1 de la façade est.

Pour déchiffrer le groupe 4, il faut faire faire à la page un demi-tour pour lire deux lettres encastrées, un P et un R.

Le groupe 5 est plus complexe : on y voit un triangle qui supporte sur sa pointe une barre horizontale, laquelle coupe en deux un signe en forme de V. À droite du triangle, une croix latine lui est accolée. C'est une figure assez connue des marques de maisons (Campmajo, Crabol, 2015 et Rendu, Campmajo 1995).

La gravure n° 6 représente un signe en forme de V, sans plus de précisions.

Le groupe 7 est un ensemble complexe : on distingue une forme triangulaire supportant trois courtes barres sur sa pointe. Une lettre S semble lui être associée. Cette composition nous rapproche là aussi des marques de maisons.

Le groupe 8 montre des cercles réunis par une courte barre cintrée. Une barre identique se dirige vers le bas, mais à ce niveau la pierre

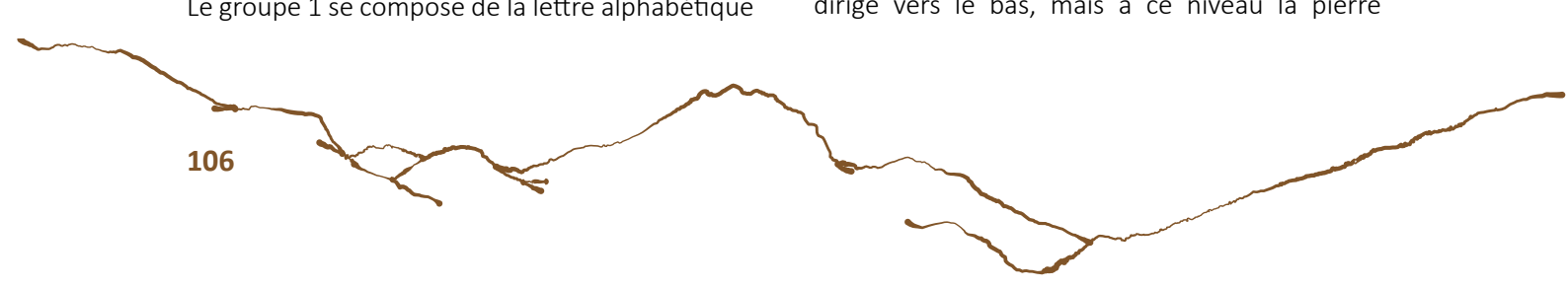




Fig. 82 - Roche 1 - Façade Sud (© P. Campmajo)

cabane de  
l'Auloueilh  
façade sud  
Pierre 1

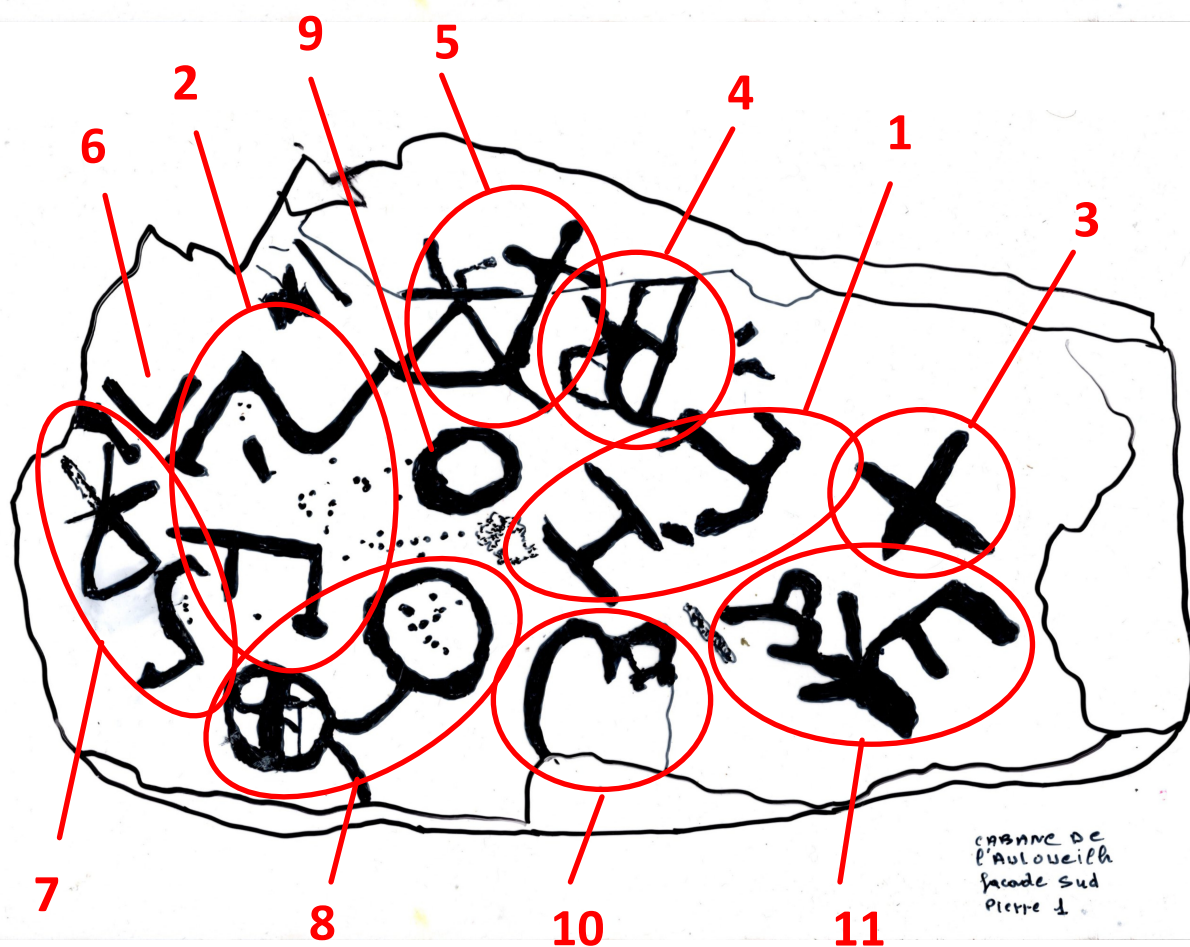


Fig. 83 - Roche 1 (Façade Sud) avec noté les groupes de gravure (© P. Campmajo)

cabane de  
l'Auloueilh  
façade sud  
Pierre 1



retailée nous prive de la suite du dessin. C'est, là aussi, une probable marque de maison.

La gravure 9 figure un cercle qui n'appelle aucun commentaire.

La gravure n° 10, trop abîmée, restera énigmatique.

Le groupe 11 est un ensemble complexe qui contient une lettre E associée à un signe énigmatique, probablement une marque de maison.

Que représentent donc ces lettres et signes gravés sur une même pierre ?

A notre avis, et en comparaison avec ce que nous

connaissions par ailleurs, nous avons là la représentation de marques de maisons utilisées pour identifier le bétail. Ces lettres et symboles sont en général fixés sur des tiges en métal, terminées par un manche en bois. Appelés « ampagador » en catalan, trempés dans la « pégua », la poix, ils étaient appliqués sur les flancs ou le dos des bêtes, moutons principalement. Aujourd'hui, on utilise la peinture. Pour le gros bétail, les chevaux en particulier, le fer était chauffé à rouge et appliqué sur les flancs des animaux. A ce sujet, voir l'article publié dans la revue Sources n° 3 (Campmajo, Crabol, 2015).



**Fig. 84** - Roche 1 - Façade Sud (© P. Campmajo)

ROCHE 2

Références photos : SD 3036 n° 7914 (3) du 18/09/2022

Pierre située à l'ouest de la porte de la façade sud, à 62 cm de la dalle de béton et à 36 cm du chambranle de la porte.

De dimension réduite, elle mesure 40 cm de large pour 23 cm de hauteur. Elle reste dans la moyenne des pierres gravées sur les murs de la cabane.

Au premier regard, cette pierre semble ne pas avoir beaucoup d'intérêt : le mot qui y est gravé, « MOI », n'incite pas à l'étude (Fig. 85 et 86).

Un regard plus affûté amène à davantage

d'observations.

Ici, ce n'est pas le MOI personnel dont il est question, mais des lettres M et O suivies du signe de la croix sur son piédestal, qui évoque le calvaire ou le Golgotha.

Une gravure hautement symbolique dans cet environnement grandiose, où l'homme se sent petit, en proie à ses rêves et ses angoisses.

Bien évidemment, on peut là aussi émettre l'hypothèse d'une marque de maison.

Tracées sous forme linéaire, d'autres lettres sont présentes sur la pierre : MG ou C, au-dessus du piquetage, les signes Y et S. Ces traits fins oblitérent le piquetage.



Fig. 85 - Roche 2 - Façade Sud (© P. Campmajo)

CABANE DE  
L'AULOUEILH  
Façade SUD  
Pierre n° 2  
Référence PHOTO  
SD 3036  
n° 7914 (2)  
du 18.9.2022





**Fig. 86** - Roche 2 -Façade Sud (© P. Campmajo)

### PIERRE 3

Références photos : SD 3036 n° 7933 (2) du  
18/09/2022

Cette dalle est située sur le côté ouest du chambranle de la porte d'entrée, à la hauteur de la niche dans laquelle se trouve une vierge en céramique.

Sa taille, 40 cm de hauteur par 30 cm de largeur, la place dans la moyenne de l'ensemble des pierres gravées de la cabane.

Les gravures, très nombreuses sur cette pierre, se superposent et s'entrecroisent, ce qui rend leur

lecture hasardeuse (Fig. 87).

Trois figures piquetées sortent du lot.

En haut et à gauche, un petit « sujet » piqueté pourrait bien représenter un signe anthropomorphe, avec ses bras en orant. L'incertitude de la gravure nous oblige à la prudence.

Au bas de la pierre, deux figures, elles aussi obtenues par piquetage, pourraient bien elles aussi être des représentations anthropomorphes.

Celle située à la base de la roche nous montre un axe vertical surmonté par ce qui pourrait bien

être une tête. La barre verticale, qui représenterait les bras, peut aussi être confondue avec une anomalie de la roche, bien que ce type de pierre ne présente pas de défauts apparents. Les jambes, en arc de cercle, sont plus sûres. Quoi qu'il en soit, même sans la barre verticale qui semble représenter des bras, le dessin est un anthropomorphe.

Juste au-dessus de cette figure, légèrement à gauche, un autre dessin présente lui aussi des indices d'humanisation. La barre verticale est terminée à ses extrémités par des triangles. Au niveau des bras, le droit semble se prolonger malgré une rupture dans le prolongement, pour se terminer par une courte ligne verticale qui porte cinq courtes barres verticales, des doigts.



**Fig. 87** - Pierre 3 - Façade Sud (© P. Campmajo)



#### PIERRE 4

Références photos : SD 3036 n° 7913 (2) du  
18/09/2022

Cette pierre, par ses dimensions (24 cm x 17 cm), rejoint la moyenne des plaques gravées de la cabane.



Placée à l'ouest de la façade sud, à 152 cm du bord, elle est posée sur la dalle de béton qui constitue la base de la cabane.

Quatre lettres alphabétiques A, B, L et E, constituent la gravure, cassée sur le côté droit (Fig. 88 et 89).

La lettre A, légèrement plus petite que celles qui suivent, pourrait être la première lettre d'un prénom débutant par la lettre A, tel que Abel, Antoine, Anatole, etc.

B, L et E étant tronquées, on ne peut extrapoler sur la suite, possible nom de famille.

L'enquête ethnographique qui va suivre nous éclairera peut-être sur ce point.

Ce que l'on peut dire ici c'est que la gravure a été obtenue par un piquetage fin et régulier, proche de celui de la pierre n° 1 de cette façade, sans préjuger de son appartenance à la même époque. Chronologiquement, nous la placerons au XIXe siècle, peut-être début XXe siècle.



**Fig. 88** - Pierre 4 - Façade Sud (© P. Campmajo)

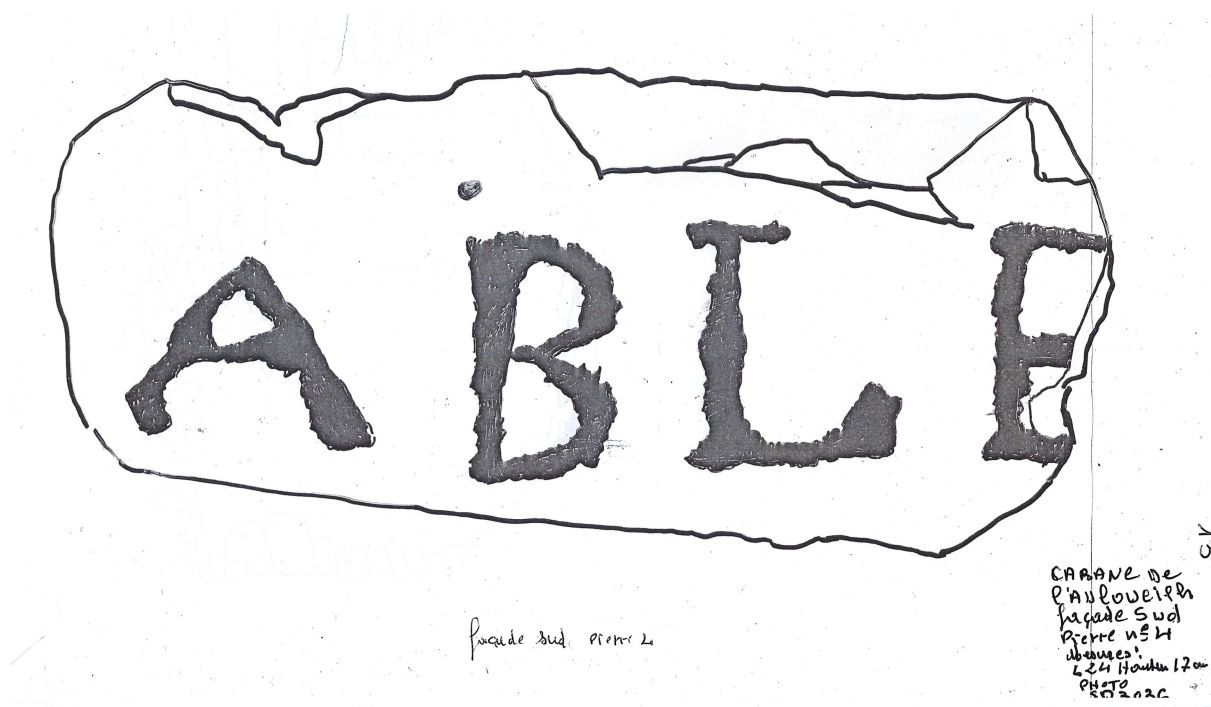


Fig. 89 - Pierre 4 - Façade Sud (© P. Campmajo)

## FAÇADE EST

### PIERRE 1

Références photos : SD 3036 n° 7891 du  
18/09/2022

Cette pierre, placée sur la façade est, se trouve dans la partie gauche du mur à environ 1 mètre au-dessus de la dalle de béton (Fig. 90, 91 et 92).

Par ses dimensions, 43 cm x 16 cm, elle est dans la moyenne des dalles gravées de l'ensemble des pierres qui constituent la construction.

La ressemblance avec la pierre n° 1 de la façade ouest (Fig. 85) montre bien que les gravures qui y

figurent sont de la même époque. Ici, la pierre mentionne les dates auxquelles elle a été gravée : 1916 et 1920 sont tracées avec la même technique que pour les lettres alphabétiques.

Sur la partie gauche de la pierre, les initiales J.S sont très proches de celles gravées 5 fois sur la pierre n° 4 de la façade ouest.

Plus à droite, les initiales V.JM (possible pour Marie) se trouvent au-dessus de la date 1916, et VP au-dessus de 1920.

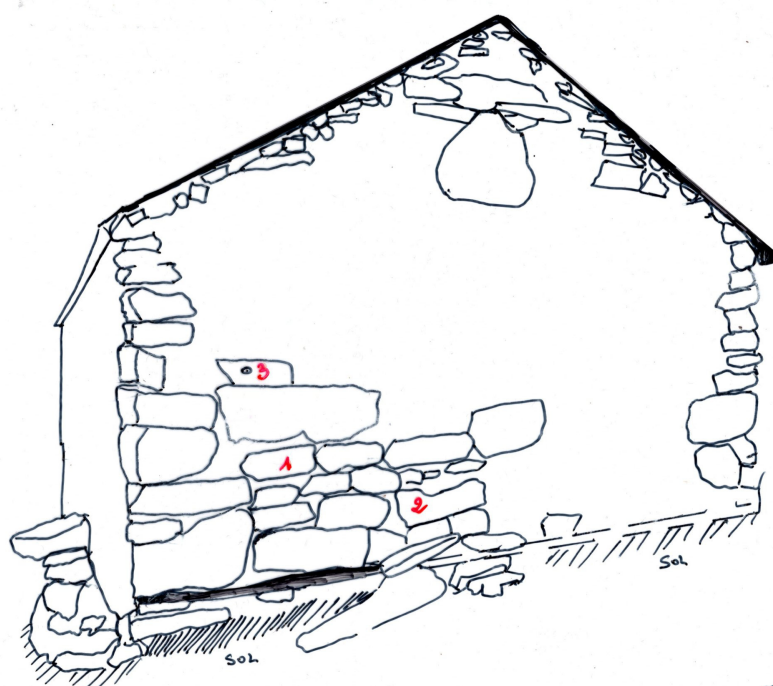
Les lettres L et E, à droite, précèdent les chiffres 22+7, au-dessous VF augmente la dynastie des noms ou prénoms débutant par la lettre V.

LE se retrouvent encore tout en haut et au centre





**Fig. 90** - Ci-dessus, façade Est de la cabane de l'Auloueilh (© P. Campmajo) ; ci-dessous, localisation des pierres dans la façade Est de la cabane de l'Auloueilh (© P. Campmajo)



ag. photo  
5036  
18.08.2022  
CABANE DE  
L'AULOUEILH  
FAÇADE EST



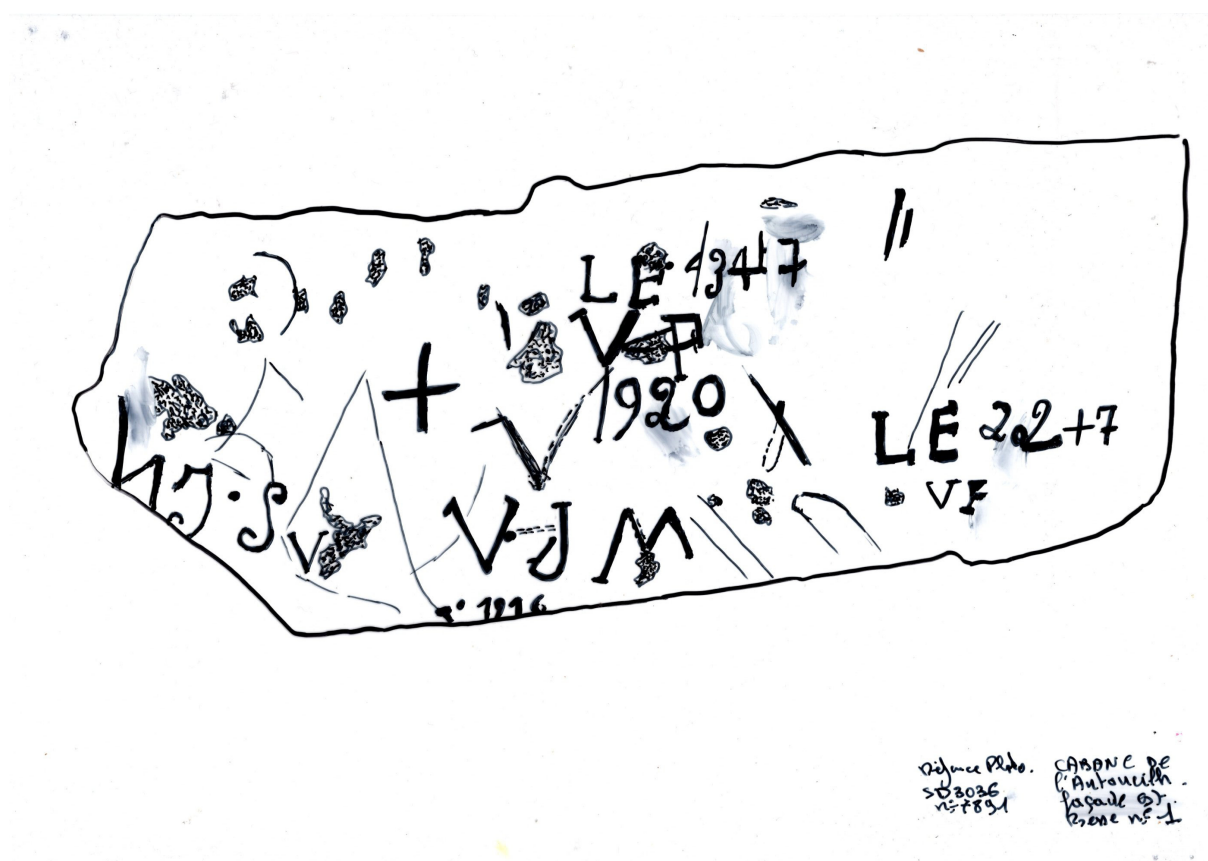


Fig. 91 - Pierre 1 - Façade Est - Ci-dessus le relevé et ci-dessous la photographie(© P. Campmajo)





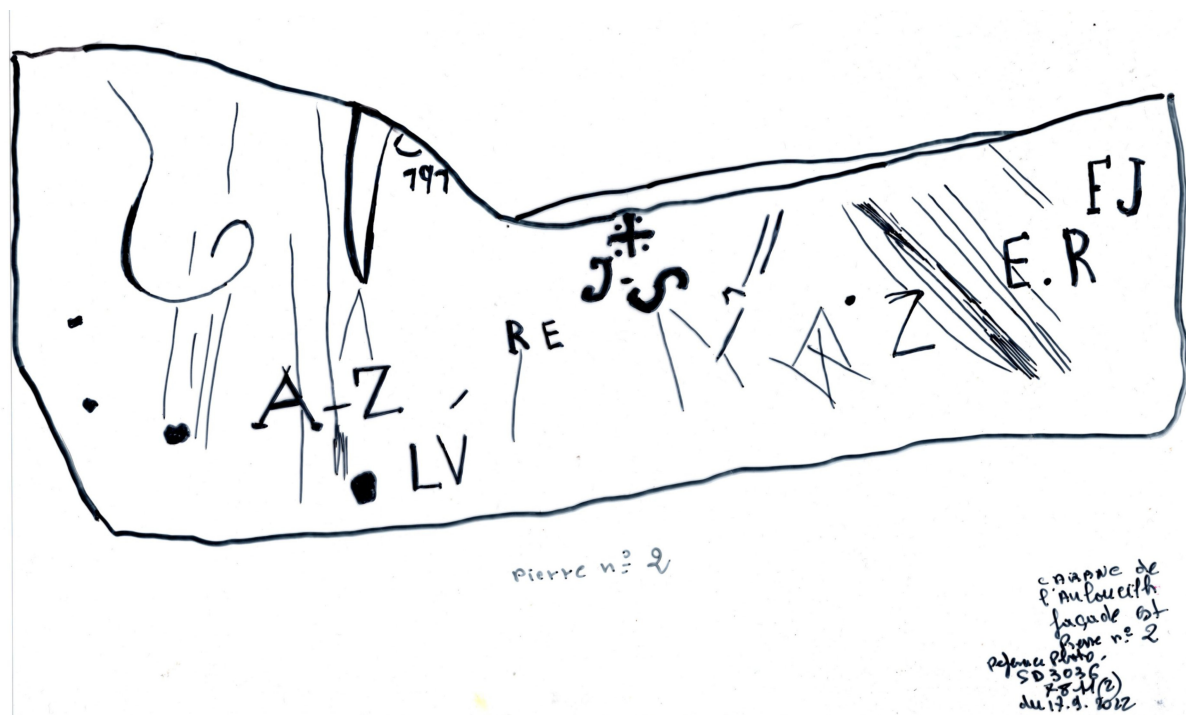


Fig. 92 - Pierre 2 - Façade Est - Relevé (© P. Campmajo)

de la pierre, elles précèdent ici les chiffres 34/7 disposés comme le 22+7 du bas.

Quant à la croix, profondément gravée à gauche du panneau, elle porte la même patine claire que l'ensemble des autres signes. Le côté religieux est ici à retenir, protégeant la cabane.

Les deux dates 1916 et 1920 placent une bonne partie des gravures étudiées dans le premier quart du XXe siècle.

### PIERRE 2

Références photos : SD 3036 n° 7811 (2) du 18/09/2022

Cette pierre est incluse dans le mur de la façade

est, et fait partie de la deuxième rangée de blocs à la base de la bâtisse (Fig. 90 et 93).

Ses dimensions, 40 cm x 22 cm, sont dans la moyenne des autres dalles gravées.

Il est intéressant de noter ici la présence de nouvelles initiales, absentes des autres pierres n° 1 et n° 4 de cette même façade.

Les initiales RE et E.R sont nouvelles et tracées deux fois.

A + Z, séparées par une croix, se retrouvent sur la pierre 4 (façade ouest).

LV, gravées à la base de la pierre, apparaissent là aussi pour la première fois, tout comme les initiales FS, inconnues jusqu'alors.

On note aussi la présence de la lettre Z à la



**Fig. 93** - Pierre 2 - Façade Est - Photographie (© P. Campmajo)

gauche de fines lignes obliques, précédée par un signe gravé plus finement. L'association entre ces deux signes n'est pas établie.

On notera les lettres J.S couronnées d'une croix, où 4 points remplissent les espaces entre les barres de la croix. Ce signe, associé aux lettres JS, pourrait bien représenter une marque de berger.

### PIERRE 3

Références photos : SD 3036 n° 7815 (2) du 18/09/2022

Cette dalle se situe au-dessus de la pierre portant le dessin n° 1, dont elle est séparée par une grosse dalle (Fig. 90, 94).

Il y a peu à dire sur les gravures tracées sur la pierre.

Ce qui attire en premier lieu le regard, c'est la figure ovale peinte en blanc et le petit cercle qui lui donne l'aspect d'un œil. Cette figure oblitère le chiffre 86 qui est la continuation des lettres RV, dont elle est séparée d'un trait oblique. Ces lettres sont tracées par la technique du gratté, à l'aide d'une pierre dure ramassée sur place. La patine est assez claire.

La chronologie de cette gravure pourrait être 1886 si la pierre a été gravée durant la reconstruction de la cabane en 1980, ou bien 1986 dans le cas contraire.

On notera toutefois que les initiales RV débutant par la lettre R sont connues sur la pierre n° 2 de



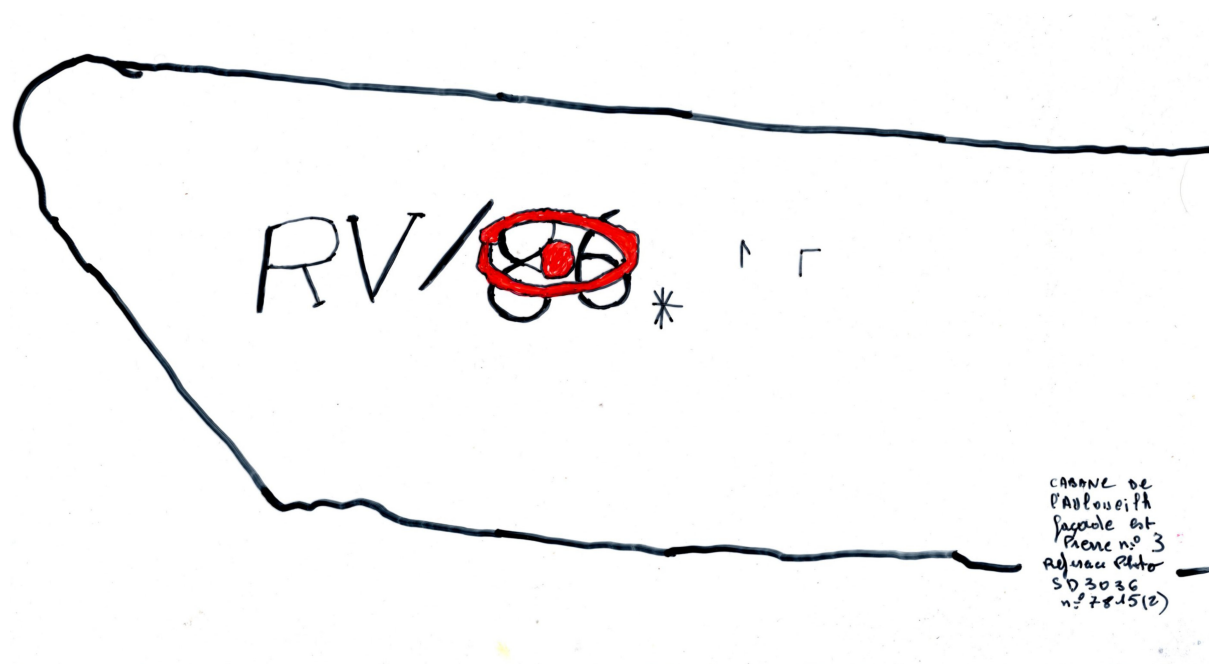


Fig. 94 - Ci-dessus, relevé de la pierre 3 et ci-dessous photo de la pierre 3 - Façade Est (© P. Campmajo)



cette même roche RE et E.R. Ces initiales RV viennent enrichir le corpus de personnes ayant fréquenté les lieux.

## FAÇADE OUEST

### PIERRE 1

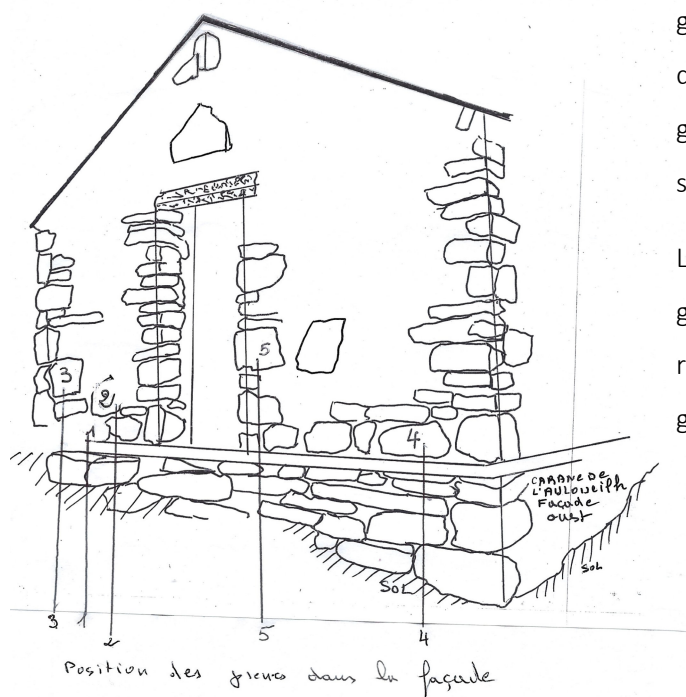
Références photos : SD 3036 n° 7838 du

18/09/2022

Cette pierre, aux dimensions de 56 cm de longueur pour 20 cm de hauteur, se situe au nord de la porte. Elle est posée sur la dalle de béton qui sert de base à la structure de la cabane (Fig. 95 et 96).

La description des dessins de fait de la gauche vers la droite.

A gauche, un petit motif pointillé reste énigmatique.



Plus à droite, la lettre alphabétique E est profondément gravée par piquetage. Au centre du E, deux lettres A et Z, probablement les initiales d'un nom.

Ici, ce qui doit retenir notre attention, c'est que la pointe de la barre du A est oblitérée par la gravure piquetée qui, malgré son aspect « rustique », est plus récente que le A.

Au-dessus de la lettre E piquetée, un groupe de trois signes associés. Un J est en contact avec une croix latine. La lettre S, légèrement à droite, est associée à l'ensemble. Ces trois signes et lettres sont très probablement la représentation d'un outil, généralement en fer, servant à marquer le bétail avec de la peinture ou de la poix. Les chevaux sont eux marqués au fer rouge sur les flancs des pattes arrière. Ce thème est largement étudié dans un article (Campmajo, Crabol, 2015).

L'association des lettres J et S, en comptant la précédente, est représentée 5 fois et, semble-t-il, gravée par des mains différentes, probablement des membres d'une même famille. Ces marques, généralement appelées « marques de berger », sont en réalité des marques de maisons.

La liste se poursuit avec les initiales AZ et VF, gravées à l'extrême droite. Le piquetage central reste énigmatique, son piquetage est plus grossier que celui de la lettre E.

**Fig. 95** - Ci-dessus, photographie de la façade Ouest et ci-contre, la localisation des pierres gravées de la façade Ouest (© P. Campmajo)



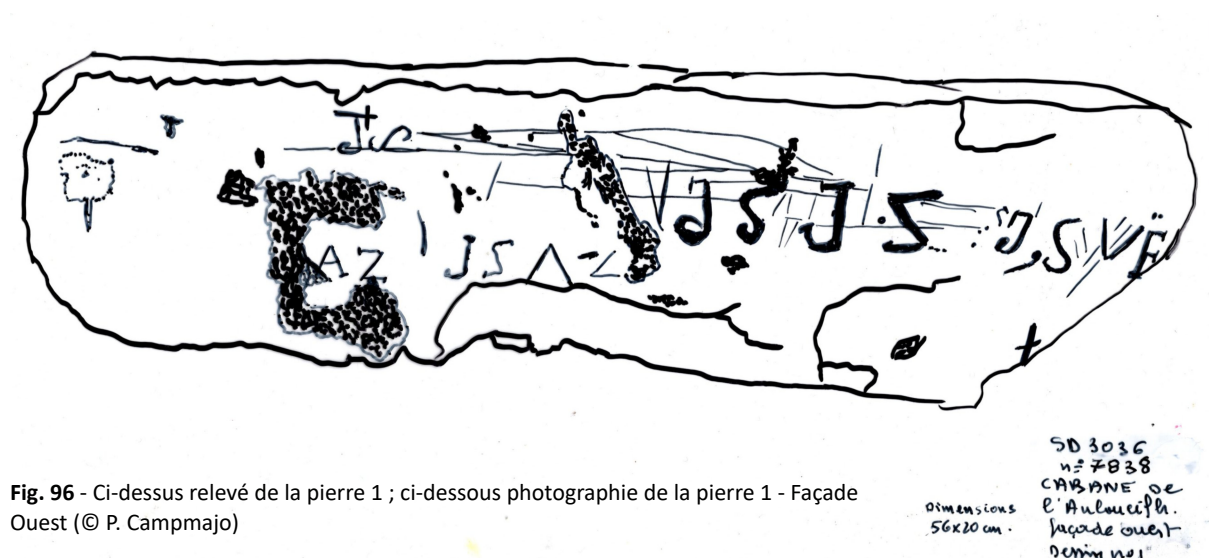


Fig. 96 - Ci-dessus relevé de la pierre 1 ; ci-dessous photographie de la pierre 1 - Façade Ouest (© P. Campmajo)



## PIERRE 2

Références photos : SD 3036 n° 7905 (2) du 18/09/2022

La pierre se trouve au nord de la porte, juste au-dessus de la pierre n° 1 (Fig. 95 et 96).

Telle qu'elle a été posée dans le mur, il est probable qu'à l'origine, quand elle appartenait au mur d'une des vieilles cabanes détruites, la pierre ait été placée dans une position différente. Nous la décrirons dans la position où elle se trouve,

favorisant une lecture correcte des lettres F et S.

Deux lettres alphabétiques, un F et un S (ce dernier gravé à l'envers), occupent une position centrale. Bien qu'elles soient gravées loin l'une de l'autre, le style de la gravure les associe.

A droite de la lettre S, une gravure complexe compte 6 signes assimilables à des lettres trop difficilement identifiables pour les authentifier. Ces signes oblitérent un piquetage plus ancien.

Enfin, sous la lettre F on peut voir deux grosses gravures piquetées qui se côtoient ou se

superposent suivant la position d'origine de la pierre.

La présence des lettres alphabétiques F et S plaide en faveur d'une datation moderne.

### PIERRE 3

Références photos : SD 3036 n° 7906 (2) du 18/09/2022

Cette pierre se situe au nord de la porte, à gauche et au-dessus de la pierre n° 2 (Fig. 95, 97 et 98).

Elle mesure 43 cm de longueur pour 36 cm de hauteur.

La gravure la plus significative est une rosace à 11 branches finement gravée à l'aide d'un compas pour le cercle qui entoure les pétales, gravées elles à main levée comme le montre parfaitement leur tracé, désaxé par rapport au cercle.



Fig. 97 - Relevé de la pierre 2 - Façade Ouest (© P. Campmajo)



La partie centrale de la pierre porte quelques lignes peu lisibles et incomplètes.

Chronologiquement, l'ensemble des traits est d'époque contemporaine.

Ce type de dessin, la rosace, se retrouve régulièrement sur les roches gravées. En Cerdagne par exemple, le berger Pierre Oriols en a gravé plusieurs exemplaires dans la vallée d'Err. Elles datent toutes de la fin du XIX<sup>e</sup> siècle (Campmajo, 2013).

#### PIERRE 4

Références photos : SD 3036 n° 7928 (2) du 18/09/2022

Cette pierre, qui se trouve à la base coté sud de la façade, repose sur la dalle de béton qui constitue la base de la construction (Fig. 95 et 100).

Ses dimensions, 49 cm de longueur pour 24 cm de hauteur, restent dans la moyenne des pierres de la bâtisse. Les gravures sont constituées d'un ensemble de lignes tracées à la pointe fine,



**Fig. 98** - Photographie de la pierre 3 - Façade Ouest (© P. Campmajo)

probablement un couteau, et d'une multitude de piquetages.

Le seul dessin remarquable est une croix latine

située sur la partie gauche de la pierre.

Quatre petits points gravés sur les extrémités des barres formant la croix accentuent le côté



Fig. 99 - Relevé de la pierre 3 - Façade Ouest (© P. Campmajo)

humain, anthropomorphe du dessin.

Le sens des autres lignes, très érodées, à la limite de la lecture, reste énigmatique.

### PIERRE 5

Références photos : SD 3036 n° 7901 (2) du 18/09/2022

Cette pierre se trouve en bordure de l'embrasure sud de la porte, à la hauteur de 60 cm par rapport à la dalle béton.

Ses dimensions, 40 cm x 30 cm, est dans la moyenne des autres pierres gravées.

Les premiers dessins ont été gravés avec une pointe fine, probablement un couteau (Fig. 95 et 101).

Le plus remarquable est la fleur tracée à droite, d'où partent autour d'un cercle des pétales aux extrémités pointues. Elle rappelle la rosace de la pierre n° 7 de cette même façade, à la différence que cette dernière a été tracée à l'aide d'un compas.

Ces deux dessins ont été tracés à la même époque, tout comme les lignes fines qui les entourent.

Sur cette pierre 5, ce qui attire le plus le regard est la fleur la plus piquetée, qui a laissé une





**Fig. 100** - Photo et relevé de la pierre 4 - Façade Ouest (© P. Campmajo)

patine blanche. Cette fleur, qui n'apporte rien de concret à l'analyse, montre que l'on a continué à graver après la reconstruction de la cabane.

Parmi les 12 pierres gravées, s'il fallait en faire ressortir une, c'est la pierre n° 1 de la façade sud qui sert de pas de porte.

Étudiée plus haut dans l'article, elle se distingue des autres par la qualité de ses gravures, qui sont toutes piquetées.

Comme nous l'avons dit, le style, l'unité, nous amènent à penser qu'elles ont toutes été gravées d'une même main, mais ce n'est pas leur seul intérêt.

Dans la figure où nous avons regroupé les symboles par paires, beaucoup sont des marques de maisons où sont parfois associés des croix, des triangles, des cercles, un signe en forme d'ancre.

Dans les Pyrénées et ailleurs, nous connaissons





**Fig. 101** - Ci-dessus, photographie de la pierre 5 et ci-dessous relevé de la pierre 5 - Façade Ouest (© P. Campmajo)



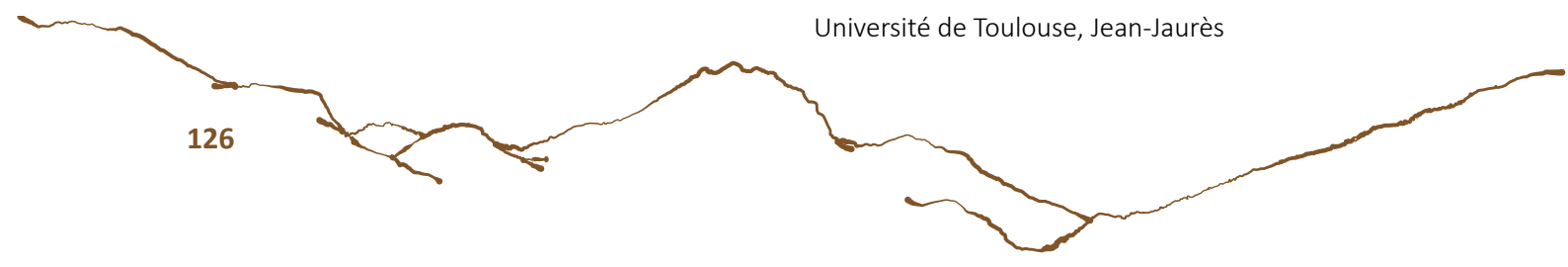
beaucoup de ces symboles. La *pedra escripta* dans la vallée du Galbe, commune de Formiguères, à plus de 2000 mètres d'altitude ; Jean Abelanet (Abelanet, 1976) a relevé et étudié un grand nombre de dessins datés entre les XVIIIe et XXe siècles pour les plus récents, qui comptent parmi eux de nombreuses marques de maisons.

Plus près de nous, en Cerdagne, la découverte en 2014 d'une roche servant de limite communale entre les communes de Sainte-Léocadie et Osséja (alt. 1400 m) a livré là aussi des dizaines de marques. Une enquête ethnographique auprès des habitants de Sainte-Léocadie nous a permis de voir physiquement à quoi ressemblent ces marques quand elles sont devenues des outils (Campmajo, Crabol, 2015).

Inscrites à l'inventaire des sites archéologiques, toutes ces roches gravées font partie d'un patrimoine exceptionnel, comme en a décidé la commission nationale de classement, au titre des monuments classés de la roche Gareta, commune d'Enveitg (Campmajo, 2012).

La qualité de la roche 1 (fig. ) de la façade sud de la cabane de l'Auloueilh devrait faire l'objet d'une demande de la part de la commune de l'inscrire sur la liste des monuments historiques classés. Cette demande doit être déposée au service régional de l'archéologie (DRAC), région Occitanie, Toulouse.

Pierre Campmajo,  
Docteur en Archéologie,  
Chercheur associé à l'UMR 5608, CNRS, Traces  
Université de Toulouse, Jean-Jaurès



## Synthèse

L'année 2022 fut riche d'enseignement.

### Sondages

Les 4 sondages de validation ont été positifs. Ils confirment que les structures identifiées via différents capteurs et méthodes de traitement sont bien des vestiges archéologiques.

La structure n° 133, identifiée uniquement sur le résultat du traitement SLRM du MNT correspond bien à une structure archéologique. Il s'agit d'un petit bâtiment auquel est associé un niveau d'occupation.

Les 3 autres sondages ont été réalisés sur des structures bien visibles en surface par des déformations du sol et des micro-reliefs. Elles ont toutes été perçues et identifiées par différents capteurs et méthode : photo-interprétation, traitements des MNT, thermographie aéroportée, magnétomètre. Et pour deux de ces structures (str. 13 et 39), des mesures XRF avait été faite à proximité.

Pour chaque structure sondée, les murs du bâti ont été identifié, leur mode constructif et destructif a pu être étudié. Les murs sont tous bien construits. Tous sont réalisés en plaçant des blocs pour former les parements interne et externe ; l'espace intérieur étant comblé par une fourrure de blocs de plus petits modules. Pour 2 des 4 structures sondées, des dalles ont été

posées de chant (face interne de la structure 13 et face externe de la structure 133). Les 4 structures présentent des murs très arasés et conservés que sur 1 à 2 niveau(x) d'assise. Postérieurement à leur utilisation, toutes ces structures ont pu être utilisées comme réservoir de matière première sans que cela n'ait pu être observé à la fouille. Aucune trace d'arrachement des blocs n'a pu être perçue.

Pour trois structures sondées, les niveaux de circulation associés ont été identifiés. Pour une seule construction, ce niveau n'a pu être perçue à fouille (Str. 152) car, sur l'espace du sondage, il était totalement compacté et en partie traversé par l'éboulement des murs et par la chute de pierres venant des versants environnants. Les 3 niveaux de circulation identifiés lors de ces sondages sont peu dilatés : 3 à 7 cm pour la structure 13, 1 à 3 cm pour la structure 133 et 1 à 6 cm pour la structure 152.

Aucun artefact n'a été retrouvé lors de ces sondages. La datation ne peut alors reposer que sur des analyses AMS 14C (réalisée par le Poznan Radiocarbon Laboratory). Pour pouvoir faire ces datations, tous les niveaux sédimentaires sous la couverture végétale ont été tamisés à l'eau et certains charbons ont été prélevés à sec et cotés. Aucun foyer associé à ces niveaux de circulation n'a été mis au jour.

Deux de ces sondages (Str. 13 et Str. 39) ont été



placé au niveau d'une anomalie magnétique. L'objectif était de déterminer si ces anomalies correspondaient à la présence d'objets métalliques ou de structures ayant subi l'action du feu. Pour ces deux sondages, la fouille a révélée la présence d'écofact (charbon de bois, cendre et terre rubéfiée) en quantité, sans qu'il soit possible, sur les données de fouille, de faire la part entre structure de combustion anthropique (foyer) ou résidu d'incendie naturel. Il a donc, pour ces deux constructions, une possible superposition d'occupation. Cette superposition avait été perçue lors des acquisitions XRF réalisées à proximité de la structure 39. En effet, ces dernières avaient montré un très fort taux de P (phosphore) à 15 cm de profondeur qui laissait penser à la présence d'un niveau fortement chargé en matière organique (un enclos ?) sous-jacent.

Marie-Claude Bal (laboratoire GEODE) a identifié les charbons envoyés en datation. Les espèces identifiées correspondent pour grande partie à celles présentent actuellement à proximité du replat de l'Auloueilh : bouleau, hêtre, pin/sapin. Dans le courant de l'année 2023, elle va également étudier les deux niveaux de charbon, prélevés à sec ou tamisés à l'eau, correspondant au fait FY 312 (structure n° 13) et des faits FY 406 et 411 (structure n° 39).

Les méthodes mise en œuvre dans le cadre du programme TAHMM sont donc probantes. Les sondages réalisés valident totalement

l'identification de ces vestiges archéologiques. Il est donc important de poursuivre les investigations engagées et de les développer.

## Prospection multiméthode

En 2022, les tests d'utilisation du magnétomètre et de la thermographie aéroportée par drone avec un Anafi thermal ont été poursuivis. Les premiers tests de mise en œuvre du géoradar et d'un drone multispectral ont été lancés.

### Thermographie aéroportée

En 2018 et 2019, des acquisitions thermiques avaient été réalisées avec une caméra FLIR T620 placée sur un octorotor. Ce capteur est bien connu par les membres de l'équipe du programme TAHMM car le mettre en œuvre depuis 2011.

En 2020/2021 et 2022, c'est le drone Anafi Thermal qui a été testé. L'avantage de ce drone est sa compacité et son poids qui permet un transport très facile dans un sac à dos. La très faible résolution spatiale des images produites limite toutefois considérablement les possibilités d'analyse. Les données thermiques sont trop généralisées et la réalisation des profils thermographiques sont marquée par des « marches d'escalier » qui empêche toute analyse fine. Ce drone peut être employé dans le cadre d'une approche préliminaire d'une zone



d'étude. Mais si l'objectif est d'analyser une structure ou un groupement de structure de façon plus subtile, il sera nécessaire d'utiliser un capteur disposant d'une résolution spatiale plus importante.

## **Magnétomètre**

Les premiers tests ont été réalisés en 2020/2021. Ils se sont poursuivis en 2022 avec la couverture de 1253,31 m<sup>2</sup> supplémentaires (en deux zones) correspondant à l'environnement immédiat de groupements pastoraux.

Cet appareillage est facile à mettre en œuvre. Le seul bémol c'est qu'il doit être transporté par hélicoptère ou muletage.

Les résultats sont faciles à obtenir et les traitements, en routine, sont relativement simples.

Les premiers sondages réalisés semblent permettre de localiser des concentrations de charbon sous-jacentes : le FY 312 de 1,5 cm à 7 cm d'épaisseur (str. 13), le FY 406 de 3 à 6 cm d'épaisseur placé sur le FY 411 de 1 à 4 cm d'épaisseur (str. 39).

## **Géoradar**

Les premiers tests d'utilisation du géoradar ont été réalisés en 2022.

Sa mise en œuvre est un peu complexe car,

l'appareil utilisé, demande une surface de roulage lisse sans rochers ni végétation ligneuse dépassant de la surface. Le capteur doit constamment être en contact avec le sol. Avec cette contrainte, sur le replat de l'Auloueilh, toute la superficie ne peut pas être parcourue.

Un premier test a donc été fait sur un espace vide situé entre un alignement de bâtiment et un enclos (au Nord des structures 102 et 103 et à l'Ouest de l'enclos 99). Aucune structure sous-jacente n'a été identifiée sur ce relevé. Il permet toutefois de délimiter le remplissage sédimentaire.

## **Drone multispectral**

Les premiers tests d'utilisation du drone multispectral Phantom 4 ont été faits en septembre 2022.

Il s'agissait de vérifier la maniabilité du drone, de ces capacités, de voir les rendus possibles du capteur et de commencer à approcher les traitements nécessaires et possibles.

L'utilisation de ce drone paraît facile. Les données sont exploitables rapidement et relativement facilement. Il sera cependant nécessaire de trouver des méthodes de traitement efficaces pour l'identification archéologique.

La période d'acquisition, le mois de septembre, ne paraît également pas propice à ce type d'acquisition.



## Epigraphie

Lors de son séjour sur site durant les sondages archéologiques, Pierre Campmajo a identifié des blocs gravés prit dans la maçonnerie de l'actuel refuge de l'Auloueilh. Il a proposé d'en faire une étude jointe à ce rapport. Ce travail montre l'intérêt de des ces gravures et leur fort lien avec les bergers et les habitants du village d'Aulon via notamment les marques de maison. Il envisage de faire une étude ethnologique apurès des habitants actuels du village d'Aulon pour compéter son travail. Il note également la nécessité de protection de la dalle actuellement utilisé comme seuil de la porte du refuge.

## Que faire en 2023 ?

Nous allons poursuivre le travail engagé. Il est nécessaire de continuer à déployer les appareillages et de multiplier les tests d'acquisition et de traitement pour commencer à travailler au déblocage des verrous méthodologiques encore existants (ou de trouver un ou des moyens de contournement). Pour ce faire :

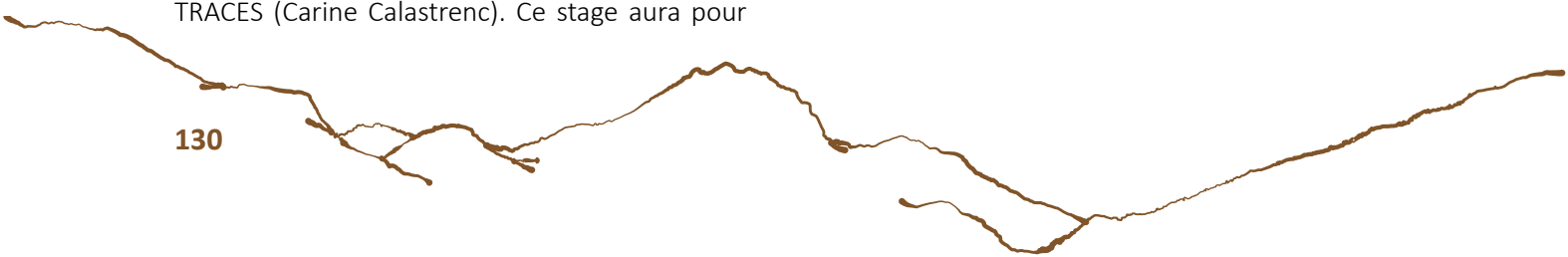
Un stage de Master sur le traitement des données Lidar va être mis en place. Il sera basé sur une tri-tutelle entre les laboratoires CESBIO (Claire Sicre Marais), IRIT (Nicolas Mellado) et TRACES (Carine Calastrenc). Ce stage aura pour

but de développer un méthode permettant une meilleure classification des points sol/végétation ligueuse. Pour les besoins du stagiaire, d'autres acquisitions Lidar sur les replat de l'Auloueil (à d'autres période de l'année que septembre) et sur la montagne d'Enveitg (Pyrénées-Orientales) devront être faites.

Une collaboration avec l'IRIT (Nicolas Dobigeon), le CNES (Jordi Jordana) et TRACES (Carine Calastrenc) est en train de se mettre en place pour l'insertion de l'Intelligence Artificielle dans le processus de traitement et d'analyse des données. Elle devrait débiter par la réalisation d'un stage permettant de définir la faisabilité d'une part du développement de la détection automatique et sur la « fusion » des données pour arriver à une meilleure lisibilité des indicateurs archéologiques.

Une collaboration avec le CNES (Queyrut Olivier et Luc Lapierre) est également pour essayer de trouver les meilleures méthodes d'identification des structures pastorales d'altitude par télédétection satellitaire.

Devront également être poursuivis les tests avec le drone multispectral et le géoradar. De nouvelles acquisitions devront être faites à d'autres périodes que le mois de septembre, si possible sur le replat de l'Auloueil et sur la montagne d'Enveitg.





## Annexes

### Histoire d'un sondage - Structure 13



Z sup de l'US 300



Z sup de l'US 301



MR 302



Z inf de l'US 307 et Z sup de l'US 309



Z sup de l'US 310



Z sup de l'US 312



Z sup de l'US 314



## Histoire d'un sondage - Structure 39



Z sup de l'US 400



Z sup de l'US 401



Z sup de l'US 403



Z sup de l'US 405



Z sup de l'US 407



Z sup de l'US 411



US 411- Fin de fouille



## Histoire d'un sondage - Structure 133



Z sup de l'US 100



Z sup de l'US 101 et 102



Z sup de l'US 103



Z sup de l'US 104



Z sup de l'US 106



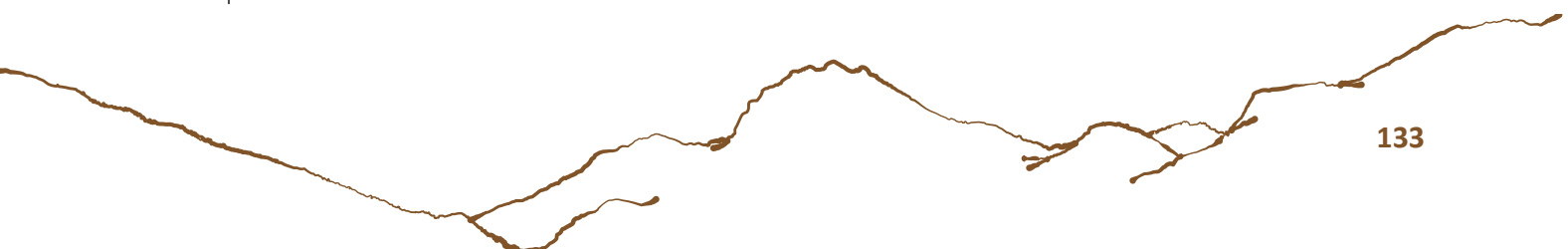
Z sup de l'US 107



Z sup de l'US 108



Z sup de l'US 110





## Histoire d'un sondage - Structure 152



US 200



Z sup US 201



Z sup US 202



Z sup US 203



Z sup US 202



Z sup US 206



US 206- Fin de fouille

## Bibliographie

- Abelanet, 1976, Les gravures rupestres du Roussillon, T. 2, Université Paul Valéry, Montpellier
- Agapiou, A., Hadjimisis, D. G., & Alexakis, D. D. (2012). Evaluation of Broadband and Narrowband Vegetation Indices for the Identification of Archaeological Crop Marks. *Remote Sensing*, 3892-3919. doi:10.3390/rs4123892
- Agapiou, A., Lysandrou, V., Lasaponara, R., Masini, N., & Hadjimisis, D. G. (2016). Study of the Variations of Archaeological Marks at Neolithic Site of Lucera, Italy Using High-Resolution Multispectral Datasets. *Remote Sens*, 8(9). doi:10.3390/rs8090723
- Albrecht, M. (1867). La photogrammétrie. *Wochenblatt des Architektenvereins zu Berlin*, pp. 471-472.
- Stéphane Alix, Thibaud Canillos. ARCHAEDYN. Présentation de la zone d'étude Tave-Cèze (Gard). 2021. ffhals-03137677f
- Abate, N.; Frisetti, A.; Marazzi, F.; Masini, N.; Lasaponara, R. Multitemporal–Multispectral UAS Surveys for Archaeological Research: The Case Study of San Vincenzo Al Volturno (Molise, Italy). *Remote Sens*. 2021, 13, 2719. <https://doi.org/10.3390/rs13142719>
- (Bal et al, 2010) Bal, M.-C., Rendu C., Ruas M.-P., Campmajo P, Paleosol charcoal : Reconstructing vegetation history in relation to agro–pastoral activities since the Neolithic. A case study in the Eastern French Pyrenees. *Journal of Archaeological Science*, 37, 2010, p.1785–1797.
- Baret, F., Guyot, G., & Major, D. (1989). TSAVI: A vegetation index which minimizes soil brightness effects on LAI and APAR estimation. *Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 1989. IGARSS'89. 12th Canadian Symposium on Remote Sensing, (pp. 1355-1358).
- (Bellerby et al, 1990) Bellerby, T., Noel, M., & Branigan, K., A thermal method for archaeological prospection : preliminary investigation *Archaeometry*, 1990, 32(2), pp. 191-203.
- Bertonecello. F, Tannier. C, Gandini. C, Configurations spatiales et hiérarchiques du peuplement antique : des indicateurs quantitatifs pour une configuration interrégionale, 2011, XXXIIème rencontres internationales d'archéologie et d'histoire (Antibes, France), Vol ; Vulnérabilités environnementales, mutations sociales, nature, intensités, échelles et temporalité des changements, pp. 175-190
- Beucher, S. (2014). Segmentation d'image et morphologie mathématique. Cours du Master OIV (Saint Etienne)- Mines ParisTech. Récupéré sur [http://www.cmm.mines-paristech.fr/~beucher/publi/Segmentation\\_MasterOIV\\_2014.pdf](http://www.cmm.mines-paristech.fr/~beucher/publi/Segmentation_MasterOIV_2014.pdf)
- BLOOR, J., JAY-ROBERT, P., LE MORVAN, A., & FLEURANCE, G. (2012). Déjections des herbivores domestiques au pâturage :



caractéristiques et rôle dans le fonctionnement des prairies. INRAE Productions Animales, 25(1), 45–56. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2012.25.1.3196>

- Buissan Georges, 1991, Des cabanes et des hommes. Vie pastorale et cabanes de pâtres dans les Pyrénées Centrales (vallées de Campan et de Lesponne)

- Cailloce, L. (2015, 03 03). Les drones, nouveaux outils de la recherche. Le journal du CNRS .

- (Calastrenc et al, 2022) Calastrenc Carine, Baleux François et al., « Inspecter les zones d'altitude : Développement d'une procédure multi-sources pour la prospection archéologique des terrains d'altitude »,XXIIIe colloque du GMPCA,Chambéry,[France](#), 2022

- (Calastrenc et al, 2021) Calastrenc Carine, Baleux François et al., « Inspecting high altitude areas. Development of a multi-source procedure for the archaeological prospection of high altitude areas »,27th Annual Meeting of the EAA - Widening Horizons,\_\_\_Kiel (en distanciel),[Allemagne](#), 2021

- (Calastrenc et al, 2020/2021) Calastrenc Carine, Baleux François et al., Inspecter les zones d'altitude. Développement d'une méthode intégrée multi-source pour la prospection archéologique des terrains d'altitude- 2020-2021 (code opération : 1411373) ,2021

- CALASTRENC Carine, BALEUX François et

al., Programme Télédétection Archéologique en Haute et Moyenne Montagne (TAHMM) - 2019 ,2020

- CALASTRENC Carine, BALEUX François et al., Programme Télédétection Archéologique en Haute et Moyenne Montagne (T.A.H.M.M.) - Campagne 2019 ,2019

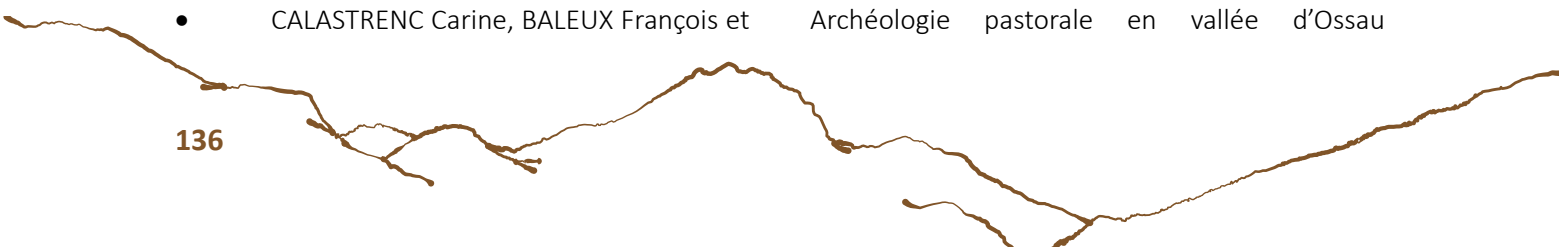
- CALASTRENC Carine, BALEUX François et al., Programme Télédétection Archéologique en Haute et Moyenne Montagne (T.A.H.M.M.) - Campagne 2018 ,2019

- Calastrenc Carine, Le Couédic Mélanie, Barge, Olivier., & Bal, Marie-Claude (2007). Archéologie pastorale en vallée d'Ossau – Atelier 2 du PCR « Dynamiques sociales, spatiales et environnementales dans les Pyrénées centrales – Rapport de sondages archéologiques et prospections – campagne 2007, 216 p.

- Calastrenc Carine, Mélanie Le Couédic, (2006) Archéologie pastorale en vallée d'Ossau – Atelier 2 du PCR « Dynamiques sociales, spatiales et environnementales dans les Pyrénées centrales – Rapport de sondages archéologiques et prospections – campagne 2006, 203 p.

- Calastrenc Carine, Mélanie Le Couédic,(2005) Rapport de prospection-inventaire et de sondages archéologiques – campagne 2005 – Archéologie pastorale en vallée d'Ossau, 2 tomes, 325 p.- 118 p.

- CALASTRENC Carine, LE COUÉDIC Mélanie et al., Prospection inventaire - Archéologie pastorale en vallée d'Ossau



2004 , 2006

- Calastrenc, C., & Lemaitre, V. (2010). Archéologie pastorale en vallée d'Ossau- Rapport d'opération de fouille- Campagne 2010.
- Calastrenc, C., & Rendu, C. (2009). Archéologie pastorale en vallée d'Ossau- Atelier 2 du PCR "Dynamiques sociales, spatiales et environnementales dans les Pyrénées centrales" Fouilles archéologiques- Campagne 2009.
- Calastrenc, C., Rivas, F., & Ona Gonzalez, J. (2004). Inventario de cabañas y otras construcciones historicas en el Pllan del Hospital- Benasque (Huesca). Fubdacion Hospital de Benasque. Récupéré sur <http://www.fundacion-hospital-benasque.org/arqueologia/prospecciones-y-catas/plandelhospital>
- Calastrenc, C., Rivas, F., & Ona Gonzalez, J. L. (2005). Inventario de cabañas y otras construcciones historicas en el entorno del Portillon y el puerto de la Picada- Benasque (Huesca). Fundacion Hospital de Benasque.
- Calastrenc, C., Rivas, F., & Ona Gonzalez, J. L. (2006). Inventario y otras construcciones historicas en el puerto de Gorgutes-la Gl\_re- Benasque (Huesca). Fundacion Hospital de Benasque.
- Campmajo, P, 2015, Nouveau jalon gravé des marques de territoire en Cerdagne. Le site de Sainte Léocadie – Zone 1, Revue Sources, n°3 , 2015, pp. 3-63
- Pierre Campmajo. Ces pierres qui nous parlent. Les gravures rupestres de Cerdagne (Pyrénées orientales) de la fin de l'âge du Fer à l'époque Contemporaine. [Trabucaire](#), 2012, 978-2-84974-144-3. [\[hal-03565930\]](#)
- Casana, J. W. (2017). Archaeological Aerial Thermography in Theory and Practice. *Advances in Archaeological Practice* , 5 (4), pp. 310-327.
- Cool, A. C. (2015). Aerial thermography in archaeological Prospection. Applications and processing. Fayetteville: Thèse- Master of Arts in Anthropology- University of Arkansas.
- Crawford, O.-G.-S., & Keiller, A. (1928). Wessex from the air. Oxford University Press.
- De Laet, V., & Lambers, K. (2009). Archaeological prospecting using high-resolution digital satellite imagery : recent advances and future prospects. *Computer applications and quantitative methods in archaeology (CAA)*, (pp. 9-17). Williamsburg (USA).
- DGM, AB, & RM. (sd). CloudCompare- Manuel d'utilisateur de la version 2.4. [www.danielgm.net/cc](http://www.danielgm.net/cc).
- Doneus, M. (2013). Openness as Visualization Technique for Interpretative Mapping of Airborne Lidar Derived Digital Terrain Models. *Remote Sensing*, 5(12), 6427-6442. doi:10.3390/rs5126427
- Ducrot, D. (2005). Méthodes d'analyse et d'interprétation d'images de télédétection multisources. Extraction de caractéristiques dy

paysage (HDR). Toulouse: Laboratoire CESBIO.

- Elliott, S., Bendrey, R., Whitlam, J., Rauf Aziz, K., & Evans, J. (2014). Preliminary ethnoarchaeological research on modern animal husbandry in Bestansur, Iraqi Kurdistan : integrating animal, plant and environmental data. *Environmental archaeology*, 283-303.
- Eppelbaum, L. (2009, Décembre). Near-surface temperature survey : An independant tool for delineation of buried archaeological targets. *Journal of Cultural Heritage*, 10(Supplément 1), 93-103.
- Evans, R., & Jones, R.-J.-A. (1977, 03 01). Crop marks and soils at two archaeological sites in Britain. *Journal of archaeological Science* , 4 (1), pp. 63-76.
- Jc Fardeau, José Martinez. Épandages de lisiers : conséquences sur le phosphore biodisponible et sur la concentration de quelques cations dans la solution du sol. *Agronomie, EDP Sciences*, 1996, 16 (3), pp.153-166. [hal-00885784](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00885784)
- Ferdière. A, Fourteau. A.M., Gestion des archives du sol en milieu rural Expérience de prospection systématique à Lion-en-Beauce (Loiret), *Revue ArchéoScience*, Vol. 3, pp. 67-96
- Fernández Lozano, J., & Gutiérrez Alonso, G. (2016). Improving archaeological 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., Dousteysier, B., Vautier, F., Roussel, E., Toumazet, J.-P., Faure, M., et al. (2014). Archaeomorphological approaches and LIDAR data analysis to study a hidden mid-mountain cultural Landscape. The study case of Puy de Dôme (France). 3rd International landscape archaeology conference. Rome (Italie).
- Florez, M., Toumazet, J.-P., Roussel, E., Vautier, F., Dousteysier, B., Mohamed, A., & Rieutort, L. (2013). Restitution d'un paysage culturel de moyenne montagne dans la chaîne des Puys (Auvergne, France) : le projet LIDARCHEO. XIXe Colloque d'Archéométrie du Groupe des Méthodes Pluridisciplinaires Contribuant à l'Archéologie. Caen.
- Galop. D., (1998). LA FORÊT L'HOMME ET LE TROUPEAU DANS LES PYRÉNÉES. 6000 ANS D'HISTOIRE DE L'ENVIRONNEMENT ENTRE GARONNE ET MÉDITERRANÉE. *GEODE, Laboratoire d'Ecologie Terrestre et FRAMESPA, Toulouse* : 303
- Gasco. Jean, 2002, Structures de combustion et préparation des végétaux de la Préhistoire récente et de la Protohistoire en France méditerranéenne, *Revue internationale d'anthropologie et de sciences humaines Civilisations*, n° 49, pp. 285-309
- Gassia Casas, D. (2018). Arqueologia d'un territori d'alta montanya del Pirineu central. Persones, ramats i prats al llarg de la historia al Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant

Maurici (Mémoire de thèse). Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona.

- Gassiot, E. ; Pélachs, A.; Bal, M. C, García, V.; Julià, R.; Pérez, R.; Rodríguez, D.; Astrou, A. Ch. (2010). Dynamiques des activités anthropiques sur un milieu montagnard dans les Pyrénées occidentales catalanes durant la Préhistoire: une approche multidisciplinaire. A: Tzortzis, S.; Delestre, X. (coord). Archéologie de la montagne européenne . Bibliothèque d'archéologie méditerranéenne et africaine, 4, pp. 33-43.

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

- Gassiot, E., Rodríguez-Antón, D., Pélachs, A., Pérez Obiol, R., Julià, R., Bal, M. C., et al. (2013). La alta montaña durante la Prehistoria : 10 años de investigación en el Pirineo catalán occidental. *Revista Prehistoria Alpina* .

- Gassiot, Ermengol (dir.) et al. (2016) *Arqueología del pastoralismo en el Parque Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici. Montañas humanizadas*, Organismo Autónomo Parques Nacionales, ISBN: 978-2-9523824-5-8

- Gassiot, Ermengol, Ignacio Clemente-Conte, Niccolò Mazzucco, David Garcia Casas, Laura Obea Gómez, et David Antón. (2016) *Surface Surveying in High Mountain Areas, Is It Possible? Some Methodological Considerations.*

*Quaternary International*, Elsevier, vol. 402, pp.35-45. <https://doi.org/10.1016/j.j.2015.09.103>.

- Gauthier, E, Pétrequin, P, *Interprétations sociales des transferts de grandes lames polies en jades alpins dans l'Europe néolithique. Analyses spatiales dans le cadre du programme ANR JADE2*, 2017, *Revue ArchéoSciences*, pp. 7-23

- Gavazzi, B., & Calou, P. (2016). Le géomagnétisme à la recherche des vestiges. Réseau documentaire Nordoc'Archéo.

- Georges-Leroy, M., Bock, J., Dambrine, E., & Dupouey, J.-L. (2011). Apport du lidar à la connaissance de l'histoire de l'occupation du sol en forêt de Haye. *Revue d'archéométrie* , 117-129.

- GIRARD, M.-C., & GIRARD, C. (s.d.). Cours introductif à la télédétection. Récupéré sur [https://tice.agroparistech.fr/coursenligne/main/documenent/showinframes.php?cidReq=TELEDETECTION&&c urdirpath=/cours\\_telede tecti on&file=/cours\\_telede tecti on/index.htm](https://tice.agroparistech.fr/coursenligne/main/documenent/showinframes.php?cidReq=TELEDETECTION&&c urdirpath=/cours_telede tecti on&file=/cours_telede tecti on/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.

- Charline Giguët-Covex, Florence Mocci, Kevin Walsh. Le pastoralisme dans les Alpes occidentales entre la Protohistoire et le Moyen âge : une évaluation des origines. Le développement de la grande transhumance à travers des analyses zooarchéologiques, isotopiques, et l'ADN ancien sédimentaire.. Table ronde Approches et méthodes clés pour l'analyse et l'opérationnalisation des trajectoires d'adaptation au changement climatique, Jun 2019, Le Monétier-les-Bains, France. [hal-03527686](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03527686)

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

- HART, Pauline. Foyers et temporalités In : Biais, hiatus et absences en archéologie [en ligne]. Paris : Éditions de la Sorbonne, 2019 (généré le 01 décembre 2022). Disponible sur Internet : <http://books.openedition.org/psorbonne/19002>. ISBN : 9791035103224. DOI : <https://doi.org/10.4000/books.psorbonne.19002>.

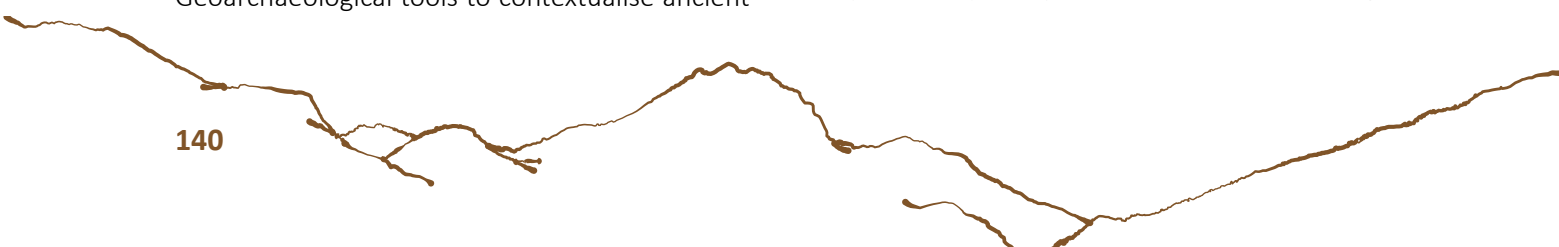
- Hesse, R. (2010). LiDAR-derived Local Relief Models – a new tool for archaeological prospection. Archaeological prospection, 67-72.

- Hinz Martin (2019), Statistical methods for archaeological data analysis 1 : Basic methods. 11- Cluster analysis, Institut für Archäologische Wissenschaften, Universität Bern, 22.05.2019

- Hodson. F. R, Cluster analysis and archaeology : some new developments and applications, World archaeology, 1970, T. 1, n° 3, pp. 299-320

- Holliday, V., & Gartner, W. (2006). Methods of soil P analysis in archaeology. Journal of archaeological Science, 301-333.

- Jones, M.-U., Evison, V.-I., & Myres, J.-N.-L. (1968, 09). Crops-marks sites at mucking,



Essex. The antiquaries Journal , pp. 210-230.

- Jonhsom, J., & Brian, H. (2006). A cost-benefit analysis of remote sensing application in cultural resource mangement archaeology. In J. Jonhson, Remote sensing in archaeology. An explicitly north american perspective (pp. 33-77). University of Alabama press.
- Kokalj, Z., Zaksek, K., & Ostir, K. (2011). Application of sky-view factor for thevisualisation of historic landscapefeatures in lidar-derived relief models. Antiquity, 263-273.
- Lambers, K., & Zingman, I. (2012a). Am Boden, aus der Luft, aus dem All: Prospektion archäologischer Fundstellen in der Silvretta. Letzte Jäger, erste Hirten. Hochalpine Archäologie in der Silvretta, Edition: Archäologie in Graubünden – Sonderheft 1, Publisher: Südostschweiz Buchverlag, Editors: Thomas Reitmaier, pp.71-85
- Lambers, K., & Zingman, I. (2012b). Towards detection of archaeological objects in high-resolution remotely sensed images: the Silvretta case study. 40th Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, Southampton, 26-30 March 2012, At Southampton, Volume: Earl, Graeme et al. eds. 2013. Archaeology in the digital era, volume II- e-papers <https://doi.org/10.13140/2.1.4614.9120>
- Lambers, K., & Zingman, I. (2013). Texture segmentation as a first step towards archaeological object detection in high-

resolution satellite images of the Silvretta Alps. 40th Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, Southampton- 26-30 Mars 2012. II, pp. 327-329. Vienne: Wolfgang et al edition.

- Lasaponara, R., & Masini, N. (2006). Identification of Archaeological Buried Remains. IEE Geoscience and Remonte Sensing, 3(3), 325-328.
- Le Couédic, M., Rendu, C., Garcia Casas, D., Gassiot Ballbè, E., Calastrenc, C., Clemente, I., . . . Rodriguez, D. (2016). Comparer et modéliser les sites, les territoires et les systèmes pastoraux pyrénéens dans la diachronie: présentation et premiers résultats du projet collaboratif DEPART. Dans P. Debofle, & J.-C. Sanchez, Pays pyrénéens et environnement. Actes du 62e Congrès de la Fédération historique de Midi-Pyrénées, Bagnères-de-Bigorre (Hautes-Pyrénées), 12-13-14 juin 2015 : 150e anniversaire de la Société Ramond (1865-2015) dans le cadre des commémorations nationales (pp. 321-338).
- Mélanie Le Couédic. Les cayolars et leur environnement (Pays basque) : approche croisée entre histoire et archéologie. Actualité de la recherche sur le pastoralisme. Séminaire TERRAE, Sylvain Burri, Feb 2020, Toulouse, France. [hal-02950254](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02950254)
- Le Couédic, M., Champagne, A., Contamine, T., Coughlan, M., Gragson, T., & Haley, B. S. (2014). Rapport de prospection et sondages, Larrau, Pyrénées-Atlantiques. Campagne 2014 (Research Report) (p. 129).

ITEM, EA 3002, Université de Pau et des Pays de l'Adour. Consulté à l'adresse <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01317581>

- Le Couédic, Mélanie. (2004). La montagne d'Enveitg (66) : mise en œuvre des données archéologiques, environnementales et planimétriques à l'aide d'un Système d'Information géographique, université François-Rabelais de Tours, 2 vol.
- Le Couédic, Mélanie. (2010). Les pratiques pastorales d'altitude dans une perspective ethnoarchéologique. Cabanes, troupeaux et territoires pastoraux pyrénéens dans la longue durée. Phdthesis, Université François Rabelais- Tours.
- Leanardi, G., Miglavassa, M., & Nardi, S. (1999). Soil phosphorus analysis as an integrative tool for recognizing buried ancient ploughsoil. *Journal of archaeological science*, 343-352.
- Lowe, D. (1999). Object Recognition from Local Scale-Invariant Features. *Proceeding*, 2, p. 1150.
- Lunden, B. (1985). Aerial Thermography—A Remote Sensing Technique Applied to Detection of Buried Archaeological Remains at a Site in Dalecarlia, Sweden. *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography*, 67 (1-2), pp. 161-166.
- Manzanera, A. (2005). Cours de morphologie mathématique (ENSTA-LEI ParisTech). Retrieved from <http://perso.ensta-paristech.fr/~manzaner/Cours/IAD/>

TERI\_MorphoMath.pdf

- Matloka, A., Karliński-Kociuba, J., Pilaczyński, L., Fejfer, M., Nowaczyk, S., & Siepak, J. (2015). An examination of the level of phosphorus in the soil as an indicator of human activity in prehistory at archaeological site no. 15a in Biskupin. *Ekologia i Technika*, 71-79.
- Mattingly, G., & Williams, R. (1962). A note on the chemical analysis of a buried since roman times. *European Journal of Soil Science*, 254-258.
- Clément Menbrivès, Christophe Petit, Elliott Michelle, Wassel Eddargach, Kai Fechner. Feux agricoles, des techniques méconnues des archéologues. L'apport de l'étude archéopédologique des résidus de combustion de Transinne (Belgique). Soils as records of past and Present. From soil surveys to archaeological sites: research strategies for interpreting soil characteristics, Judit Deák; Carole Ampe; Jari Hinsch Mikkelsen, Nov 2019, Bruges, Belgique. pp.121-139, [ff10.5281/zenodo.3420749ff](https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-02444363f). [ffhalshs-02444363f](https://halshs-02444363f)
- Météosat seconde génération, U. P. (s.d.). Météosat Seconde Génération. (U. P. 1, Éd.) Paris. Récupéré sur <https://e-cours.univ-paris1.fr/modules/uvd/envcal/html/vegetation/index.html>
- Millett, M., Pasquinucci, M., & Tremont, F. (2000). The comparison of surface and stratified artifact assemblages. Non-destructive techniques applied to landscape archaeology.

The Archaeology of Mediterranean Landscapes, 4, 216-222.

- Florence Mocci, Josep Maria Palet Martinez, Maxence Segard, Stéphan Tzortzis, Kevin Walsh. Peuplement, pastoralisme et modes d'exploitation de la moyenne et haute montagne depuis la Préhistoire dans le Parc National des Écrins. Florence Verdin et Alain Bouet. Territoires et paysages de l'âge du Fer au Moyen Âge. Mélanges offerts à Philippe Leveau, Presses universitaires de Bordeaux, pp.197-212, 2005, Collection Ausonius. [halshs-00129518](#)
- Florence Mocci, Kevin Walsh, Brigitte Talon, Stéfan Tzortzis, Mona Court-Picon, et al.. Structures pastorales d'altitude et paléoenvironnement : Alpes méridionales françaises du Néolithique final à l'âge du Bronze. Jean-Pascal Jospin & Tassadite Favrie. Premiers bergers des Alpes : de la préhistoire à l'Antiquité, Infolio Editions, pp.92-101, 2008. [halshs-00409403](#)
- Florence Mocci, Claudia Defrasne, Vincent Dumas, Stéphane Renault, Stefan Tzortzis, et al.. Rapport Final d'Opération dans le Parc National des Écrins et en périphérie (Hautes-Alpes). Prospections pédestres thématiques et relevés de terrain dans les massifs du Pinier (Freissinières) et de l'Eychauda (Pelvoux), secteur Argentiérais/Vallouise (alt. 2350- 2800 m.). [Rapport de recherche] Centre Camille Jullian; Service Régional de l'Archéologie Provence-Alpes-Côte-d'Azur. 2010. [hal-01440781](#)
- Moyes, H., & Montgomery, S. (2016).

Mapping ritual landscapes using Lidar. Cave detection through Local Relief Modelling. Advances in Archaeological Practice, 249-267.

- Novak, D. (2014). Local Relief Model (LRM) Toolbox for ArcGis. Prague: Insitute of Archaeology Czech Academy of Science.
- Orengo Hector, [Arqueología de un paisaje cultural pirenaico de alta montaña. Dinámicas de ocupación del valle del madriu-perafita-claror \(andorra\)](#), 2010, Thèse, Tarragona: Universitat Rovira i Virgili. Institut català d'arqueologia clàssica
- Opitz, R. (2016). Airborne Laserscanning in Archaeology: Maturing. Dans M. Forte, & S. Campana, Digital Methods and Remote Sensing in Archaeology. Archaeology in the Age of Sensing. Springer.
- Opiz, R. S., & Cowley, D. C. (2013). Interpreting archaeological topography. Oxbow Books.
- Orengo. H, Garcia\_Molsosa, 2019, A brave new world for archaeological survey: Automated machine learning-based potsherd detection using high-resolution drone imagery, Journal of archaeological science, Vol. 112, <https://doi.org/10.1016/j.jas.2019.105013>
- Josep Maria Palet, Arnau García, Héctor A Orengo, Tania Polonio, [Ocupacions ramaderes altimontanes a les capçaleres del Ter \(Vall de Núria i Coma de Vaca, Queralbs\): resultats de les](#)

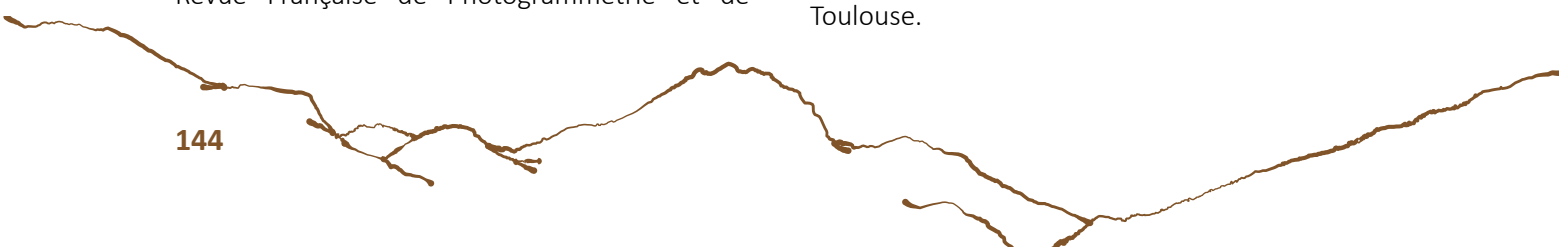


[interventions arqueològiques 2010-2015](#), 2016, Tretzenes Jornades d'Arqueologia de les comarques de Girona (Banyoles, del 10 al 11 de juny 2016). Banyoles: Generalitat de Catalunya, pp. 67-75

- Pierrot-Deseilligny, M., & Clery, I. (2011). Evolution récentes en photogrammétrie et modélisation 3D par photo des milieux naturels. Collection EDYTEM , 12, pp. 51-64.
- Poidebard, A. (1934). La trace de Rome dans le désert de Syrie. Le limes de Trajan à la conquête arabe. Recherches aériennes (1925-1932) (Vol. XVIII). Bibliothèque arch, et hist, du Service des Antiquités de Syrie.
- **Nicolas** Poirier, « Tracé LGV – REPÉRAGE (Recherches sur les Espaces, le Peuplement et les Réseaux Anciens de la Garonne) » [notice archéologique], *ADLFI. Archéologie de la France - Informations* [En ligne], Occitanie, mis en ligne le 28 janvier 2021, consulté le 14 décembre 2022. URL : <http://journals.openedition.org/adlfi/53422>
- Poirier N, Hautefeuille F, Calastrenc. C, (2013), Low Altitude Thermal Survey by Means of an Automated Unmanned Aerial Vehicle for the Detection of Archaeological Buried Structures. *Archaeological Prospection*, Wiley, 20 (4), pp.303-307
- Poirier N, Hautefeuille F, Calastrenc. C, (2017), L'utilisation des microdrone pour la prospection archéologique à basse altitude, *Revue Française de Photogrammétrie et de*

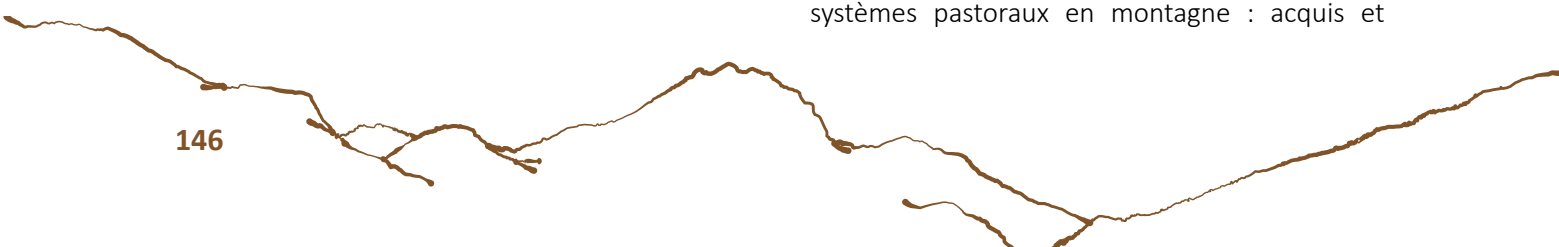
Téléédétection, Vol. 2013, p. 81-94

- Poirier, N. (2010). Un espace rural à la loupe : paysage, peuplement et territoires en Berry de la Préhistoire à nos jours : Perspectives historiques. Tours : Presses Universitaires François-Rabelais.
- Poirier, N. (2012). Thermographie aéroportée. Récupéré sur Archéodrone: <https://blogs.univ-tlse2.fr/archeodrone/thermographie-aeroportee/>
- Poirier, N. (2016). Géophysique. Retrieved 09 19, 2018, from Reperage: <https://sites.google.com/view/reperage/g%C3%A9ophysique?authuser=0>
- Poirier, N. (2016). Prospection aérothermique. Retrieved 09 19, 2012, from Repérage- Recherches sur les Espaces, le PEuplement et les Réseaux Anciens de la GaronnE: <https://sites.google.com/view/reperage/prospection-a%C3%A9rothermique?authuser=0>
- Poirier, N. (2018). Les défis d'une approche multisources des dynamiques d'occupation du sol : l'exemple de la vallée de la Garonne. *Archéologie, Histoire et Analyse spatiale. Dialogue interdisciplinaire sur la question des SIG archéologiques et historiques*, (p. s/n). Lille.
- Poirier, N., & Hautefeuille, F. (2017). REPERAGE- Recherches sur le Peuplement, les Espaces et les Réseaux Anciens de la Garonne. Toulouse.



- Poirier, N., Calastrenc, C., & Hautefeuille, F. (2016, Octobre 01). Archeodrone. Drones for archaeological survey. Toulouse, France.
- Poirier, Nicolas, et Florent Hautefeuille. (2014) REPERAGE - Recherches sur le Peuplement, les Espaces et les Réseaux Anciens de la Garonne. Research Report. UMR 5608 TRACES ; DRAC Midi-Pyrénées, décembre 2014. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01420799>.
- Poirier, Nicolas, et Florent Hautefeuille. (2015) REPERAGE - Recherches sur le Peuplement, les Espaces et les Réseaux Anciens de la Garonne. Research Report. UMR 5608 TRACES ; DRAC Midi-Pyrénées, décembre 2015. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01420788>.
- Poirier, Nicolas, et Florent Hautefeuille. (2016) REPERAGE - Recherches sur le Peuplement, les Espaces et les Réseaux Anciens de la Garonne. Research Report. UMR 5608 TRACES ; DRAC Midi-Pyrénées, décembre 2016. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01420797>.
- Poirier, N. Du temps long au temps court : modéliser l'évolution spatiale de l'exploitation du sol, 2006, Colloque : Interactions natures-Société (Poster)
- Power, J. P., & Bruce M. S. Campbell. (1992). Cluster Analysis and the Classification of Medieval Demesne-Farming Systems. Transactions of the Institute of British Geographers, 17(2), 227–245. <https://doi.org/10.2307/622548>
- Prevost-Dermarkar Sandra, Les foyers et les fours domestiques en Egée au Néolithique et à l'Âge du Bronze, Revue internationale d'anthropologie et de sciences humaines Civilisations, n° 49, pp. 223-237
- R.-P., P. (1937). La trace de Rome dans le désert de Syrie. Organisation du limes [. Mélanges de l'école française de Rome , 5-24.
- Reitmaier, T. &-N. (2013). Alpine Archäologie in der Silvretta. Archäologie Schweiz , 36, pp. 4-15.
- Reitmaier, T. (2010). Auf der Hut — Methodische Überlegungen zur prähistorischen Alpwirtschaft in der Schweiz. ANISA. Verein für alpine Forschung , pp. 219-239.
- Reitmaier, T. L. (2013). Silvretyta Historica : Satellite-assisted Archaeological Survey in an Alpine Environment. 38th Annual Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA), Granada, Spain, April 2010, (pp. 543-546). Granada (Espagne).
- Rendu, C. (2021, Novembre 15). La fabrique des espaces d'altitude. Un parcours pyrénéen entre pastoralisme et agriculture. Habilitation à Diriger des Recherches. Vol. 1 et 2, Paris.
- Rendu C, Calastrenc C, Le Couédic M, Galop D, Rius D, et al., (2013), Montagnes et campagnes d'Oloron dans la longue durée. Premiers résultats d'un programme interdisciplinaire. Aquitania, Pessac : Fédération Aquitania

- Rendu C. (coord.), Bal, M.-C., Bille E, Calastrenc C, Campmajo P, Crabol D, Harfouche R, Le Couédic M, Parent G, Poupet, Ruas M-P (2005) Rapport de PCR, PCR Cerdagne. Estivage et structuration sociale d'un espace montagnard, rapport 2005, SRA Languedoc-Roussillon, 129 p.
- Rendu C., Passarius S O., Calastrenc C., Julia R., Llubes M., Illes P., Campmajo P., Jordy C., Crabol D., Bille E., Conesa M., Bbousquet D., Lallemand V. (2015). Reconstructing past terrace fields in the Pyrenees insights into land management and settlement from the Bronze Age to the Early Modern era at Vilalta (1650 masl, Cerdagne, France), JOURNAL OF FIELD ARCHAEOLOGY, p. 1-20
- Rendu Ch., Campmajo P., Crabol D. (2012), Etagement, saisonnalité et exploitation des ressources agro-pastorales en montagne à l'âge du bronze. Une possible « ferme d'altitude » à Enveig (Pyrénées-Orientales), Bulletin de l'Association pour la Recherche sur l'Âge du Bronze, p.58-61
- Rendu, C. (2000). Fouiller des cabanes de berger pourquoi faire ? Etudes rurales , 151-176.
- Rendu, C. (2002). Pistes et propositions pour une archéologie de l'estivage à partir d'une expérience dans les Pyrénées de l'Est : Dossier spécial sur Les Habitats et systèmes pastoraux d'altitude (Pyrénées, Alpes, Massif Central). L'occupation de la haute montagne, 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, Medieval rural settlement in marginal landscape. Ruralia VII (pp. 235-251). Cardiff: Brepols.
- Rendu, C., Calastrenc, C., & Le Couédic, M. (2006). Archéologie pastorale en vallée d'Ossau, rapport final d'opération, campagne 2006, sondages et prospections.
- Rendu, C., Calastrenc, C., Le Couédic, M., & Berdoy, A. (2016). Estives d'Ossau. 7000 ans de pastoralisme dans les Pyrénées. Toulouse: Pas d'Oiseau.
- Rendu, C., Campmajo, P., & Crabol, D. (2012). Etagement, saisonnalité et exploitation des ressources agro-pastorales en montagne à l'âge du bronze. Une possible " ferme d'altitude " à Enveig (Pyrénées-Orientales). Bulletin de l'Association pour la promotion des recherches sur l'âge du Bronze , 58-61.
- Rendu, C., Campmajo, P., Davasse, B., & Galop, D. (1995). Habitat, environnement et systèmes pastoraux en montagne : acquis et



perspectives de recherches à partir de l'étude du territoire d'Enveig. X Colloqui internacional d'arqueologia de Puigcerda, (pp. 661-675). Puigcerda et Osseja.

- Christine Rendu, Pierre Campmajo. Bergers et troupeaux de Cerdagne : Pastors i ramats de Cerdanya. Musée de Cerdagne, 75 p., 1995. [halshs-00963438](https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00963438) • Roman, A., Ursu, T.-M., Lăzărescu, V.-A., Opreanu, C. H., & Fărcaș, S. (2017). Visualization techniques for an airborne laser scanning-derived digital terrain model in forested steep terrain: Detecting archaeological remains in the subsurface. *Geoarchaeology*, 549-562.
- Saint Joseph, K. (1966). The uses of air photography. Londres: John Baker.
- Saint-Sever, G., Remicourt, M., & Soula, F. (2016). Fouille Archéologique de la Haille de Pout, Cirque de Troumouse, Gèdre (Hautes-Pyrénées), Rapport de fouille programmée.
- Saligny, L. (2003). Ecole thématique. Système d'information à référence spatiale et archéologie- Tours- 8-13 septembre 2003. Tours.
- Sappington, J., & Thompson, D. (2007). Quantification de la robustesse du paysage pour l'analyse de l'habitat animal: une étude de cas utilisant le mouflon d'Amérique dans le désert de Mojave. *Journal of Wildlife Management* , 1419-1426.
- Selskien', A., Simnikyt'-Strimaitien', A., Vaitien', J., Paktas, V., Karpavien', V., & Giraitis, R. (2017). Phosphorus in archaeological

soil: comparison of chemija, 28(3), 160-171. RĖcupĖrĖ sur [https://www.researchgate.net/profile/Andra\\_Simniskyte/publication/320330605\\_Phosphorus\\_in\\_archaeological\\_soil\\_Comparison\\_of\\_different\\_extraction\\_methods/links/59de1e330f7e9bec3bae15a4/Phosphorus-in-archaeological-soil-Comparison-of-different-extraction-me](https://www.researchgate.net/profile/Andra_Simniskyte/publication/320330605_Phosphorus_in_archaeological_soil_Comparison_of_different_extraction_methods/links/59de1e330f7e9bec3bae15a4/Phosphorus-in-archaeological-soil-Comparison-of-different-extraction-me)

- SEOS Project, T. e. (s/d). SEOS Project Télédétection et SIG en agriculture. Récupéré sur <http://www.seos-project.eu/modules/agriculture/agriculture-c01-s02.fr.html>
- Sparfel, L., Gourmelon, F., & Le Berre, I. (2008). Approche orientée-objet de l'occupation des sols en zone côtière. *Revue de télédétection*, 237-356.
- Stular, B., Kokalj, Z., Ostir, K., & Nuninger, L. (2012). Visualization of lidar-derived relief models for detection of archaeological features. *Journal of Archaeological Science*, 3354-3360.
- Tabbagh, A. (1977). II-Prospections thermiques et électriques- Habitat néolithique de fond de vallée alluviale à Noyen-sur-Seine (Seine-et-Marne). *Gallia Préhistoire* , 271-280.
- Tarini, M., Cignoni, P., & Scopigno, R. (2003). Visibility based methods and assessment for detail-recovery. *IEEE Computer Society- VIS '03 Proceedings of the 14th IEEE Visualization 2003*, (p. 60). Washington DC.
- Terry, R., Nelson, S., Carr, J., Parnell, J., Hardin, P., Jackson, M., S. (2000). Quantitative phosphorus measurement: A field test procedure

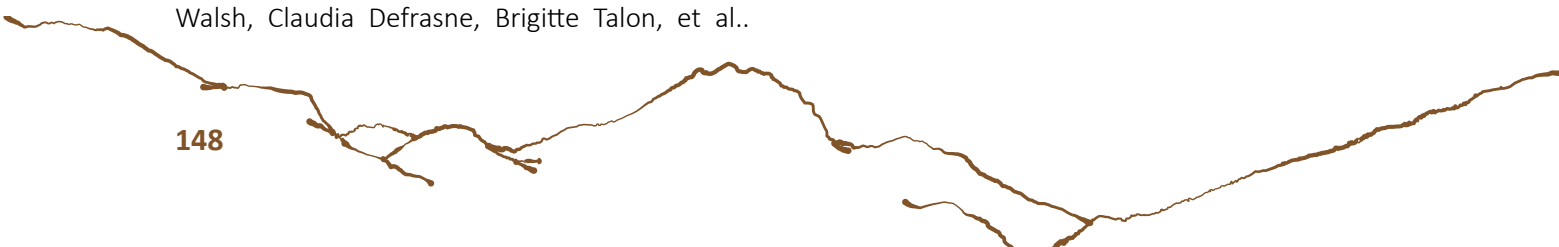


for archaeological site analysis at Piedras Negras, Guatemala. *Geoarchaeology*.

- Thirion-Merle, V. (2014). Spectrométrie de fluorescence X. In *Circulation et provenance des matériaux dans les sociétés anciennes*. Collection Sciences Archéologiques. Editions des archives contemporaines. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01393984>.
- Tisseyre, B. (2014). La télédétection appliquée à la viticulture. Principe et état de lieux. Récupéré sur [https://www.agrotic.org/blog/wp-content/uploads/2014/06/3\\_t%C3%A9l%C3%A9d%C3%A9tection\\_appliqu%C3%A9e\\_viticulture.pdf](https://www.agrotic.org/blog/wp-content/uploads/2014/06/3_t%C3%A9l%C3%A9d%C3%A9tection_appliqu%C3%A9e_viticulture.pdf)
- Toumazet, J.-P., Vautier, F., Roussel, E., Rassat, G., & Doustreysier, B. (2016). Automatic detection of archaeological structures in LiDAR data : a first approach. Training and research on the archaeological interpretation of LiDAR 2016.
- Trachet, J., Poulain, M., Delefortie, S., Van Meirvenne, M., & De Clercq, W. (2017). Making a Mountain Out of a Molehill? A Low-Cost and Time-Efficient Molehill Survey of the Lost Medieval Harbor Site of Monnikerede, Belgium. *Journal of Field Archaeology*, 42(6).
- Trément, F. (2011). La prospection au sol systématique. Les Arvernes et leurs voisins du Massif Central à l'époque romaine. Une archéologie du développement des territoires, 1, 51-96.
- Stephan Tzortzis, Florence Mocci, Kevin Walsh, Claudia Defrasne, Brigitte Talon, et al..

L'occupation préhistorique et protohistorique de la montagne et de l'abri Faravel dans le parc national des Écrins (Hautes-Alpes, France). Pierre Bintz; Christophe Griggo; Lucie Martin; Régis Picavet. *L'Homme dans les Alpes, de la pierre au métal*, Presses universitaires Savoie Mont Blanc; Laboratoire EDYTEM, 2019, 978-2-919732-87-6. [halshs-01767885](https://halshs-01767885)

- Walsh, K., & Mocci, F. (2011). Mobility in the Mountains: Late Third and Second Millennia Alpine Societies' Engagements with the High-Altitude Zones in the Southern French Alps. *European Journal of Archaeology*, 14(1-2), 88-115. doi:10.1179/146195711798369427
- Walsh, K. J., Court-Picon, M., Mocci, F., Segard, M., & Palet-Martinez, J. M. (2007). Occupation de la montagne et transformation des milieux dans les Alpes méridionales au cours de l'Âge du Bronze: approche croisée des données palynologiques et archéologiques en Champsaur et Argentiérais (Hautes-Alpes, France). In C. Mordant, & M. Magny (Eds.), *Environnements et cultures à l'Âge du Bronze en Europe occidentale* (pp. 89-106)
- Wells, J. (2011). Kite aerial thermography. *Soc. Archaeol. Prospect. News*, 29, pp. 9-10.
- Wilson, A., Davidson, D., & Cresser, M. (2008). Multi-element soil analysis: an assessment of its potential as an aid to archaeological interpretation. *Journal of archaeological Science*, 412-424.



- Wooster, M., Roberts, G., Smith, A., Johnston, J., Freeborn, P., Amici, S., & Hudak, A. (2013). Thermal Remote Sensing of Active Vegetation Fires and Biomass Burning Events. Dans C. Kuenzer, S. Dech, & Springer (Éd.), Thermal Infrared Remote Sensing (Vol. 17, pp. 347-3900).
- Zadora-Rio, E, Archéologie d'un espace rural : la genèse du parcellaire de la commune de Blou (Maine-et-Loire), Revue Géographique de l'Est, 1986, Vol. 26, T.3-4, pp. 155-166
- Zaksek, K., Ostir, K., & Kokalj, Z. (2011). Sky-View Factor as a Relief Visualization Technique . Remote Sensing, 389-415.
- Zingman, I., Saupe, D., & Lambers, K. (2012). Morphological operators for segmentation of high contrast textured regions in remotely sensed imagery. Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), Munich, Germany, 22-27 July 2012, Volume: 2012, pp. 3451-3454 <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2012.6350678>
- Zingman, I., Saupe, D., & Lambers, K. (2013a). Automated search for livestock enclosures of rectangular shape in remotely sensed imagery (Vol. 8892). Image and Signal Processing for Remote Sensing XIX, Dresden, Germany <https://doi.org/10.1117/12.2027704>
- Zingman, I., Saupe, D., & Lambers, K. (2013b). Detection of Texture and Isolated Features Using Alternating Morphological Filters. 11th International Symposium, ISMM 2013, Uppsala, Sweden, May 27-29, 2013, pp. 440-451, Volume: Mathematical Morphology and Its Applications to Signal and Image Processing, [https://doi.org/10.1007/978-3-642-38294-9\\_37](https://doi.org/10.1007/978-3-642-38294-9_37)
- Zingman, I., Saupe, D., & Lambers, K. (2014). A morphological approach for distinguishing texture and individual features in image. Pattern Recognition Letters vol. 47. pp. 129-138 <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2014.03.019>
- Zingman, I., Saupe, D., & Lambers, K. (2015). Detection of incomplete enclosures of rectangular shape in remotely sensed images. EARTHVISION 2015 IEEE/ISPRS Workshop "Looking from above: When Earth observation meets vision", Boston, pp. 86-96 <https://doi.org/10.1109/CVPRW.2015.7301387>
- Zingman, I., Saupe, D., A. B. Penatti, O., & Lambers, K. (2016). Detection of Fragmented Rectangular Enclosures in Very High Resolution Remote Sensing Images (Vol. 54). IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 54(8):pp. 4580-4593 <https://doi.org/10.1109/TGRS.2016.2545919>

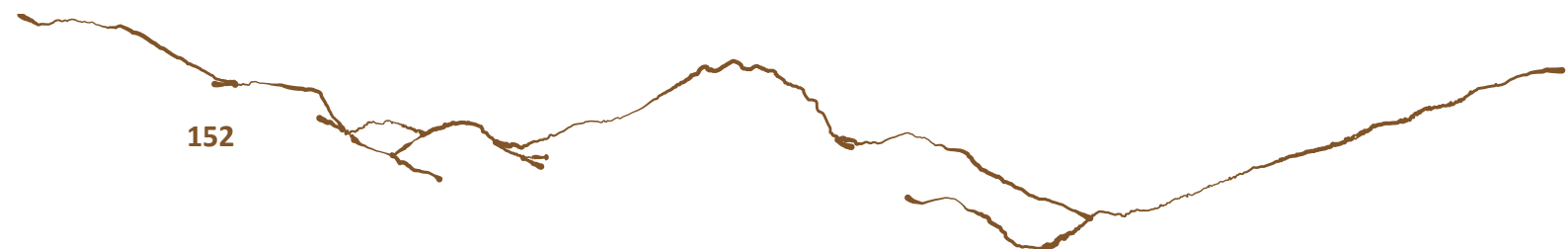
## Table des figures et tableaux

Fig. 1- Mise en place du campement d'altitude- 10 septembre 2022 (© Rebecca Michiels)	17	Naturelle d'Aulon)- 2020 (© Marvyn Bigot)	34
Fig. 2- Visite des représentants du Service Régional d'Occitanie et du Département des Hautes-Pyrénées- 14 septembre 2022 (© Rebecca Michiels)	18	Fig. 14- Secteur du Liantran- Estaing (Hautes-Pyrénées)- 2018 (© C. Calastrenc)	35
Fig 3- Localisation des différents programmes de recherche en archéologie pastorale dans les Pyrénées (© Infograhie C. Calastrenc)	21	Tab. 1- Budget 2022	38
Fig. 4- Au-dessus- Localisation des programmes de recherche en archéologie pastorale dans les montagnes du sud de l'Europe (© Infograhie C. Calastrenc) ; au-dessous- Tableau récapitulatif des opérations d'archéologie pastorale	22	Fig. 15- Hélicoptage du matériel nécessaires à la réalisation de la campagne archéologique 2022 (© C. Calastrenc)	39
Fig. 5- Relevé archéologique- Estive d'Anéou - 2006 (© M. Le-Couédic)	23	Fig. 16- Hélicoptage du matériel nécessaires à la réalisation de la campagne archéologique 2022 (© C. Calastrenc)	40
Fig. 6- Relevé au DGPS- Estive d'Anéou- 2006 (© C. Calastrenc)	24	Fig. 17- Base-vie- Replat de l'Auloueil (© Marvyn Bigot)	41
Fig. 6- Comparaison entre les résultats d'une photo-interprétation et par prospection pédestre (Rendu et al, 2016, p. 63)	26	Fig. 18-Usage de douche (© Rebecca Michiels)	41
Fig. 7- Relevé Lidar- 2022 (© C. Calastrenc)	28	Fig. 19-Réparation du groupe électrogène (© Rebecca Michiels)	42
Fig. 8- Mise en place- Relevé géoradar- 2022 (© Rebecca Michiels)	29	Fig. 20-Cuisine installé dans la partie « cabane du berger » du refuge de l'Auloueilh (© C. Calastrenc)	43
Fig. 9- Relevé XRF- Enveitg- Pyrénées-Orientales- 2019 (© Néomie Luault)	30	Fig. 21-Extrait du cahier des menus (© C. Calastrenc)	44
Fig. 10- Ci contre, localisation des 4 zones atelier du programme TAHMM ; ci-dessous, tableau synthétique de présentation des 4 zones ateliers du programme TAHMM	31	Fig. 22-Attestation de dons- Secours populaire-Colomiers	45
Fig. 11- Plaa de l'Orri- Enveitg (Pyrénées-Orientales)- 2018 (© Nicolas Poirier)	32	Fig. 23- Base-vie (© C. Calastrenc)	46
Fig. 12- Estive d'Anéou- Laruns (Pyrénées-Atlantiques)- 2007 (© C. Calastrenc)	33	Fig. 24- « Cuisine » (© C. Calastrenc)	46
Fig. 13- Replat de l'Auloueilh- Aulon- Réseva		Fig. 25- Partie « Refuge » (© C. Calastrenc)	46
		Fig. 25- L'équipe de fouille (© Rebecca Michiels)	47
		Fig. 26- Début de la fouille- Sondage de la structure 133 (© Maialene Gauthier)	49
		Fig. 27- Rebouchage- Sondage de la structure 133 (© Hadrien Hocde)	49

Fig. 28- Récapitulatif des informations acquises antérieurement aux sondages dans le cadre du programme TAHMM à l'emplacement de la structure n° 13 (© C. Calastrenc)	51	jour en 2022 pendant le sondage de la structure n° 39	69
Fig. 29- Comparaison entre un foyer en fonctionnement et les vestiges archéologiques qui en résulte (© C. Calastrenc)	54	Fig. 41- Diagramme stratigraphique- Sondage 2022- Structure n° 39 (© C. Calastrenc)	70
Fig. 30- MR 305 (© C. Calastrenc)	55	Fig. 42- Plan général en fin de fouille- Sondage 2022- Structure n° 39 (© C. Calastrenc)	71
Fig. 31- MR 308 (© C. Calastrenc)	55	Fig. 43- MR 414- Sondage 2022- Structure n° 39 (© C. Calastrenc)	71
Fig. 32- Schématisation du processus de construction du MR 305 et de sa destruction (© C. Calastrenc)	56	Fig. 44- Coupe perpendiculaire au mur MR 414- Sondage 2022- Structure n° 39 (© C. Calastrenc)	72
Tab. 3- Liste des unités stratigraphiques mis au jour en 2022 pendant le sondage de la structure n° 13	59	Fig. 45- Coupe de la face interne du mur MR 414 - Sondage 2022- Structure n° 39 (© C. Calastrenc)	72
Fig. 33- Diagramme stratigraphique- Sondage 2022- Structure n° 13 (© C. Calastrenc)	60	Fig. 46- Récapitulatif des informations acquises antérieurement aux sondages dans le cadre du programme TAHMM à l'emplacement de la structure n° 133 (© C. Calastrenc)	73
Fig. 34- Plan général en fin de fouille- Sondage 2022- Structure n° 13 (© C. Calastrenc)	61	Fig. 47- Schématisation du processus de construction du mur MR 104 (© C. Calastrenc)	74
Fig. 35- Coupe Nord d'axes Est/Ouest- Sondage 2022- Structure n° 13 (© C. Calastrenc)	61	Fig. 48- Schématisation du processus de destruction du mur MR 104 (© C. Calastrenc)	75
Fig. 36- Coupe parallèle au mur (MR 308- Face interne)- Sondage 2022- Structure n° 13 (© C. Calastrenc)	62	Tab. 5- Liste des unités stratigraphiques mis au jour en 2022 pendant le sondage de la structure n° 133	77
Fig. 37- Coupe longitudinale d'axe Nord/Sud, le long de la face interne du MR 308 Sondage 2022 - Structure n° 13 (© C. Calastrenc)	62	Fig. 49- Diagramme stratigraphique- Sondage 2022- Structure n° 133 (© C. Calastrenc)	77
Fig. 38- Coupe longitudinale d'axe Nord/Sud, le long de la face externe du MR 308 Sondage 2022- Structure n° 13 (© C. Calastrenc)	63	Fig. 50- Plan- Fin de fouille- Sondage 2022- Structure n° 133 (© C. Calastrenc)	78
Fig. 39- Récapitulatif des informations acquises antérieurement aux sondages dans le cadre du programme TAHMM à l'emplacement de la structure n° 39 (© C. Calastrenc)	64	Fig. 51- MR 104 - Fin de fouille- Sondage 2022- Structure n° 133 (© C. Calastrenc)	78
Fig. 40- Comparaison entre un foyer en fonctionnement et les vestiges archéologiques qui en résulte (© C. Calastrenc)	67	Fig. 52- Coupe longitudinale - Fin de fouille- Sondage 2022- Structure n° 133 (© C. Calastrenc)	79
Tab. 4- Liste des unités stratigraphiques mis au		Fig. 53- Coupe face interne du mur MR 104 - Fin de fouille- Sondage 2022- Structure n° 133 (© C. Calastrenc)	79



Fig. 54-Récapitulatif des informations acquises antérieurement aux sondages dans le cadre du programme TAHMM à l'emplacement de la structure n° 152 (© C. Calastrenc)	80	surface sont indiquées par un traits plein. Les « anomalies » sont localisées par un cercle rouge.	99
Tab. 6- Liste des unités stratigraphiques mis au jour en 2022 pendant le sondage de la structure n° 152	83	Fig. 75- A gauche, le résultat du calcul de l'indice NDVI de la grille n° 2.	101
Fig. 55- Diagramme stratigraphique- Sondage 2022- Structure n° 152 (© C. Calastrenc)	83	Fig. 76- A droite, le résultat du calcul de l'indice NDVI de la grille n° 3.	101
Fig. 56- Plan général- Fin de fouille- Sondage 2022- Structure n° 152 (© C. Calastrenc)	84	Fig. 77- Résultat du calcul de l'indice NDVI de la grille n° 4.	102
Fig. 57- Mur 204- Fin de fouille- Sondage 2022- Structure n° 152 (© C. Calastrenc)	84	Fig. 78- Relevé Lidar (© C. Calastrenc)	103
Fig. 58- Coupe longitudinale- Fin de fouille- Sondage 2022 - Structure n° 152 (© C. Calastrenc)	85	Fig. 79- Relevé Lidar brut avant traitement dans CloudCompare	104
Fig. 59- Coupe face interne du mur MR 204 - Fin de fouille - Sondage 2022- Structure n° 152 (© C. Calastrenc)	85	Fig. 80- Relevé Lidar après traitement CSF dans CloudCompare	104
Tab. 7- Etat du déploiement des appareillages scientifiques- 2022	87	Fig. 81- Cabane de l'Auloueilh (© P. Campmajo)	105
Fig. 60- Orthothermographie- Zone Nord-Ouest du replat de l'Auloueilh (Réserve Naturelle d'Aulon) avec le positionnement des structures visibles en surface. Le cercle rouge identifie une anomalie thermique	88	Fig. 82- Roche 1- Façade Sud (© P. Campmajo)	107
Fig. 61- Orthothermographie- Zone Nord-Ouest du replat de l'Auloueilh (Réserve Naturelle d'Aulon) avec la localisation d'un profil thermique	89	Fig. 83- Roche 1 (Façade Sud) avec noté les groupes de gravure (© P. Campmajo)	107
Fig. 62- Relevé magnétométrique- Grille 1	91	Fig. 84- Roche 1- Façade Sud (© P. Campmajo)	108
Fig. 63- Relevé magnétométrique- Grille 2	92	Fig. 85- Roche 2- Façade Sud (© P. Campmajo)	109
Fig. 64- Profils- Relevé géoradar	93	Fig. 86- Roche 2- Façade Sud (© P. Campmajo)	110
Fig. 65- Relevé géoradar en surface (0 cm de profondeur)	93	Fig. 87- Pierre 3- Façade Sud (© P. Campmajo)	111
Fig. 66- Relevé géoradar à 24 cm de profondeur	94	Fig. 88- Pierre 4- Façade Sud (© P. Campmajo)	112
Fig. 67- Relevé géoradar à 53 cm de profondeur	94	Fig. 89- Pierre 4- Façade Sud (© P. Campmajo)	113
Fig. 68- Relevé géoradar à 80 cm de profondeur	95	Fig. 90- Ci-dessus, façade Est de la cabane de l'Auloueilh (© P. Campmajo) ; ci-dessous, localisation des pierres dans la façade Est de la cabane de l'Auloueilh (© P. Campmajo)	114
Fig. 69- Relevé géoradar à 107 m de profondeur	95	Fig. 91- Pierre 1- Façade Est- Ci-dessus le relevé et ci-dessous la photographie (© P. Campmajo)	115
Fig. 70- Relevé géoradar à 130 m de profondeur	96	Fig. 92- Pierre 2- Façade Est- Relevé (© P. Campmajo)	116
Fig. 71- Relevé géoradar à 160 m de profondeur	96	Fig. 93- Pierre 2- Façade Est- Photographie (© P. Campmajo)	117
Fig. 72- Relevé géoradar à 187 m de profondeur	97	Fig. 94- Ci-dessus, relevé de la pierre 3 et ci-dessous photo de lapierre 3- Façade Est (© P. Campmajo)	118
Fig. 73- Relevé géoradar à 214 m de profondeur	97	Fig. 95- Ci-dessus, photographie de la façade Ouest et ci-contre, la localisation des pierres gravées de la façade Ouest (© P. Campmajo)	119
Fig 74- Au-dessus, orthophotographie d'un extrait de la zone couverte au centre du replat de l'Auloueilh ; au-dessous, indice NDVI d'un extrait de la zone couverte au centre du replat de l'Auloueilh. Les structures visibles en		Fig. 96- Ci-dessus relevé de la pierre 1 ; ci-dessous photographie de la pierre 1- Façade Ouest (© P. Campmajo)	120
		Fig. 97- Relevé de la pierre 2- Façade Ouest (© P.	



Campmajo)	121	US 206- Fin de fouille	134
Fig. 98- Photographie de la pierre 3- Façade Ouest (© P. Campmajo)	122		
Fig. 99- Relevé de la pierre 3- Façade Ouest (© P. Campmajo)	123		
Fig. 100- Photo et relevé de la pierre 4- Façade Ouest (© P. Campmajo)	124		
Fig. 101- Ci-dessus, photographie de la pierre 5 et ci-dessous relevé de la pierre 5- Façade Ouest (© P. Campmajo)	125		
Z sup de l'US 300	131		
Z sup de l'US 301	131		
MR 302	131		
Z inf de l'US 307 et Z sup de l'US 309	131		
Z sup de l'US 310	131		
Z sup de l'US 312	131		
Z sup de l'US 314	131		
Z sup de l'US 400	132		
Z sup de l'US 401	132		
Z sup de l'US 403	132		
Z sup de l'US 405	132		
Z sup de l'US 407	132		
Z sup de l'US 411	132		
US 411- Fin de fouille	132		
Z sup de l'US 100	133		
Z sup de l'US 101 et 102	133		
Z sup de l'US 103	133		
Z sup de l'US 104	133		
Z sup de l'US 106	133		
Z sup de l'US 107	133		
Z sup de l'US 108	133		
Z sup de l'US 110	133		
US 200	134		
Z sup US 201	134		
Z sup US 202	134		
Z sup US 203	134		
Z sup US 202	134		
Z sup US 206	134		

# Inspecter les montagnes autrement

Développement d'une nouvelle méthode d'approche archéologique des espaces d'altitude

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

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

**Codes opération :**

1411927 (prospection)

1411928 (sondage)

**CALASTRENC** Carine (Dir.), **CAMPMAJO** Pierre,  
**POIRIER** Nicolas, **BALEUX** François, **RENDU** Christine,  
Marie-Claude **BAL**

## Financements récurrents



## Institutions porteuses du projet de recherche



## Laboratoires des membres du projet de recherche



2022