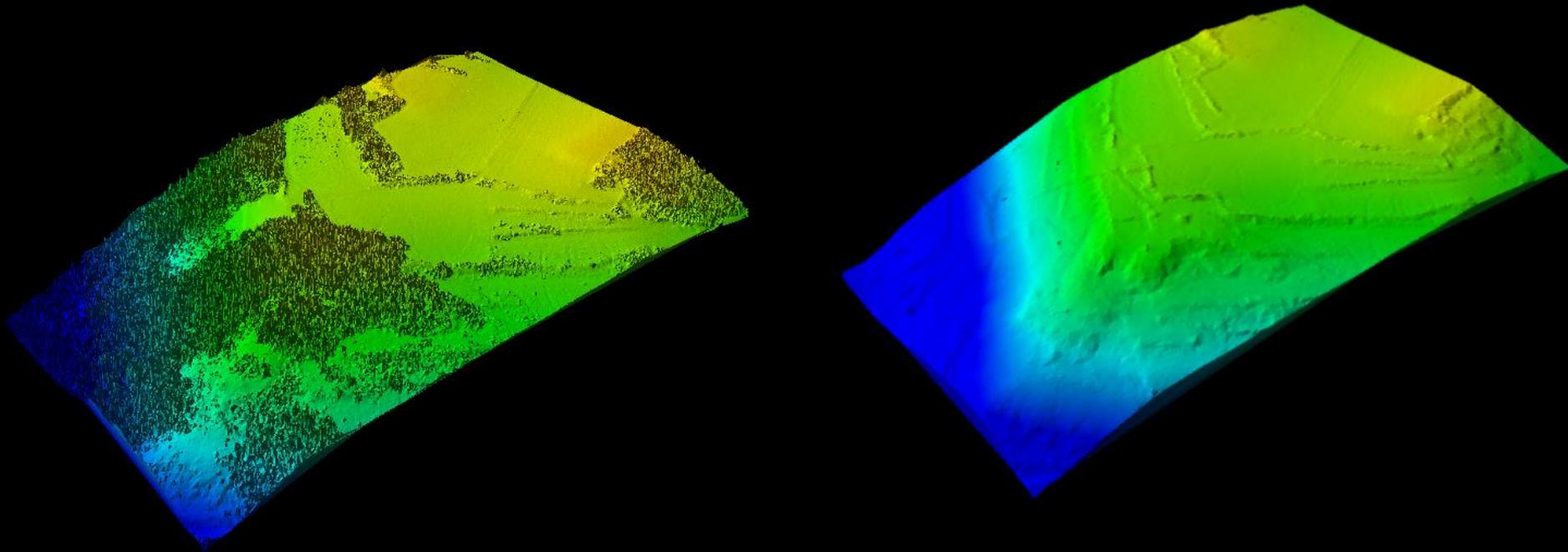


## PROGRAMME AYPONA – (2013-2016)

Premiers résultats issus de l'analyse  
des données LiDAR du Puy de Corent : archéologie et géomorphologie

*A. Mayoral, F. Vautier & B. Dousteysier*

*7 octobre 2014*



# Le site de Corent

- **Agglomération avec séquence d'occupation de 5 millénaires, entre la fin du Néolithique et l'époque Gallo-romaine.** Un des principaux *oppida* du territoire arverne ¿Capitale?
- **Important potentiel archéologique,** nombreuses campagnes de fouilles depuis 1991.
- **Plateau volcanique** ( alt. 621 m, 60 Ha) composé par un cône strombolien et une coulée basaltique sur des matériaux marneux Oligocènes et des arkoses à la base. **Relief inversé 250 m. sur les vallées de l'Allier et la Veyre.**
- **“Versants lisses”** (occasionnellement en gradins sur les marnes) régularisés par des **éboulis, par le colluvionnement et la solifluxion** partiellement actifs encore aujourd'hui. **Dyssidétrie des versants,** plus longs au nord



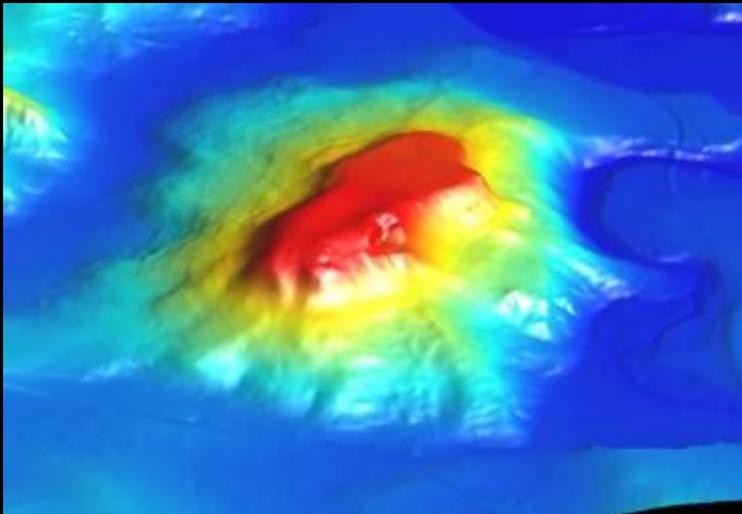


# Le programme AYPONA

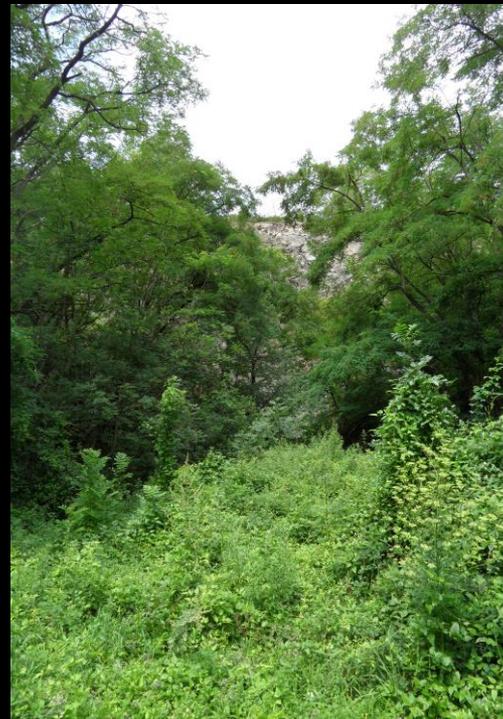
- **Problématique générale**: montrer que la pression des sociétés sur les milieux est permanente et intensive en Europe Occidentale des l'Age du Fer.
- **Corent**: site idéal pour l'étude de l'interaction entre l'environnement et les débuts du phénomène urbain pendant le 1er millenaire avant J.C.
- Approche intégrée multidisciplinaire et multi-indicateur (archéologie environnementale, géoarchéologie, **archéogéomatique**, modélisations paléo-paysagères)
- **Groupe de travail *Task 3***: Mise en oeuvre et exploitation à vocation archéologique d'une mission LiDAR aéroportée.

# Objectifs d'un levé LiDAR dans le cadre d'AYPONA

- Construire la **microtopographie de l'ensemble du plateau de Corent et ses versants**
- Déceler un **ouvrage défensif aux rebords du plateau** sous couvert forestier
- Détecter des **traces de vestiges sur le plateau et sur les versants**
- Documenter les **chemins d'accès au plateau**.
- Détecter et **comprendre les formes d'érosion et d'accumulation sédimentaire en liaison avec des activités anthropiques**

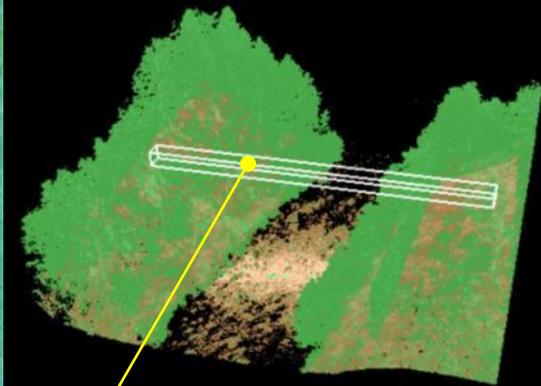
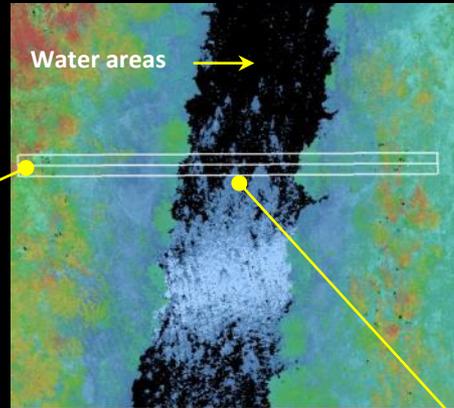
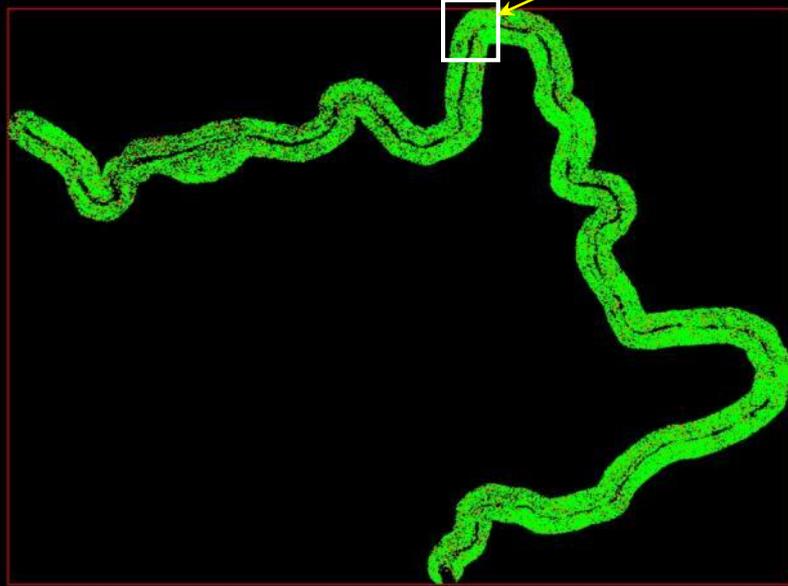


Le couvert forestier dense  
des versants: une difficulté  
manifeste à Coirent...

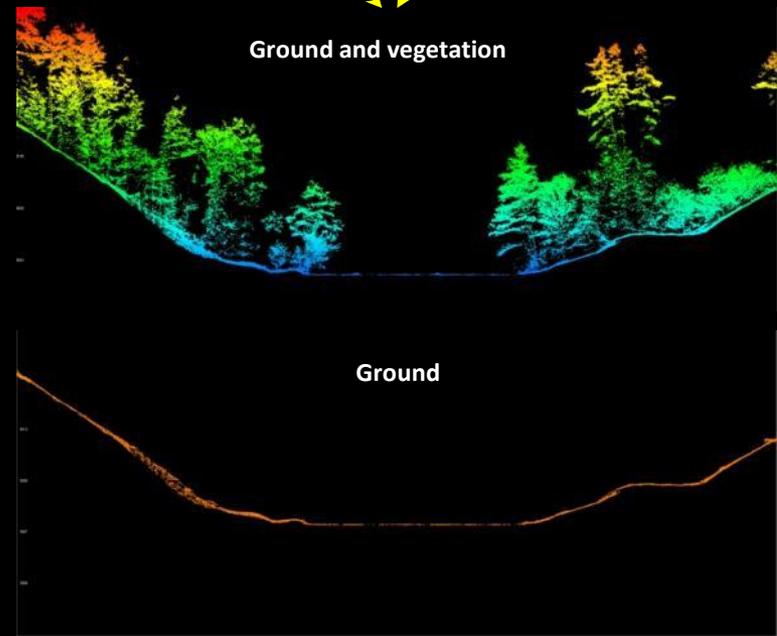


Allier river section : 10 kms  
LiDAR cloud points : 104 732 500  
Average density : 215 pts/m<sup>2</sup>  
0.01 % shown

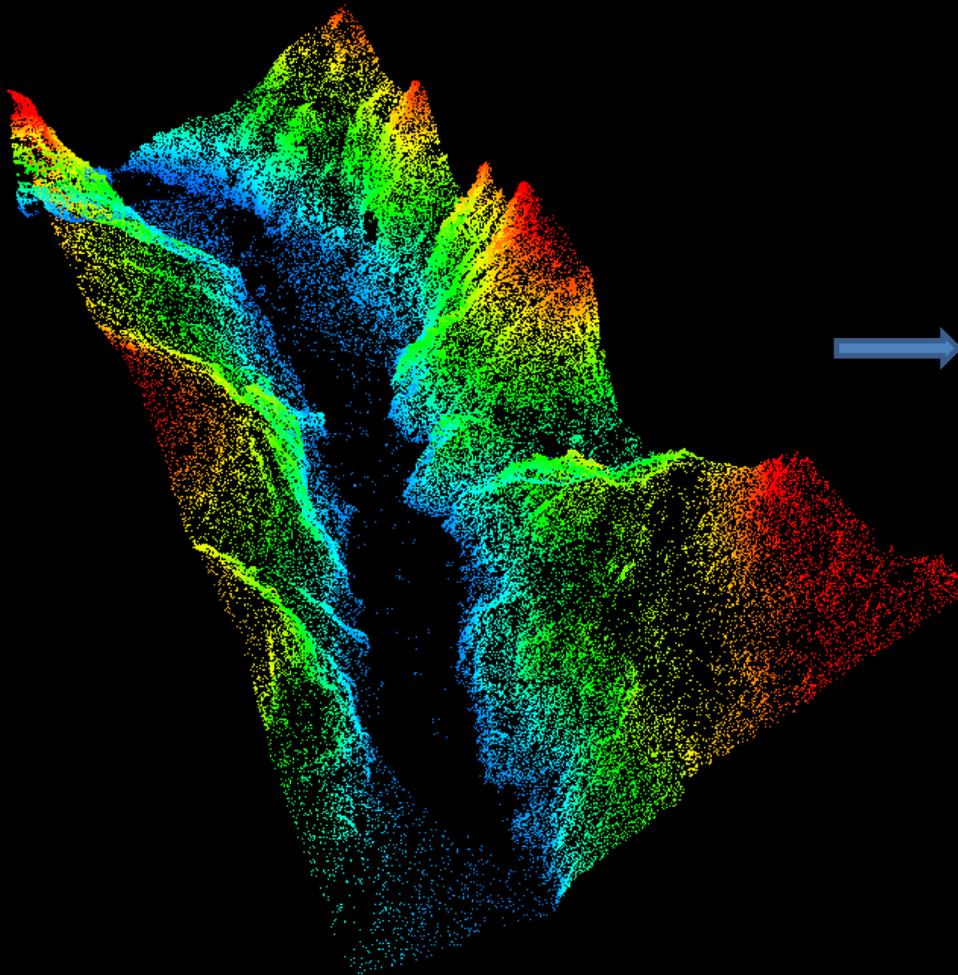
Surface : 8500 m<sup>2</sup>  
Nb of points : 1 835 375  
100% shown



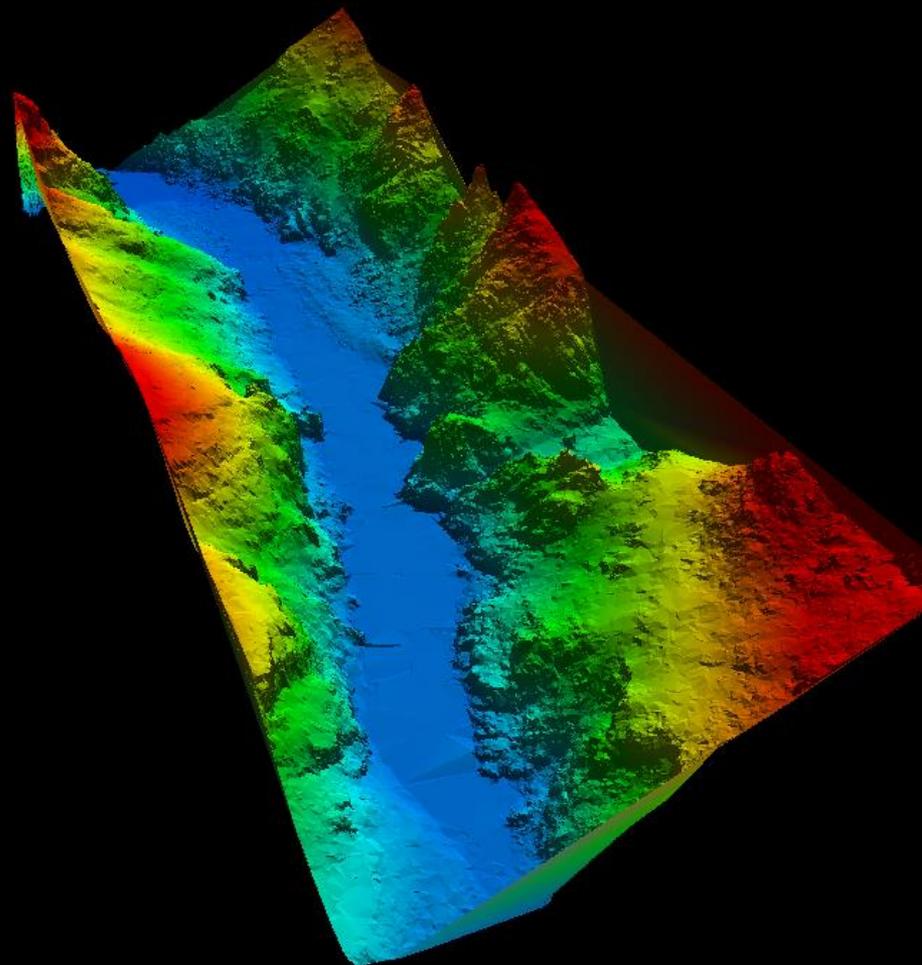
CROSS SECTION (profil depth : 4.5 m)



Nuage de points LiDAR : points au sol  
après filtrage de la végétation



Points au sol polygonés : Modèle Numérique de Terrain

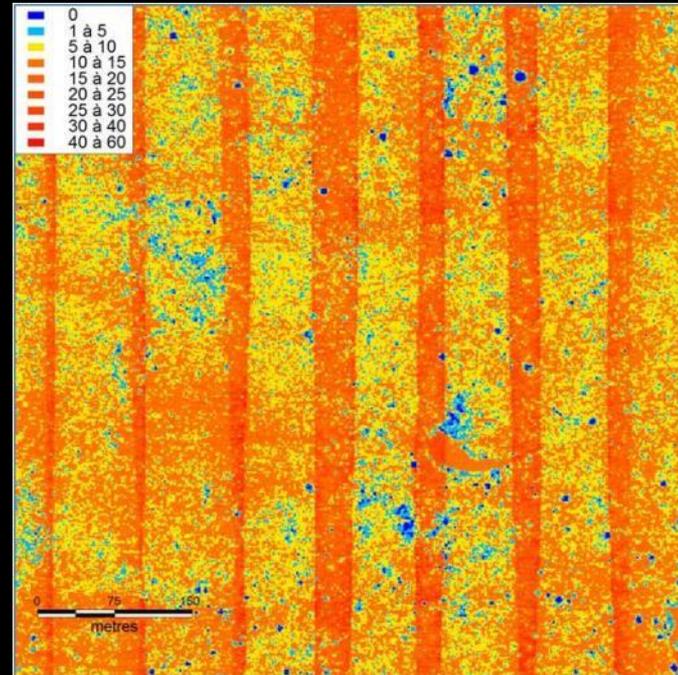


# Le LIDAR permet de modéliser la topographie sous couvert forestier OUI mais pas systématiquement

Exemple : LiDAR Chaîne des Puys (Lidarverne 2011)

Emission : 20 points/m<sup>2</sup>

Retour sol souhaité : 10 points au m<sup>2</sup>



Densité (Pts/m <sup>2</sup> )	Surface (m <sup>2</sup> )	% de la surface totale
0	2890.47	0.65
1 à 5	29202.28	6.62
5 à 10	157920.97	35.79
10 à 15	172363.31	39.06
15 à 20	45025.29	10.20
20 à 25	23022.49	5.22
25 à 30	7803.83	1.77
30 à 40	2828.66	0.64
40 à 60	240.99	0.05

$\bar{x}$	$\sigma$	Min.	Max.
11.5	8.99	0	47

42% de la superficie : - de 10 points au m<sup>2</sup>  
7.5% : - de 5 points/m<sup>2</sup>  
0.65 % : absence de points

*Densité de points/m<sup>2</sup> (retour sol)*

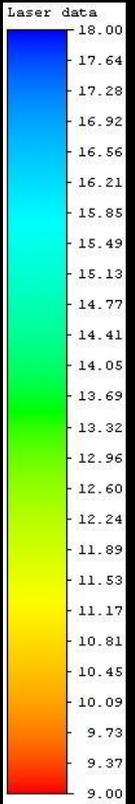
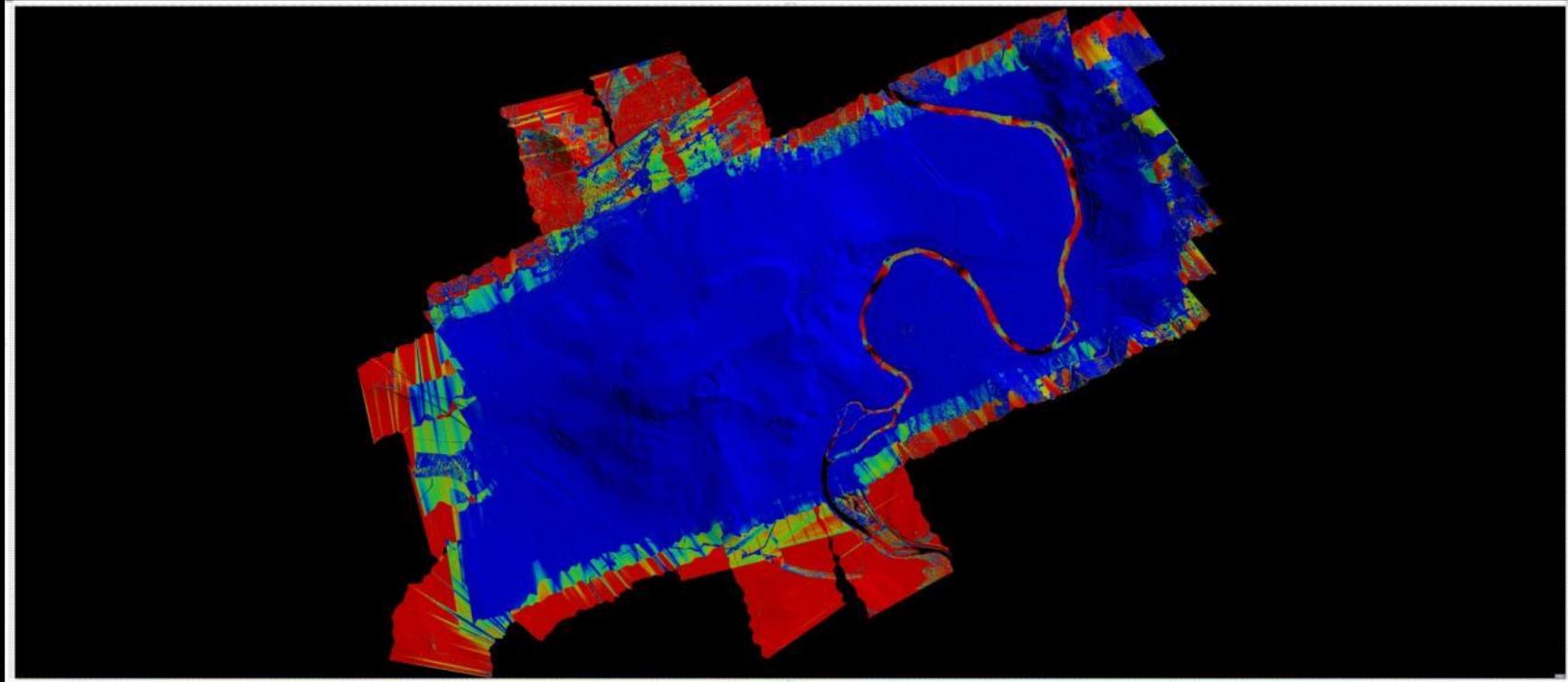
**Des limites au LiDAR sous couvert forestier:**

- *broussaille et arbustif dense*
- *conifères*

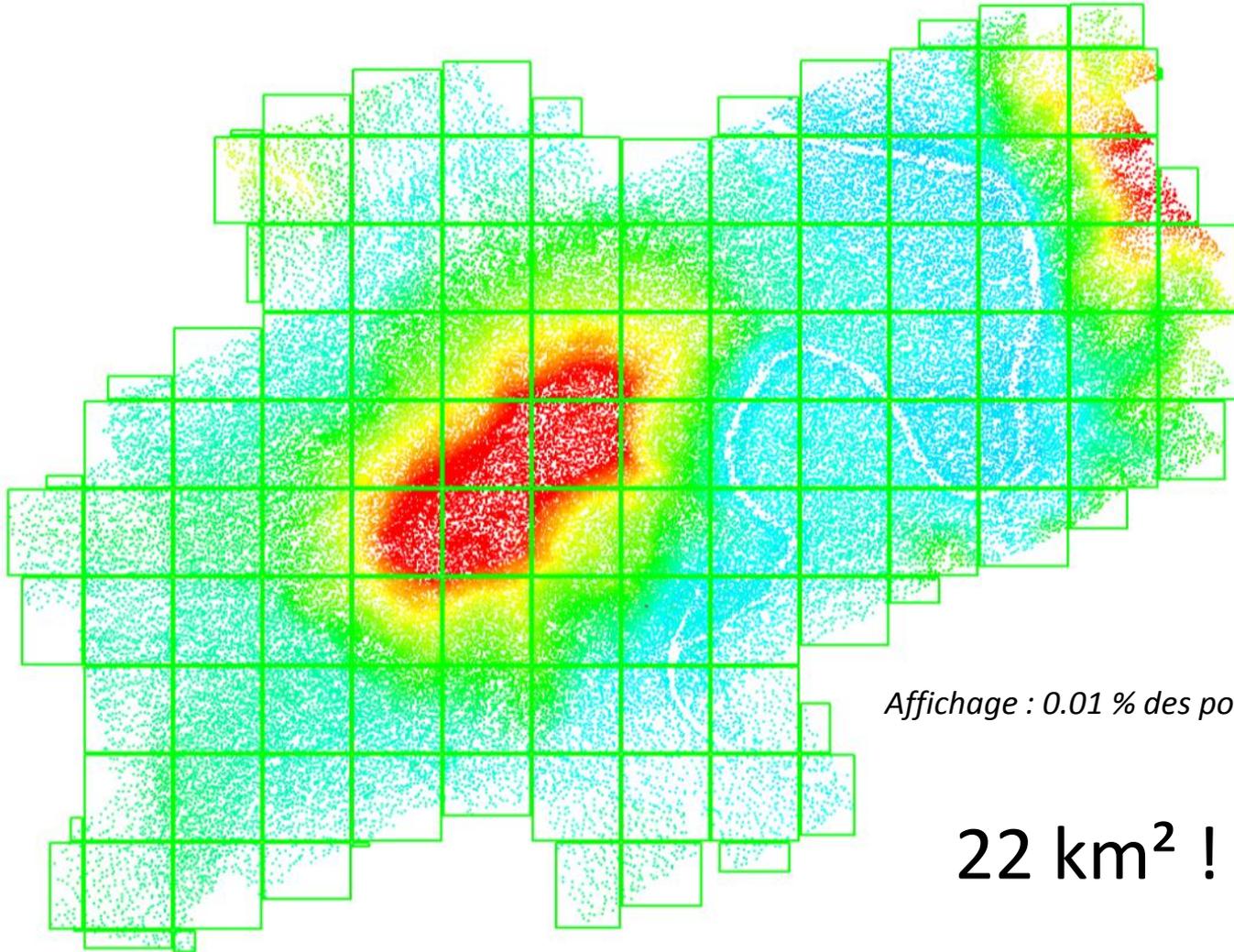
**Risque de détection partielle ou lacunaire de vestiges**



# Densité en émission laser (par m<sup>2</sup>)

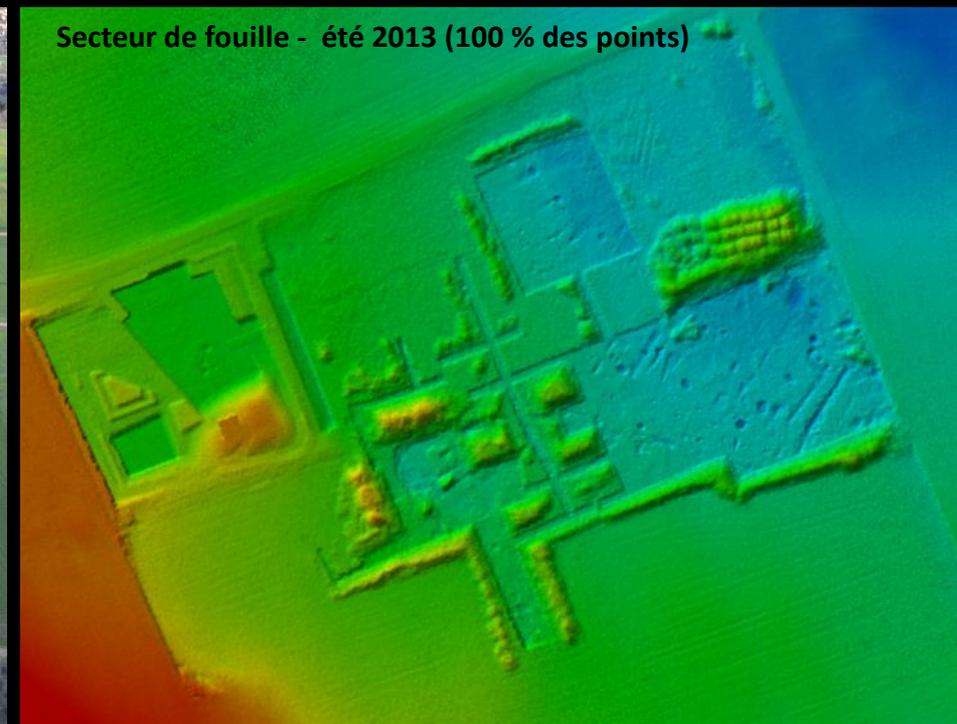


Environ 955 870 000 points – 140 dalles  
403 820 000 points sol  
552 050 000 points en élévation

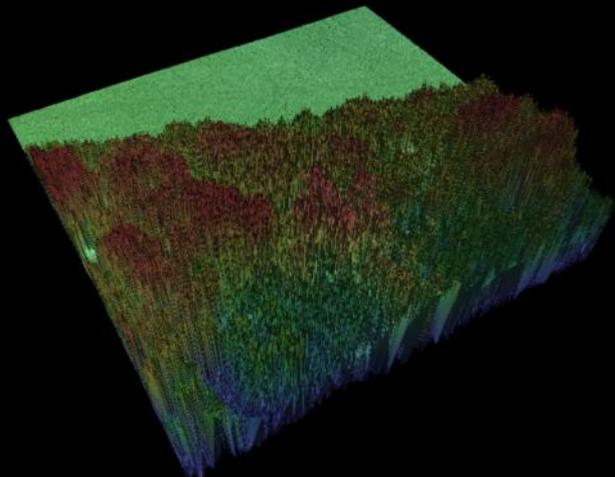


*Affichage : 0.01 % des points*

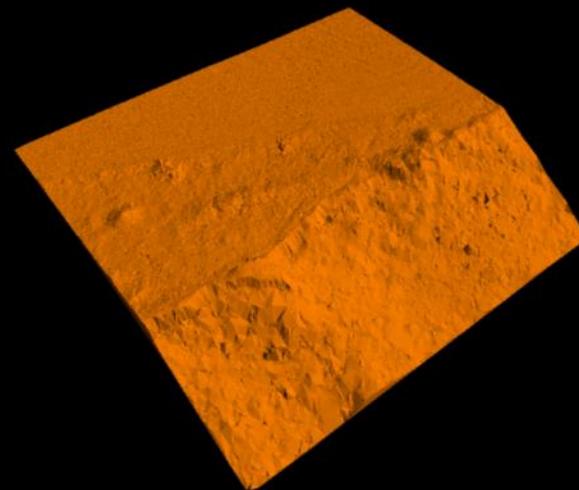
**22 km<sup>2</sup> !**



**Une vue 3D avec l'ensemble des points**



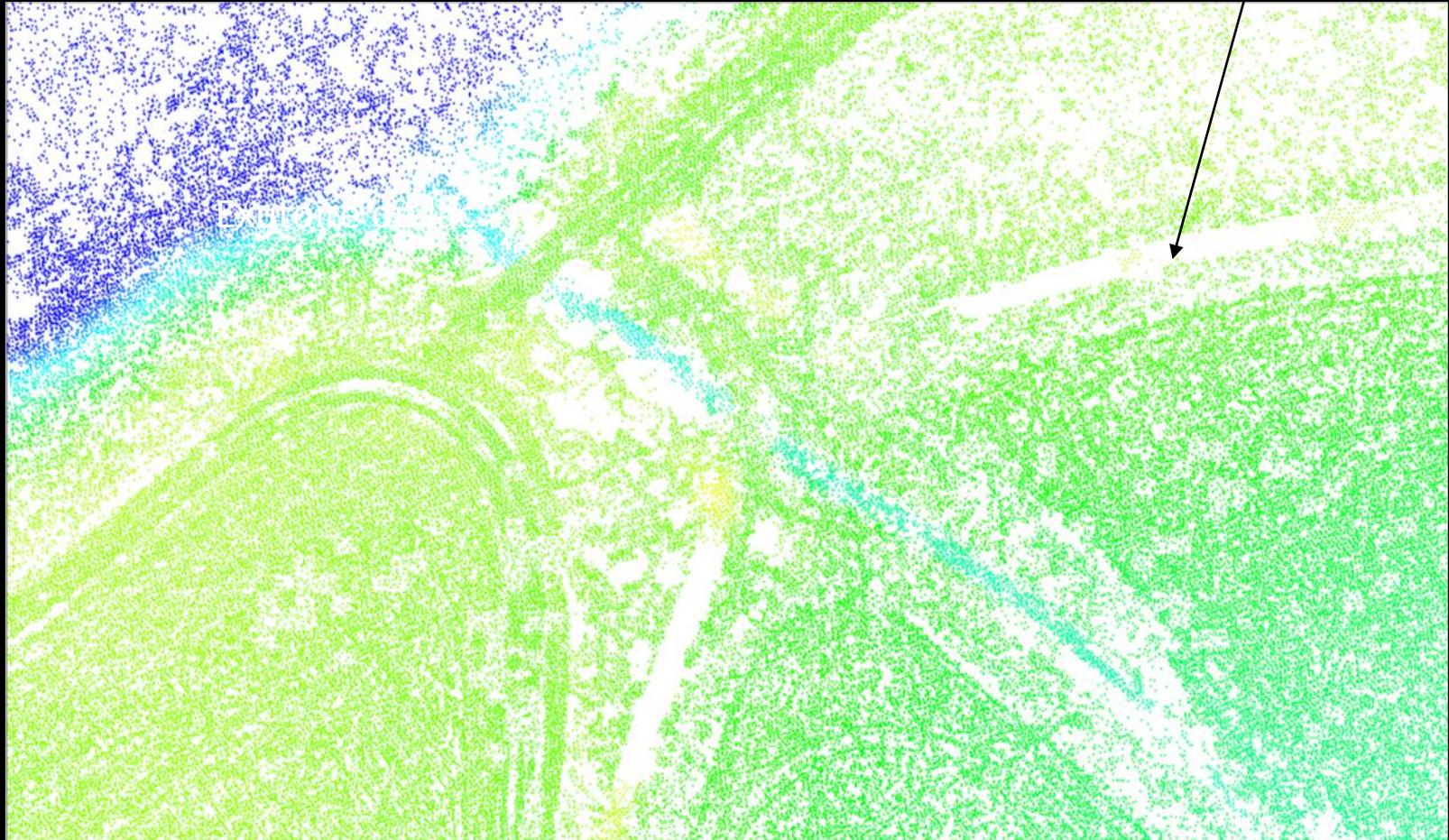
**Une vue 3D après filtrage des points en élévation**



# QUALITE DES DONNEES ?

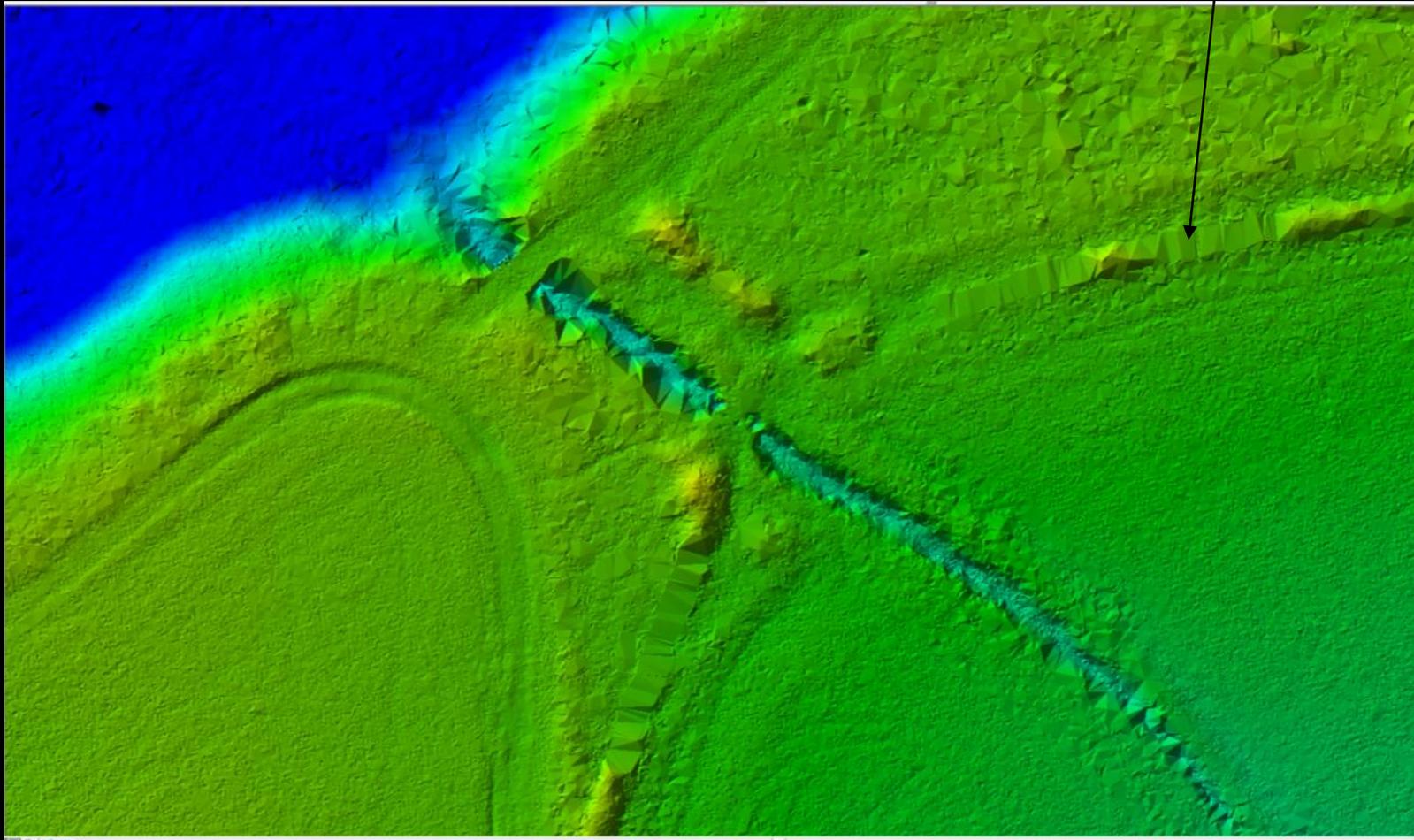
116 400 points (affichage 100 %)

*Mauvaise classification ?*

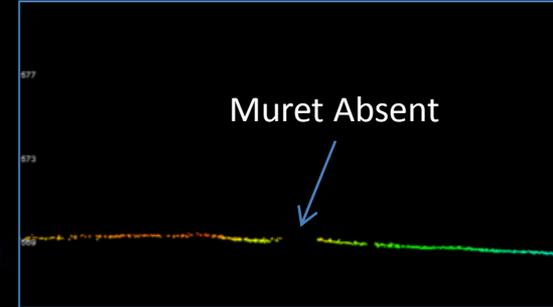
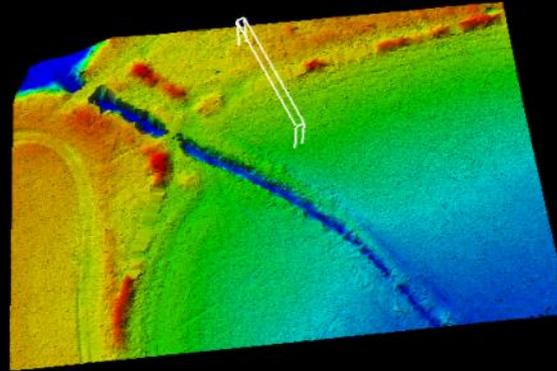
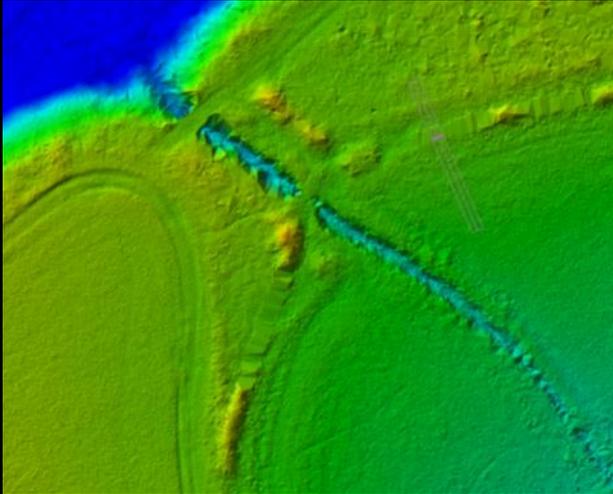


120 m

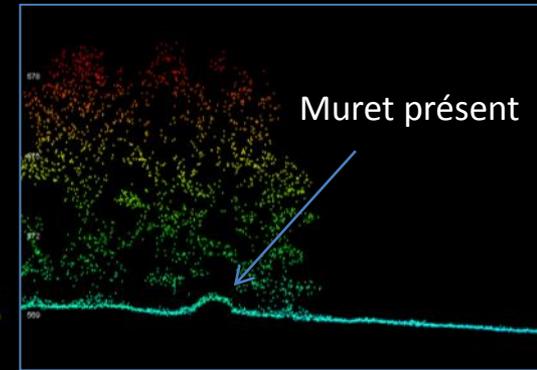
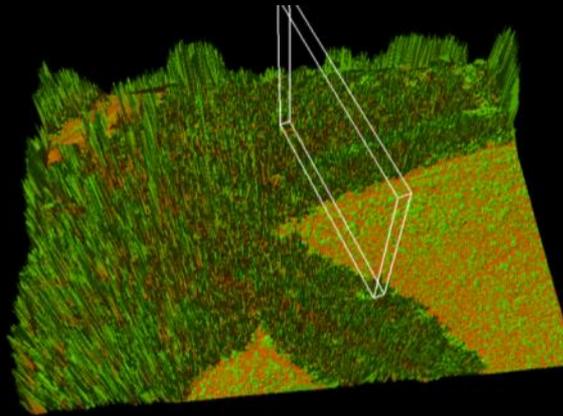
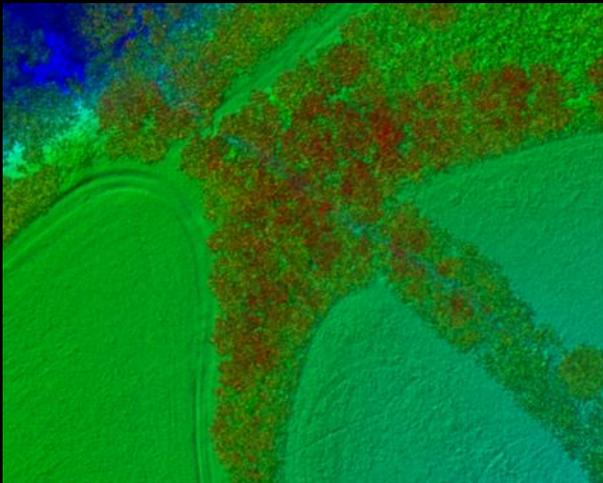
*Mauvaise classification*



points sol

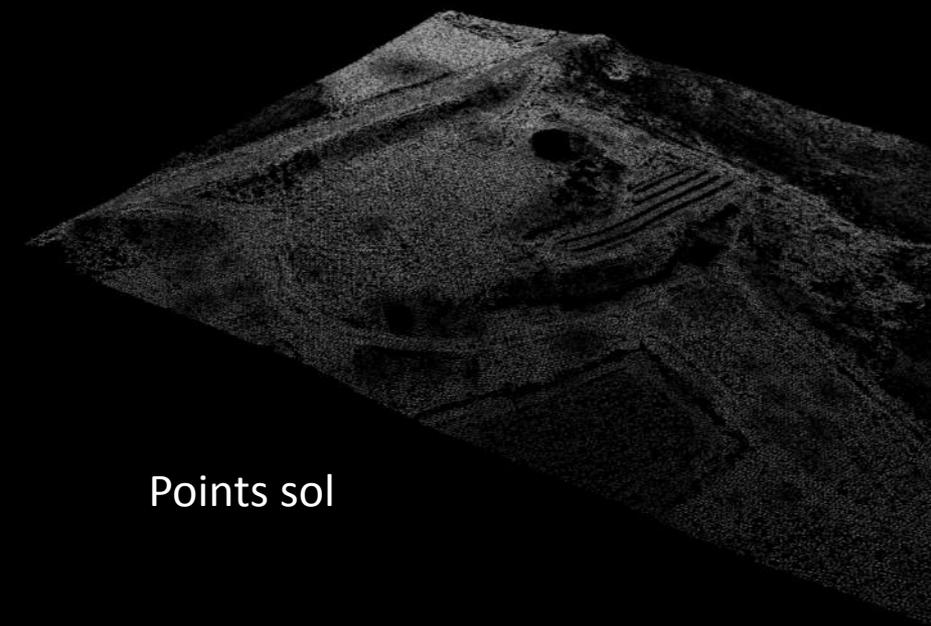
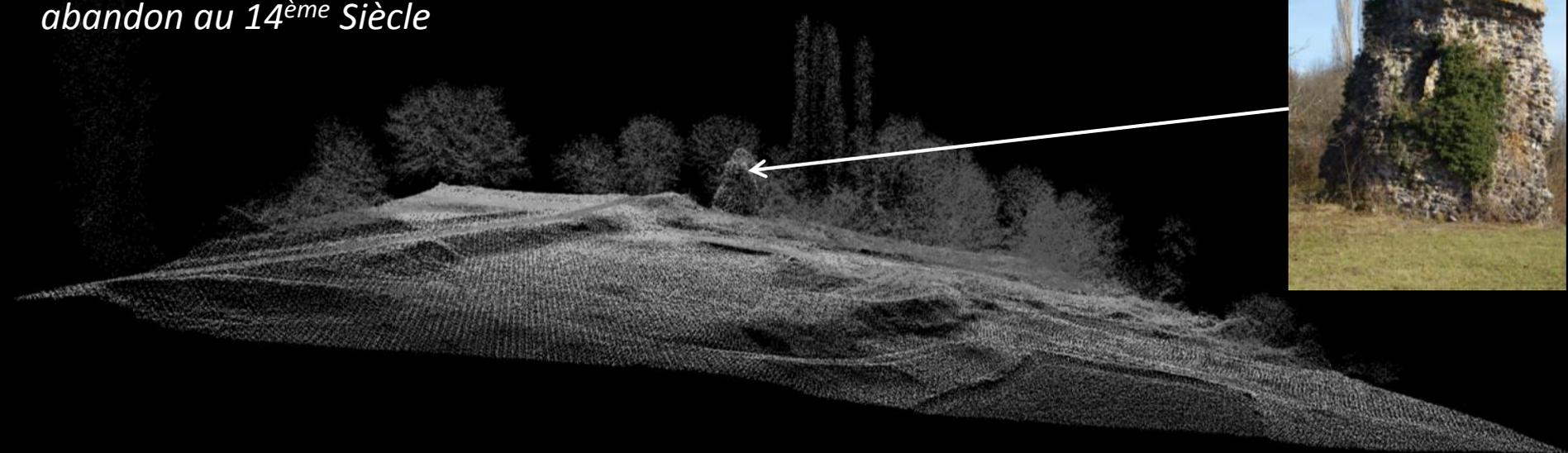


Point s sol + élévation

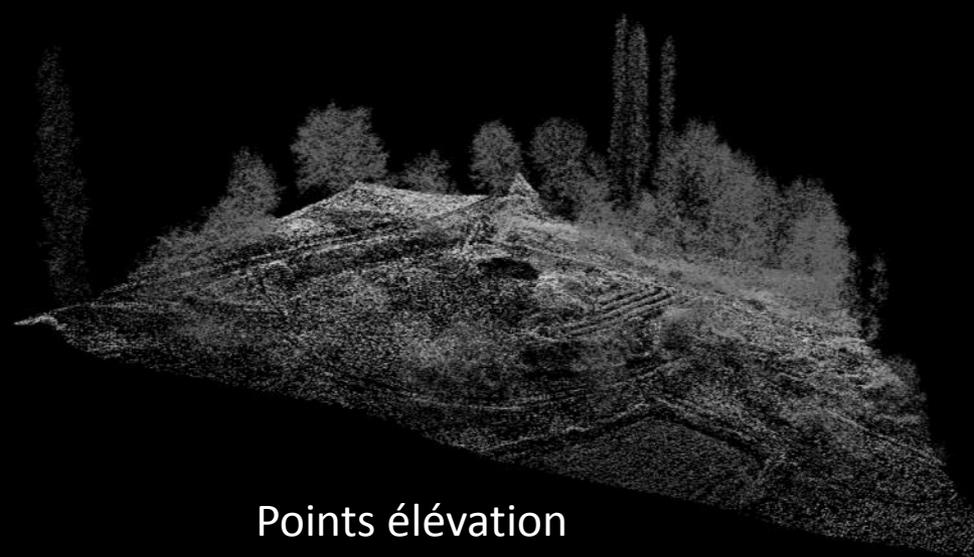


Classification à revoir avec IMAO

Village médiéval de Chalus-Les-Bussières  
*abandon au 14<sup>ème</sup> Siècle*

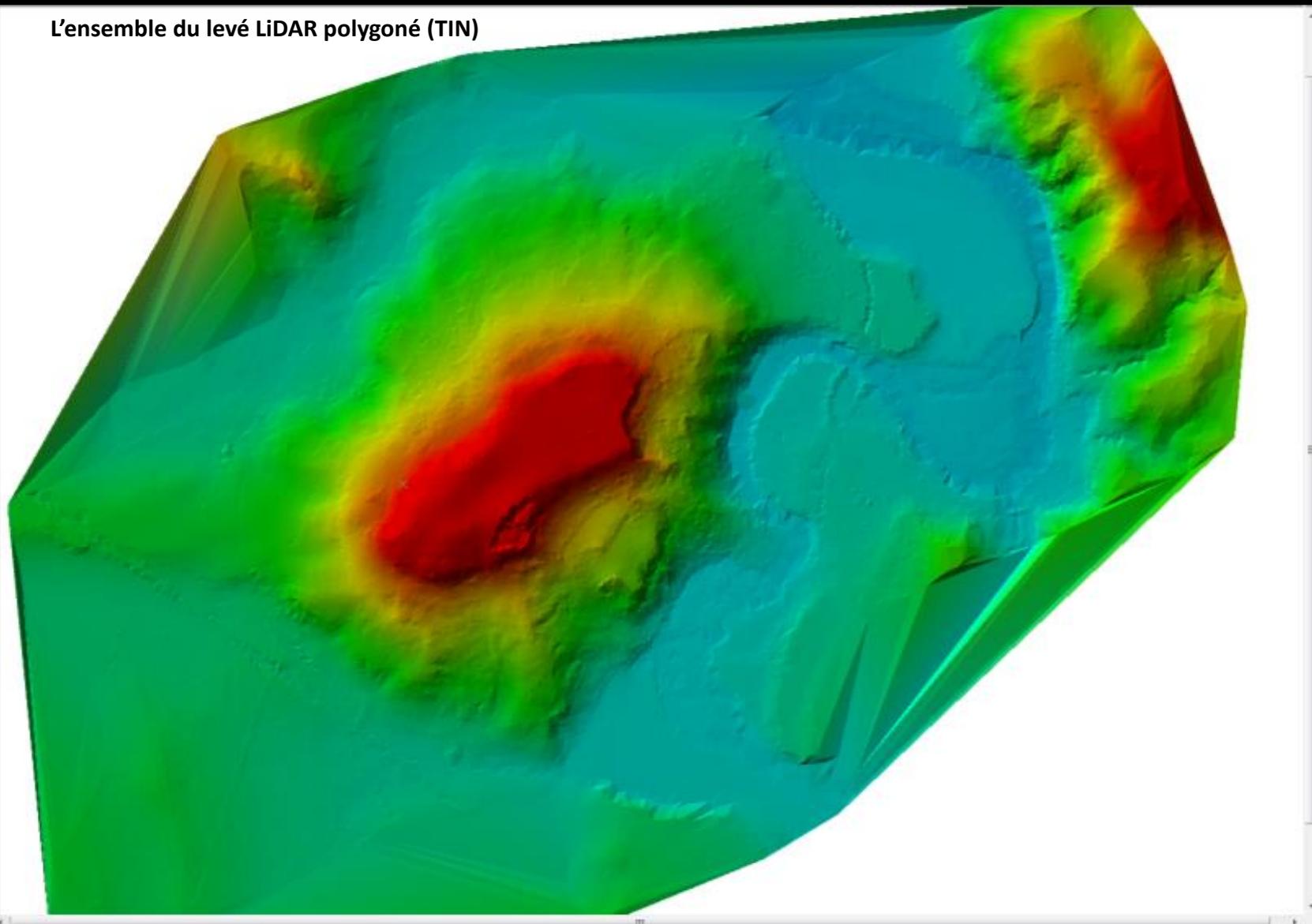


Points sol



Points élévation

L'ensemble du levé LiDAR polygoné (TIN)

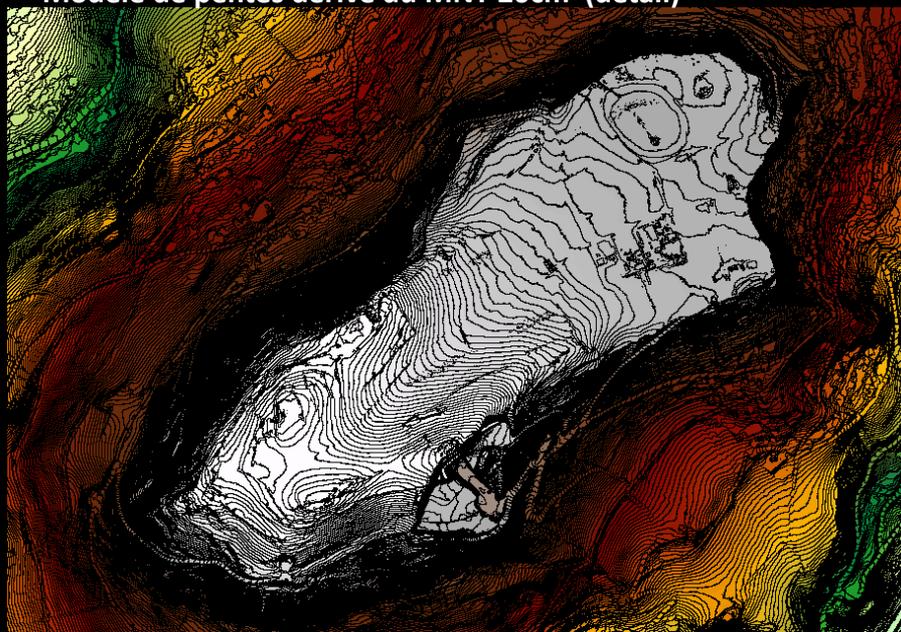




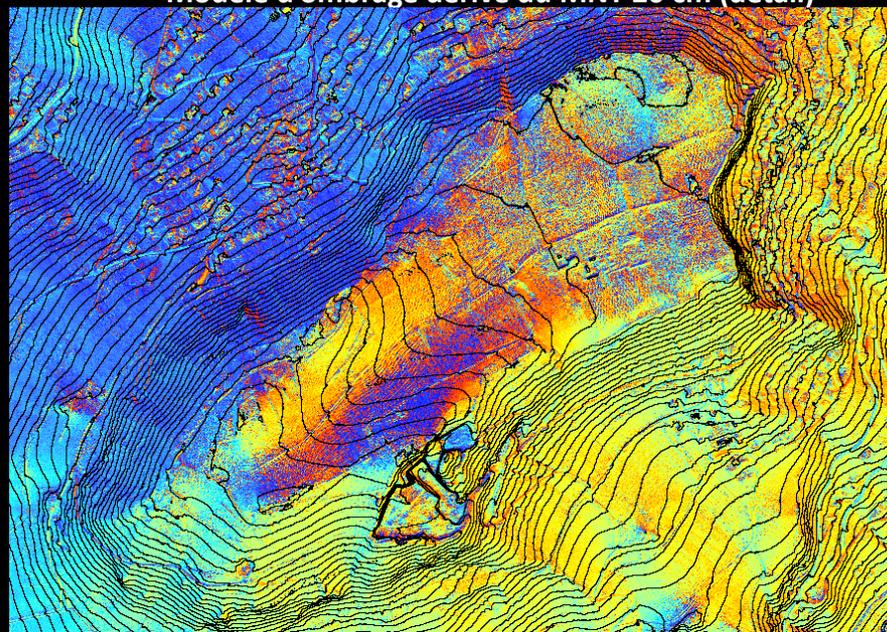
Modèle de pentes dérivé du MNT 20cm (détail)



Modèle d'ombrage dérivé du MNT 20 cm (détail)



CN 1m dérivées du MNT 20 cm (détail)



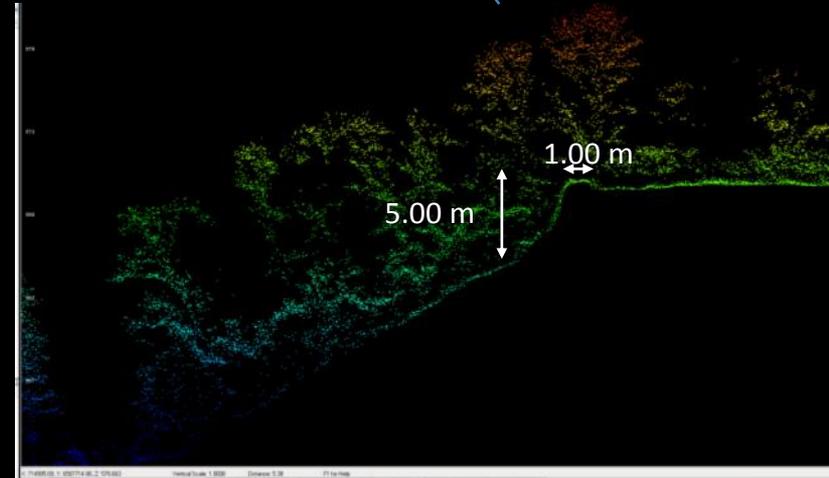
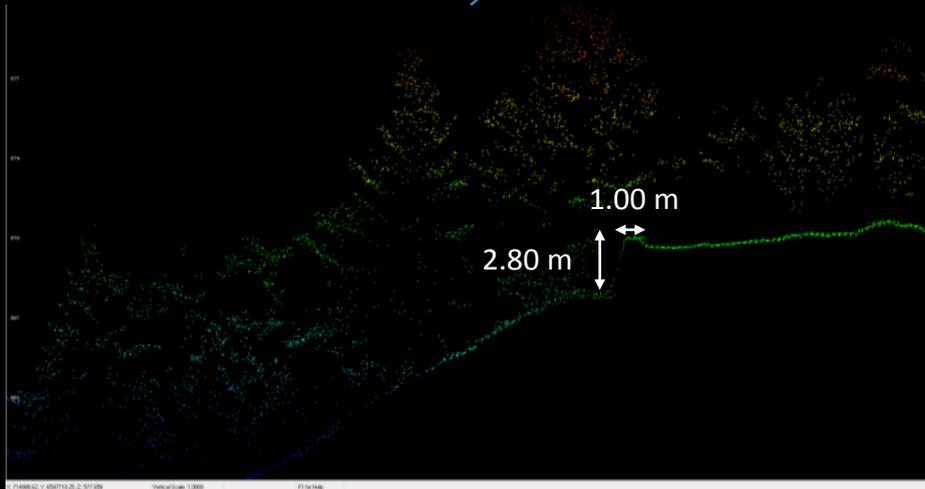
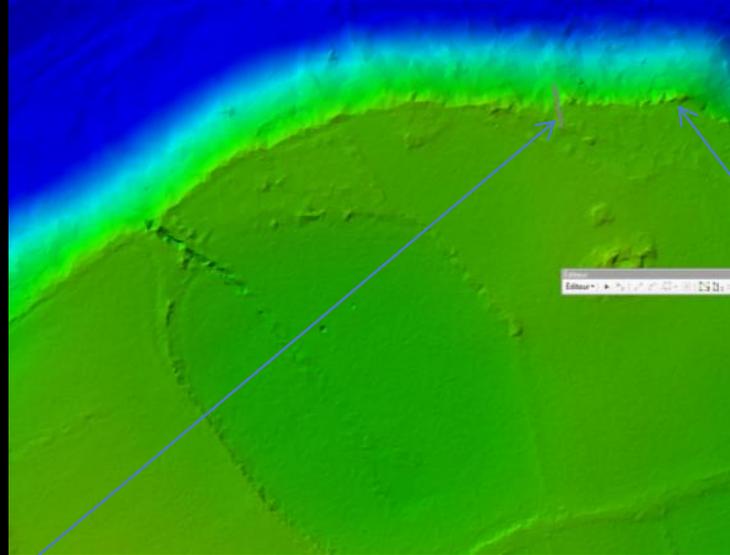
Modèle d'orientation dérivé du MNT 20 cm (détail)

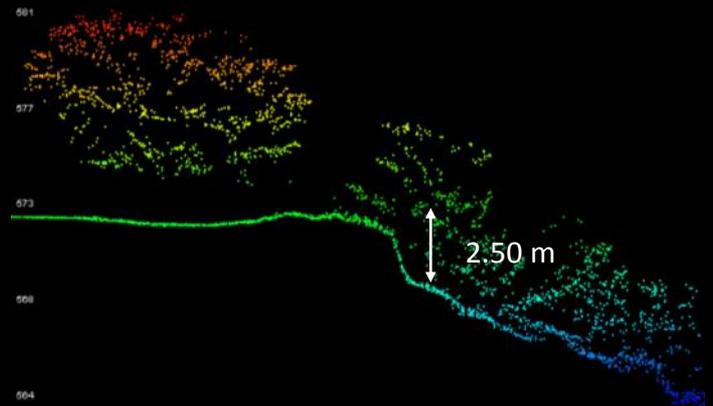
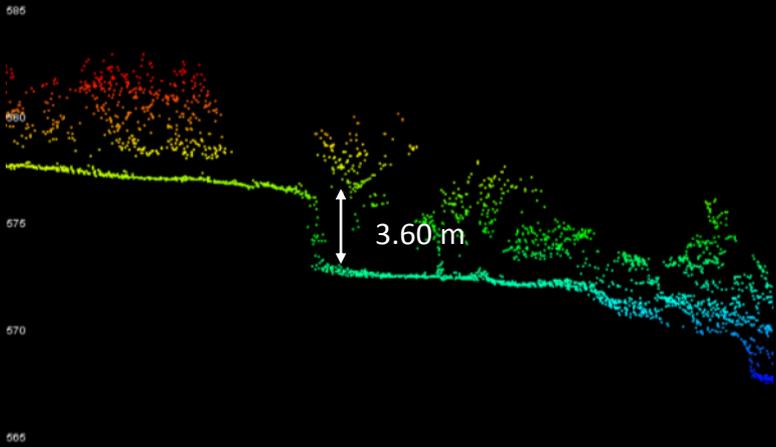
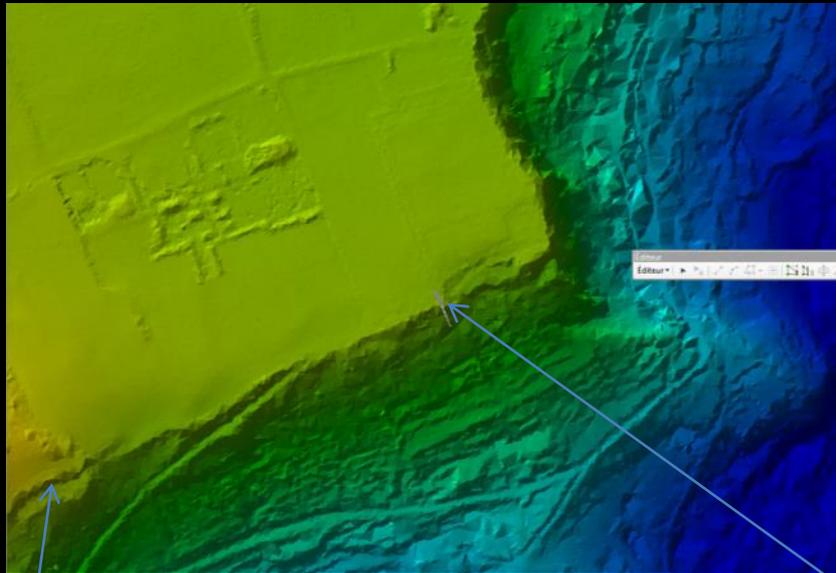
**Contraite: limite des capacités des logiciels (CN 20 cm...): travail par secteurs**

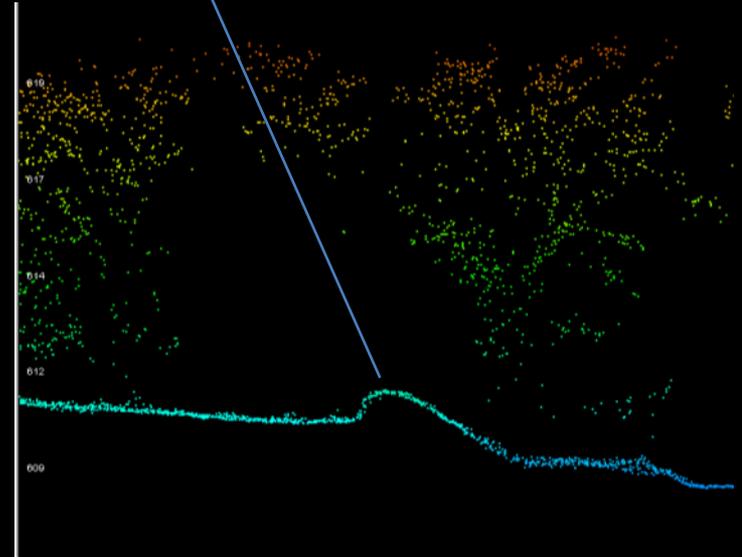
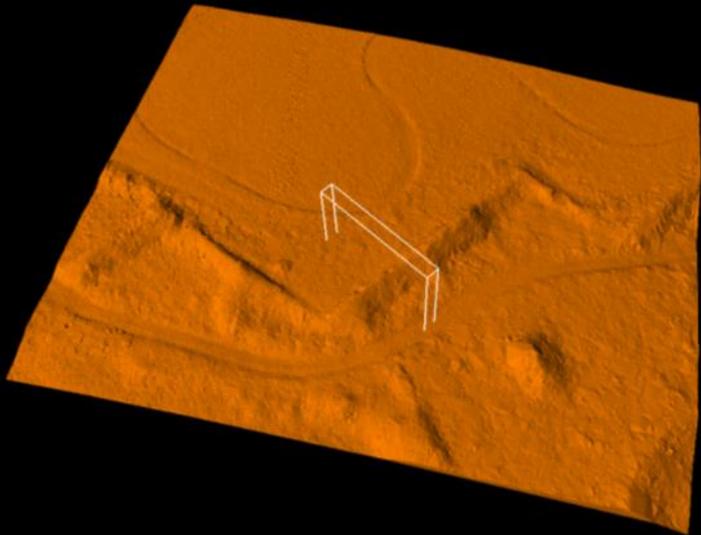
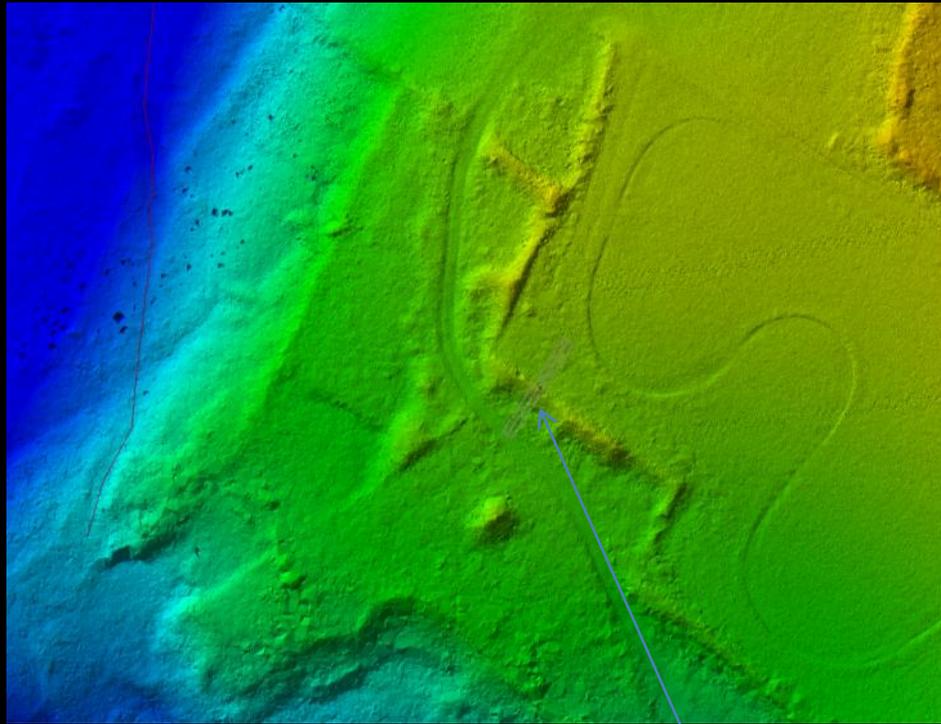
I/ Apport du LiDAR pour la détection et la lecture des vestiges anthropiques

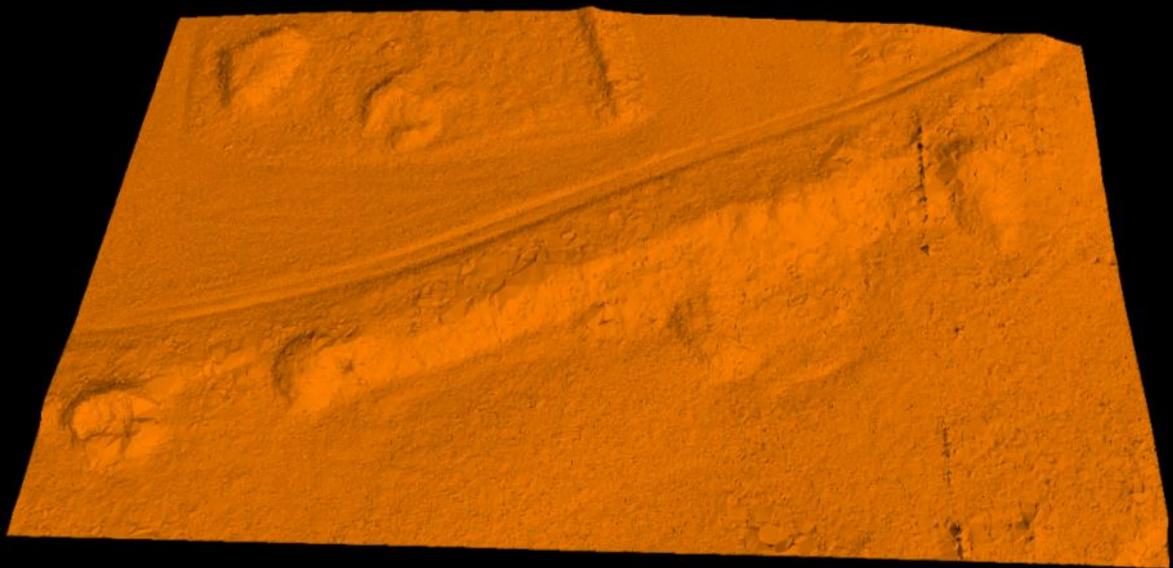
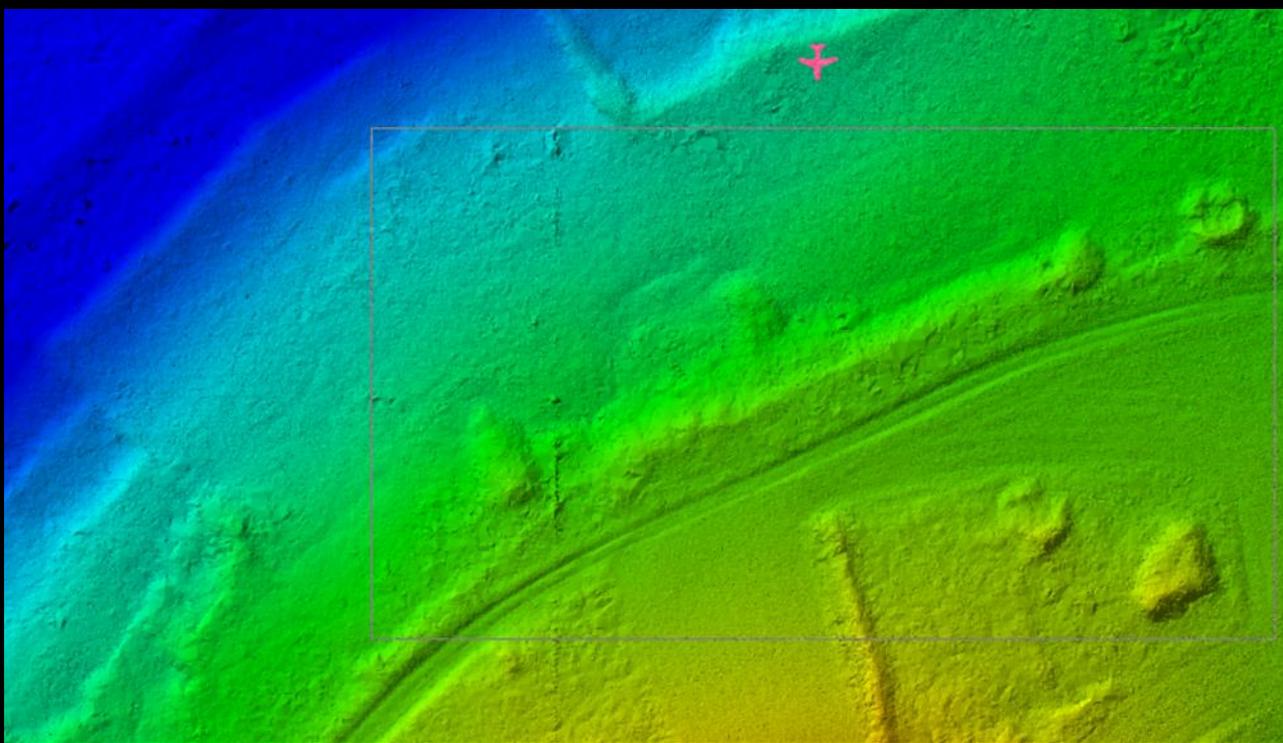
# Plateau et rebords du plateau

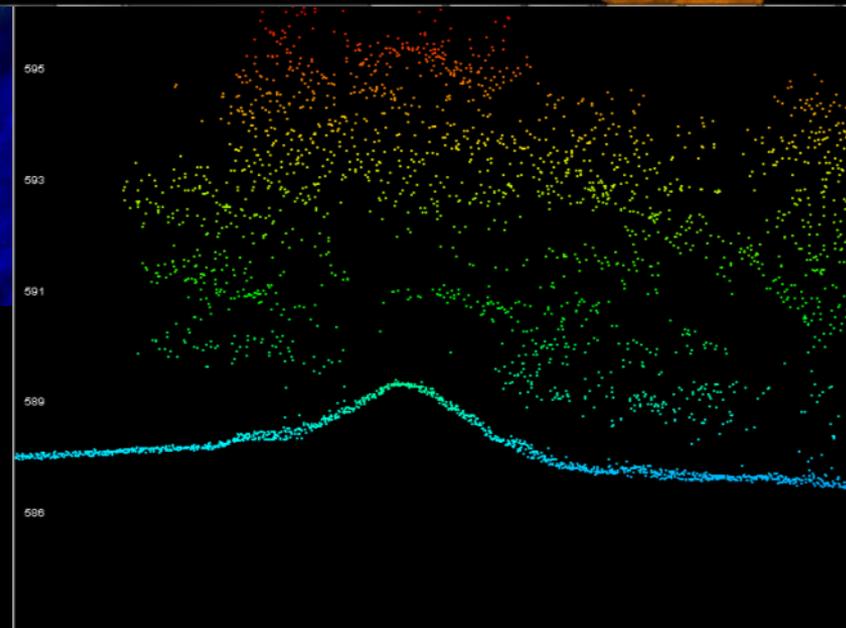
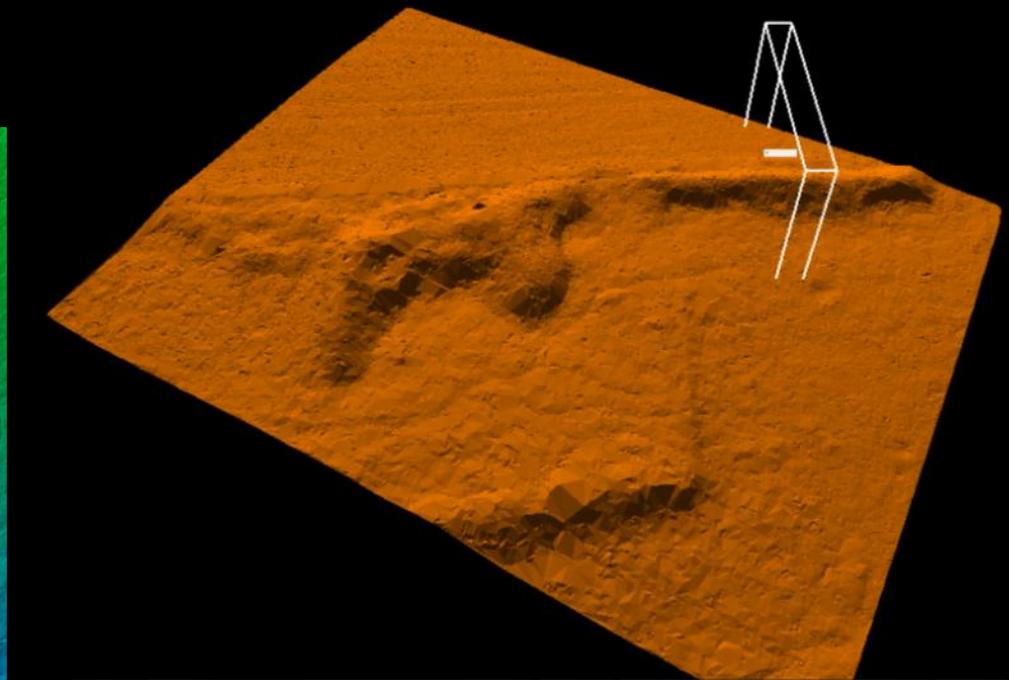
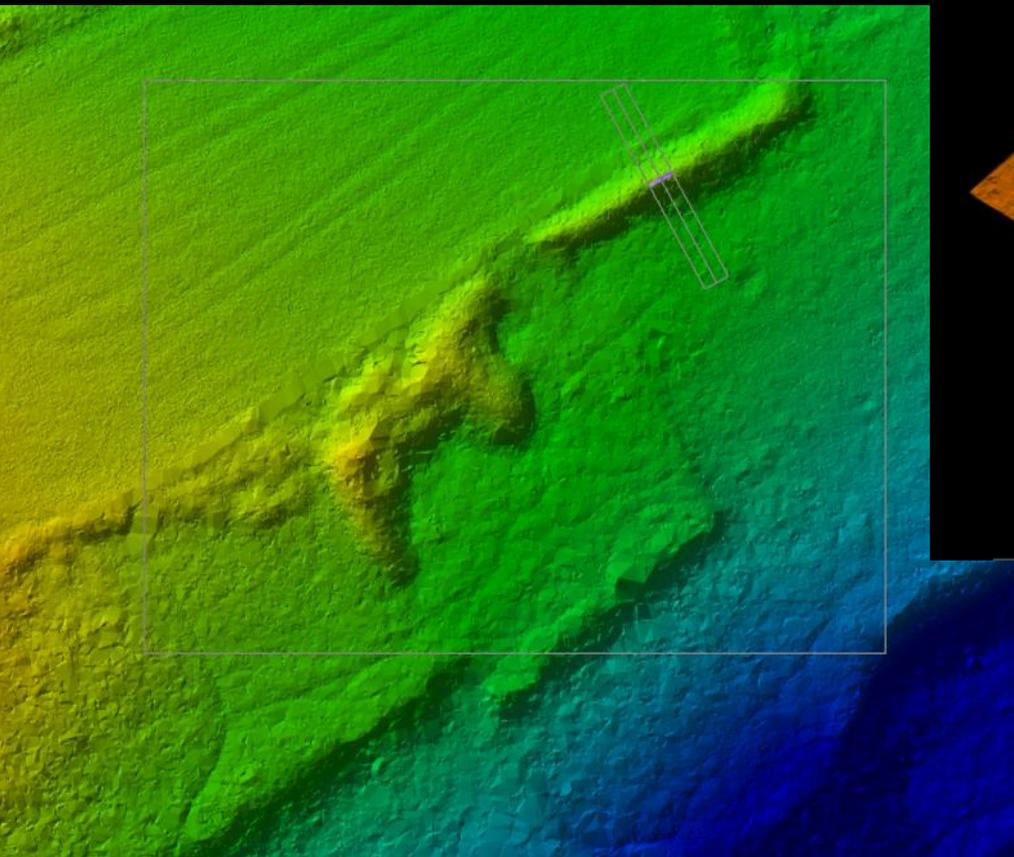
Des ouvrages de défense ?











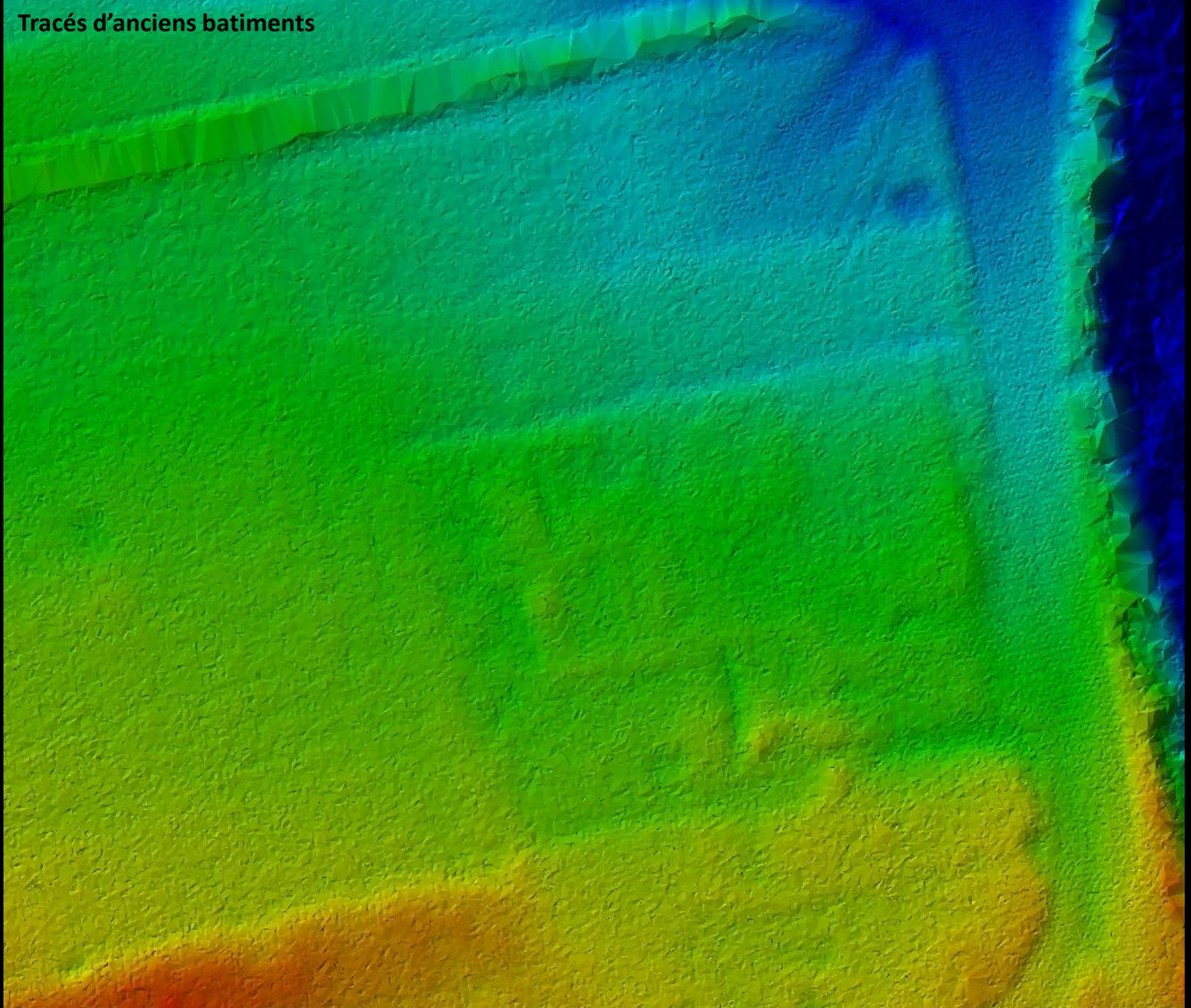
X: 714584.60, Y: 6507036.28, Z: 591.460

Vertical Scale: 1.0000

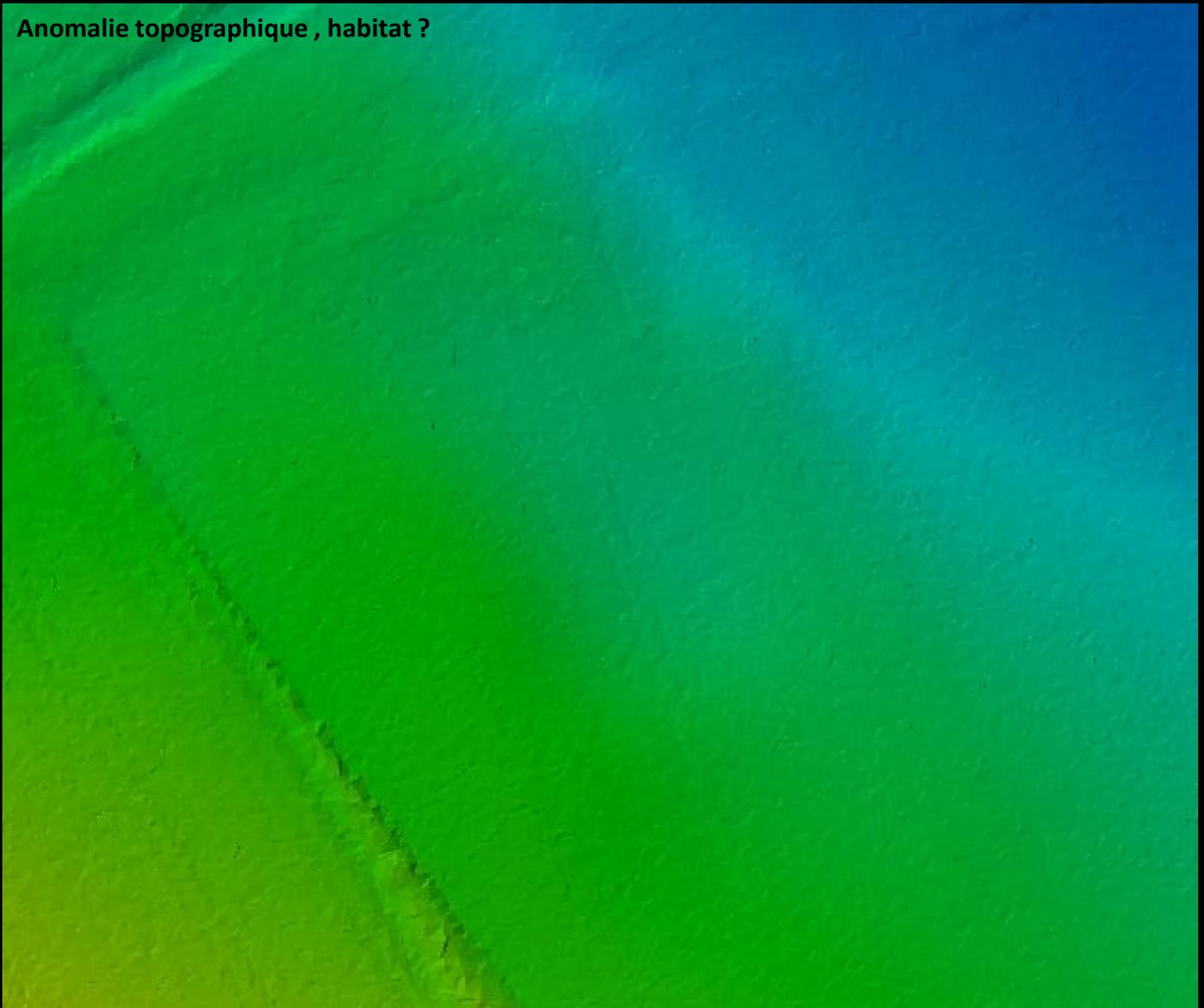
Distance: 2.61

F1 for Help

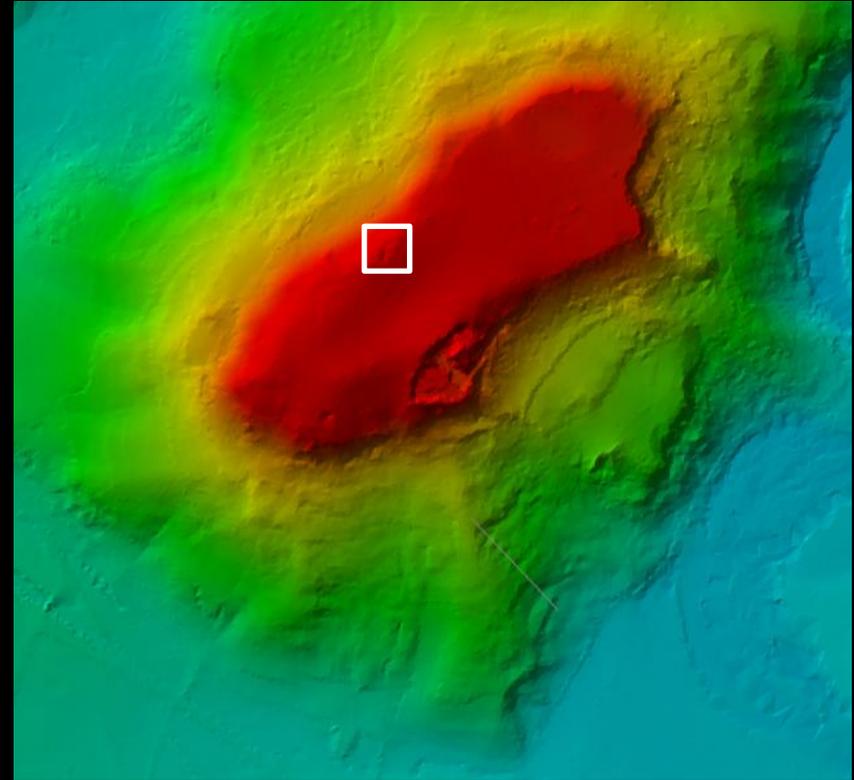
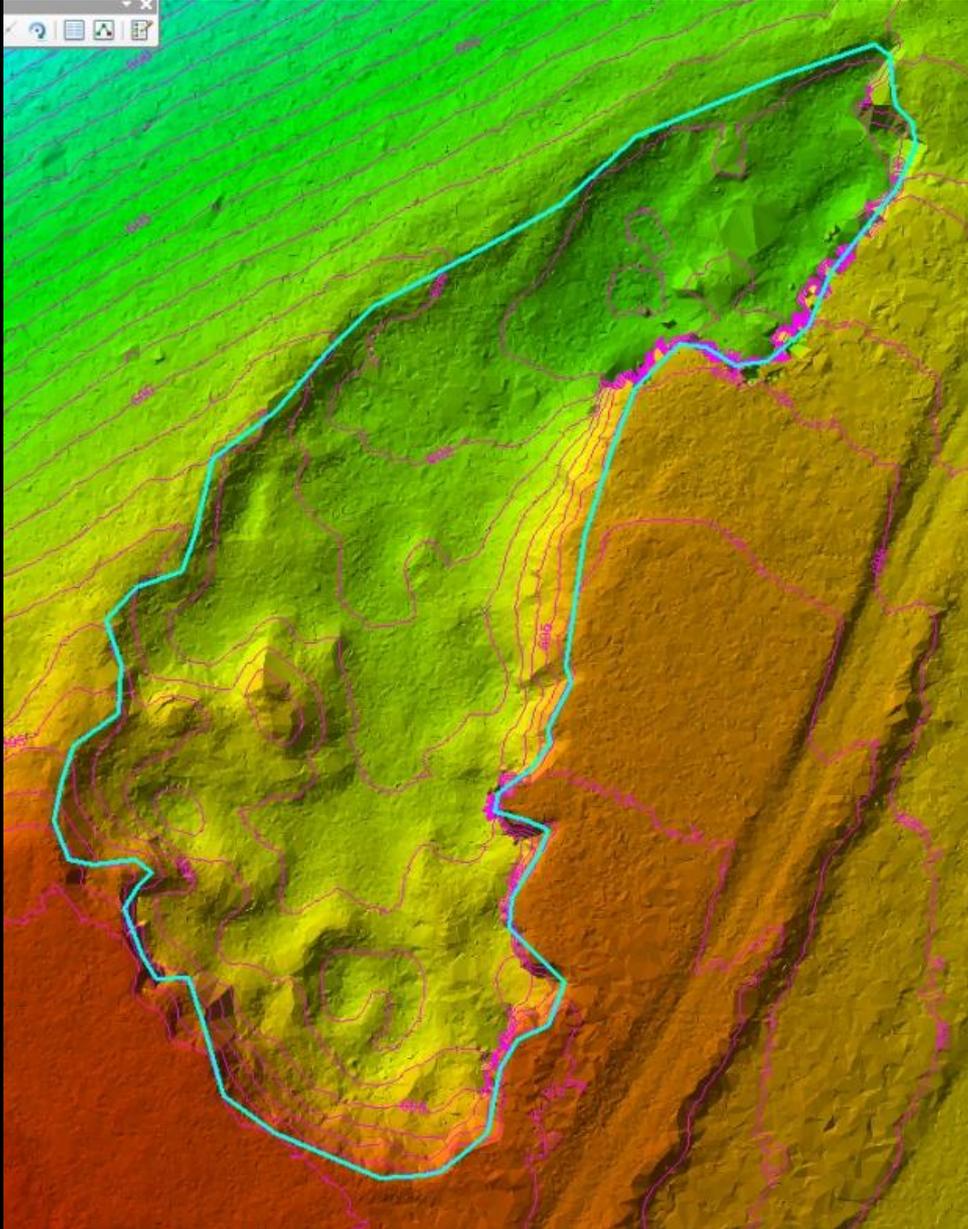
# Tracés d'anciens batiments



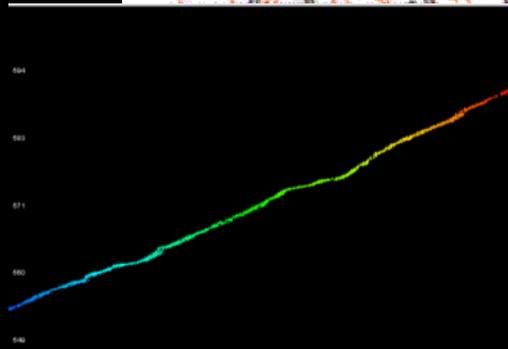
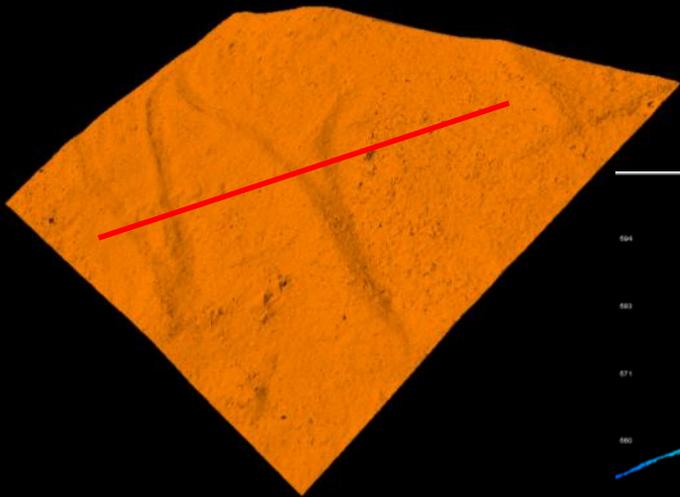
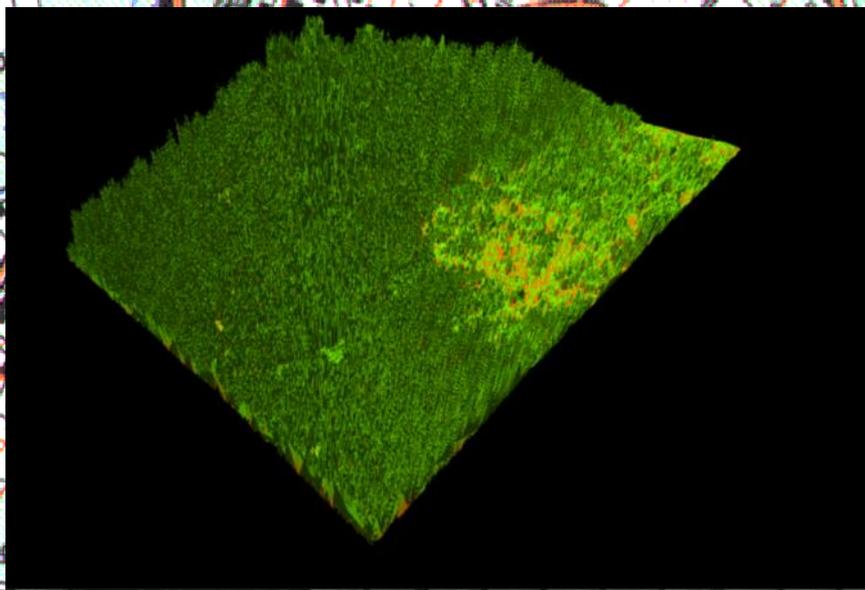
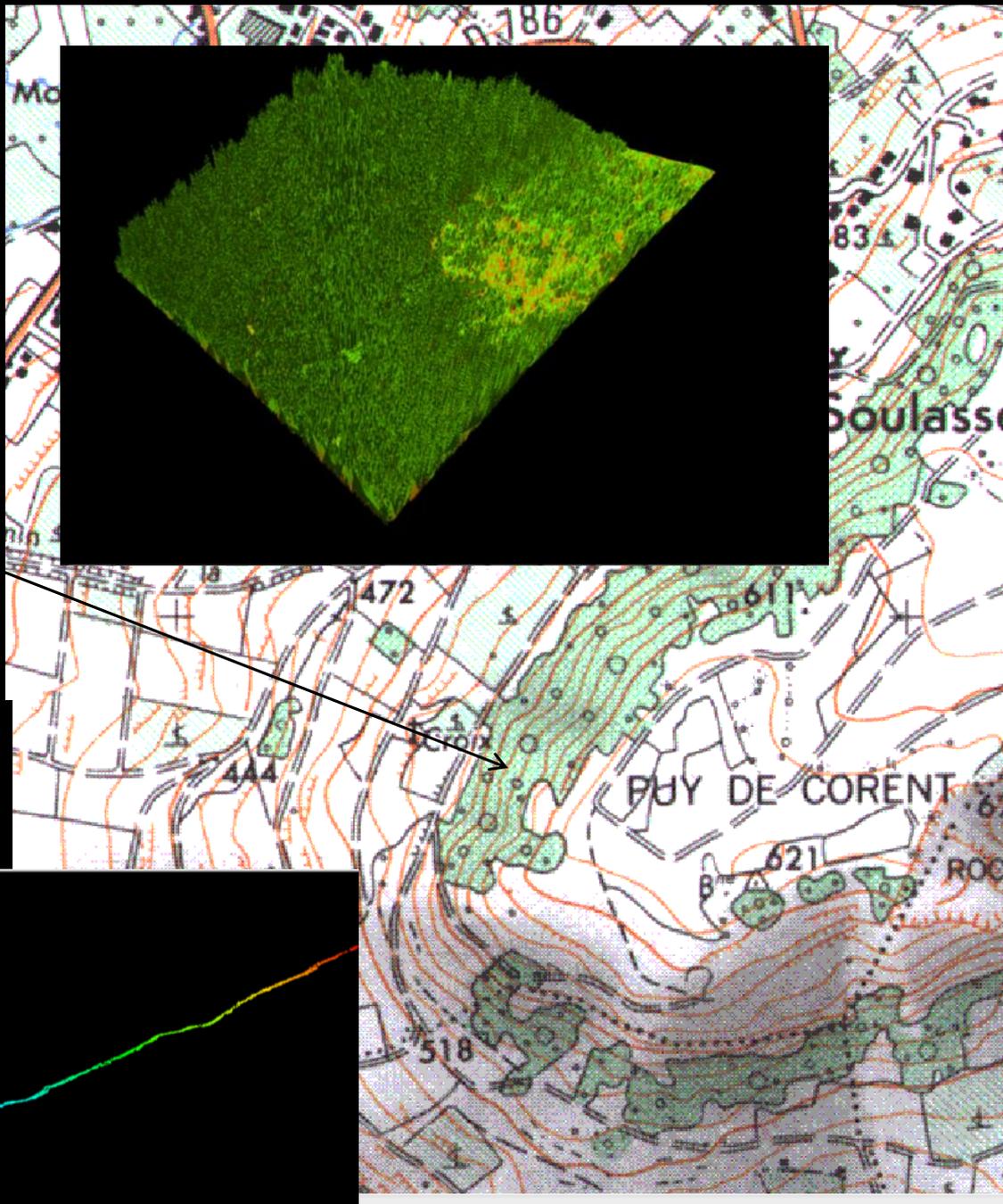
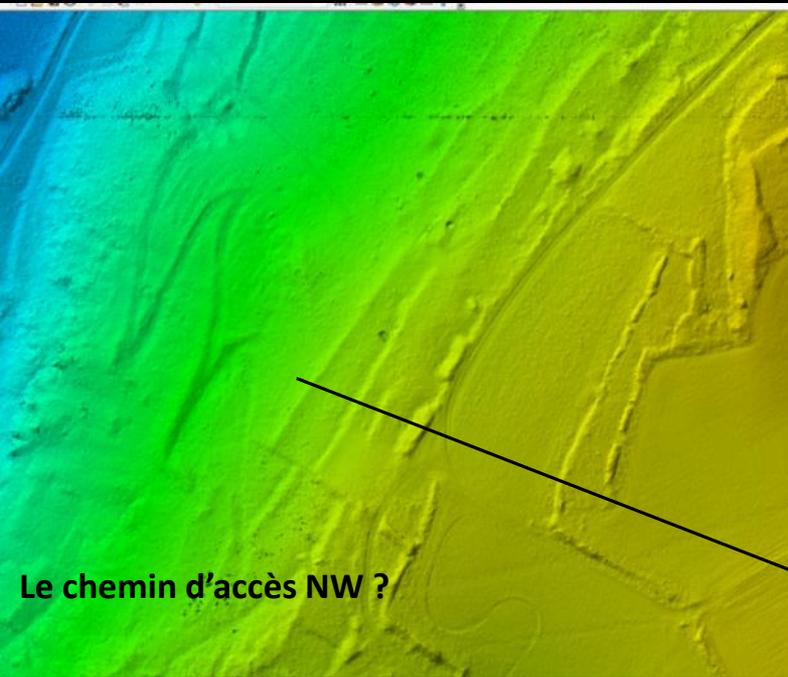
Anomalie topographique , habitat ?

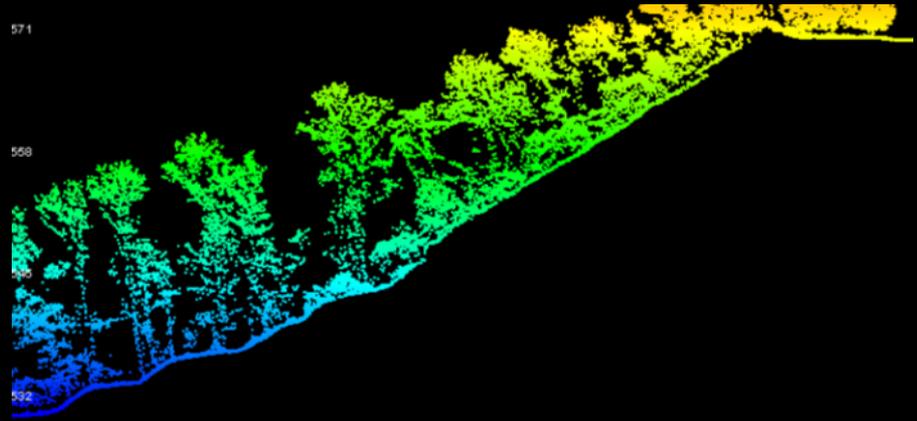
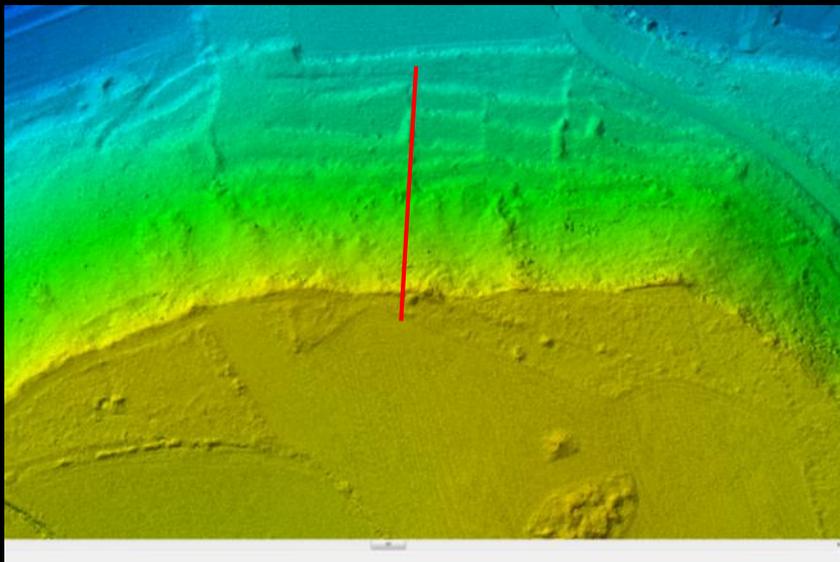
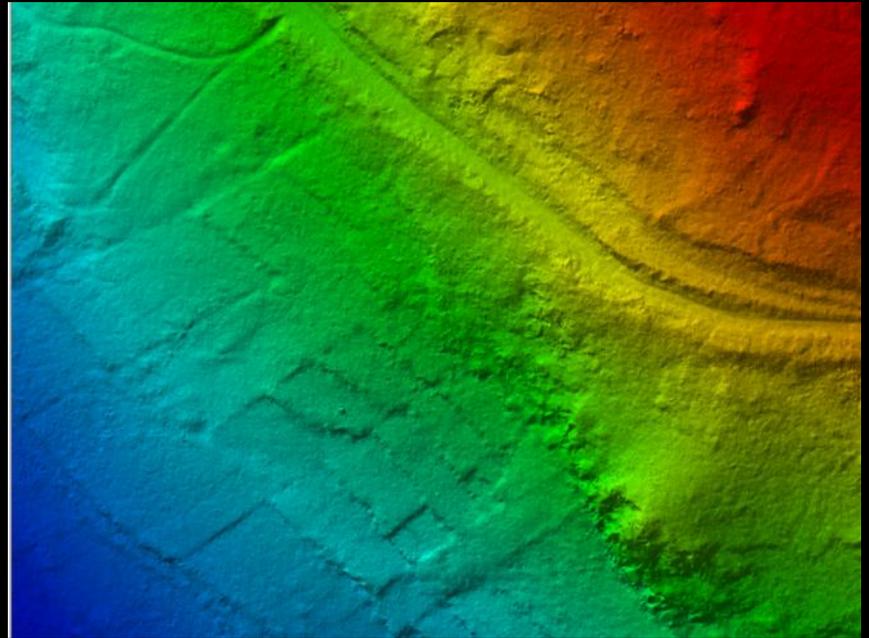
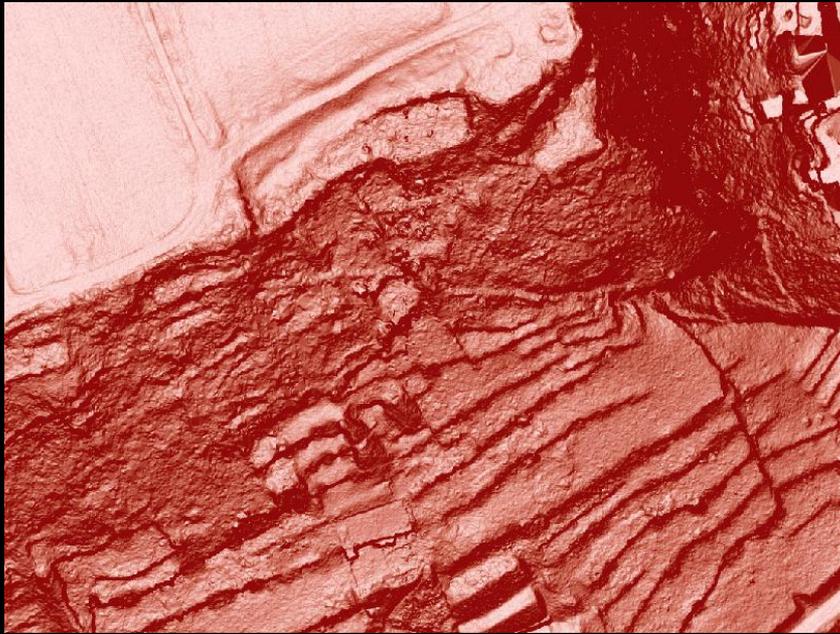


## Ancienne carrière

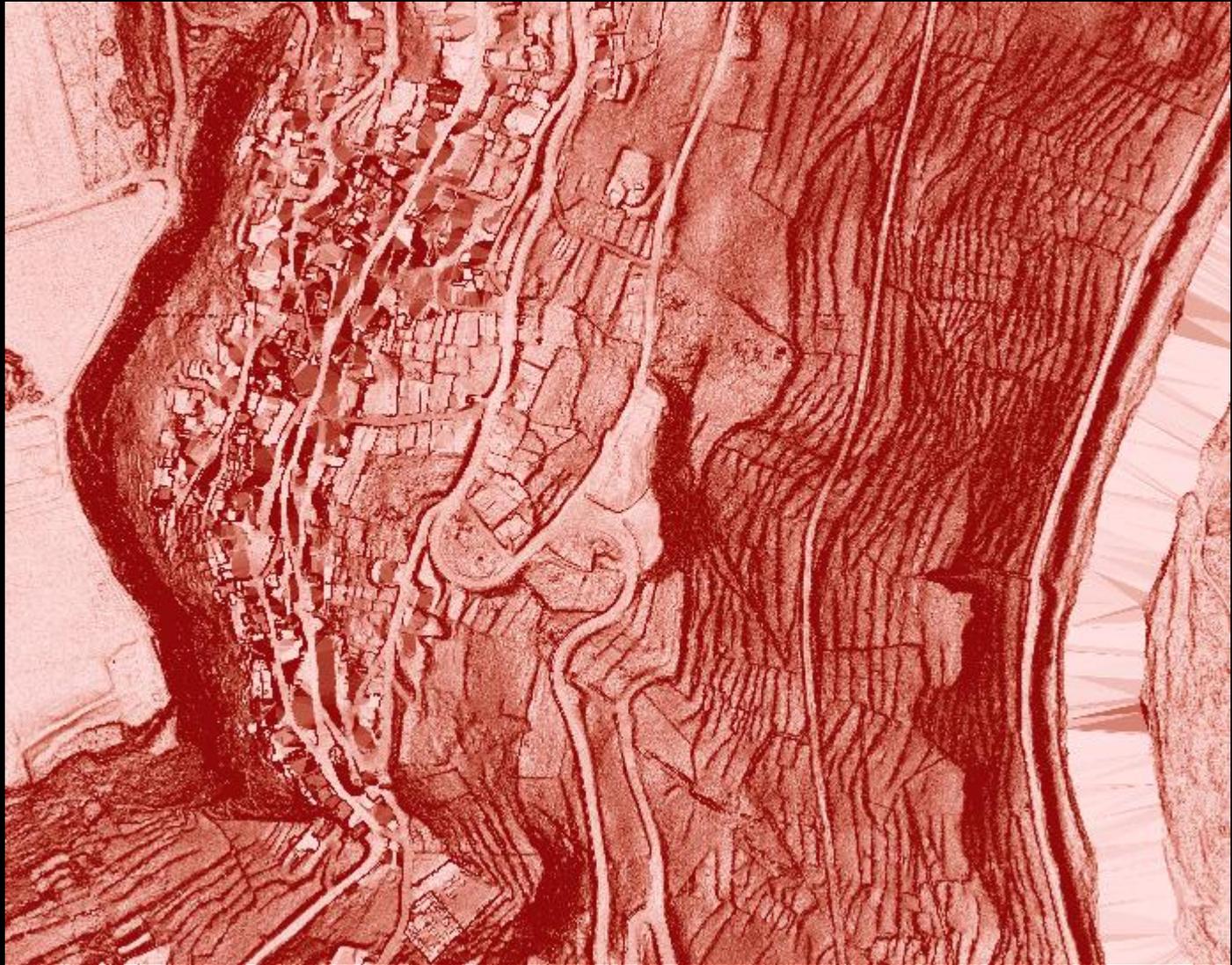


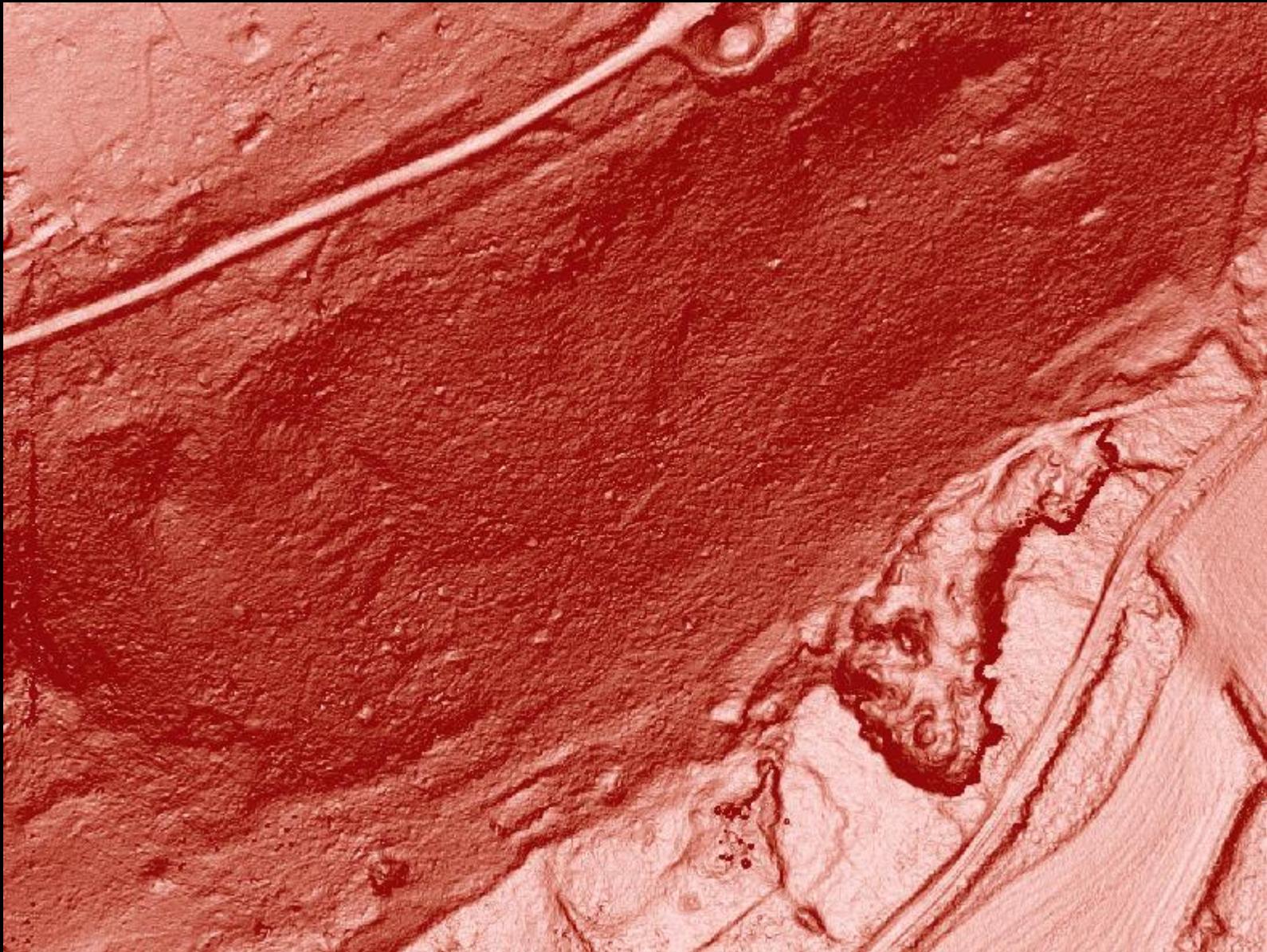
Surface : 1905 m  
Périmètre : 230 m  
Volume : 9810 m<sup>3</sup>

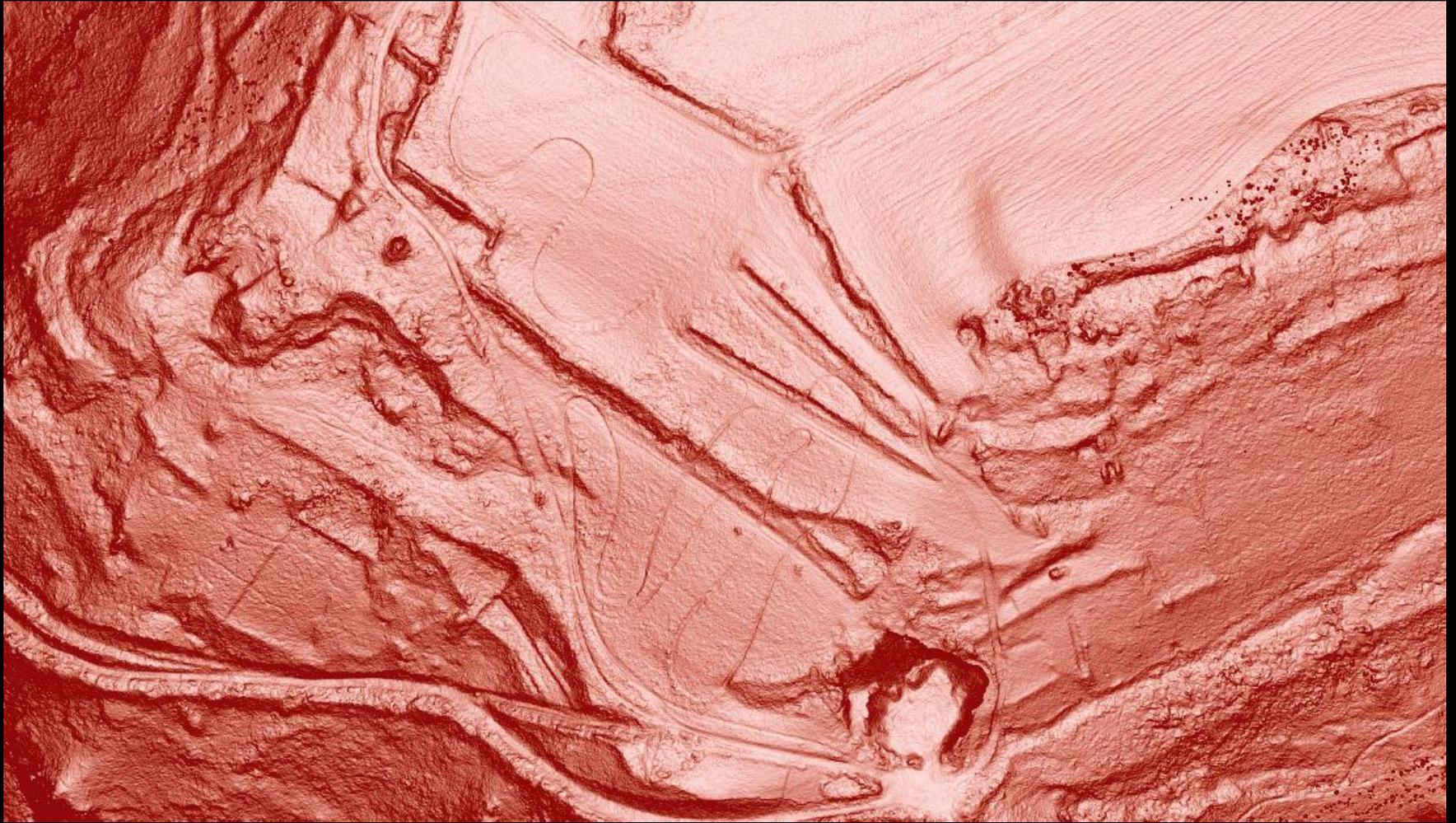


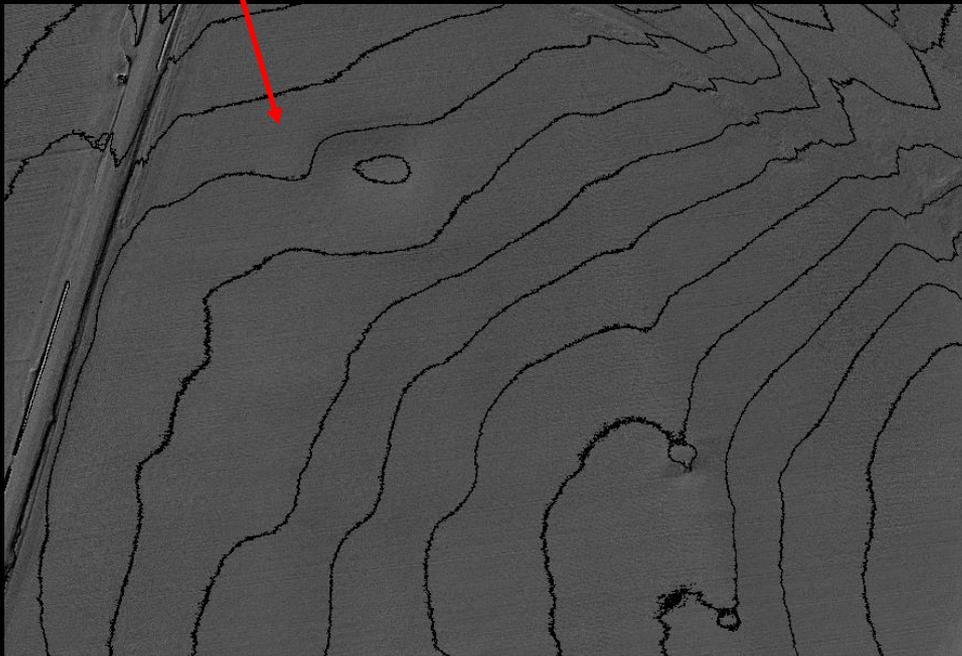
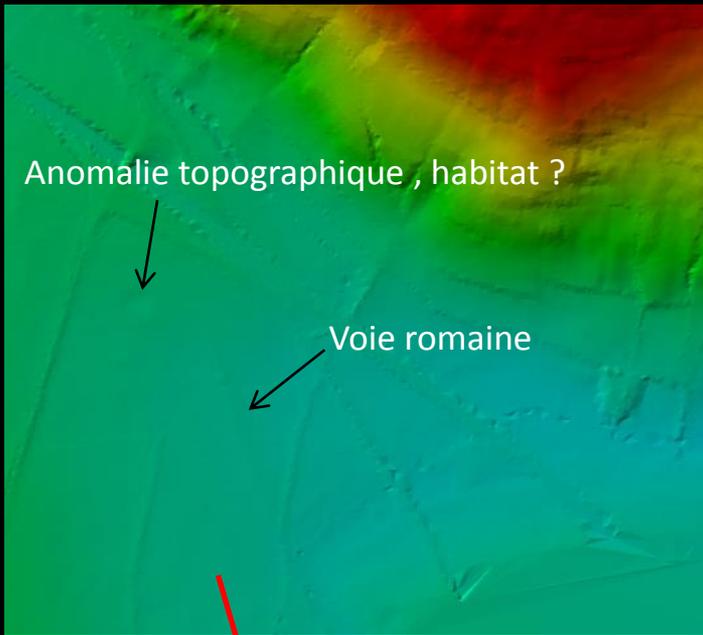




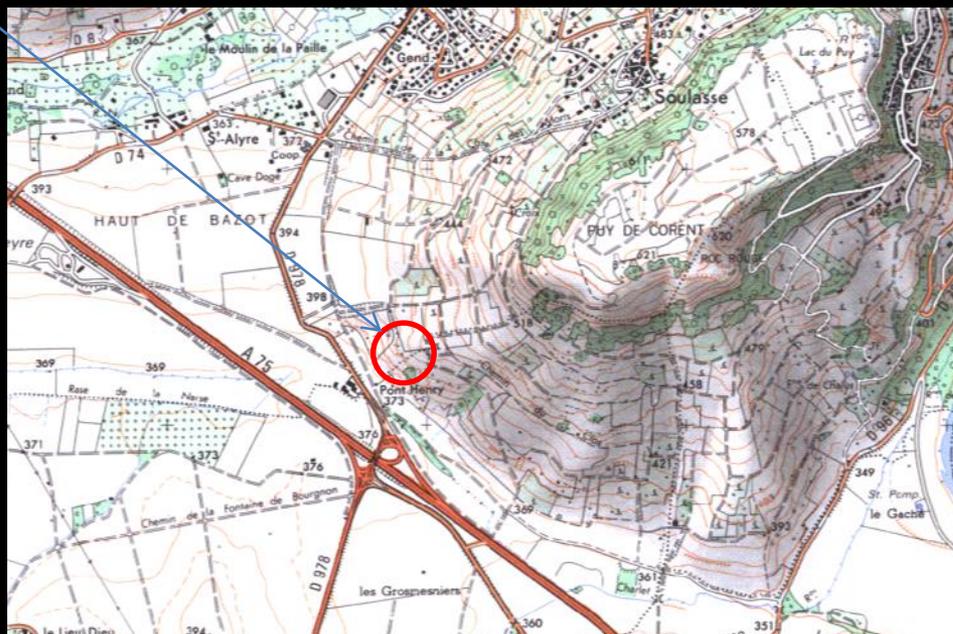
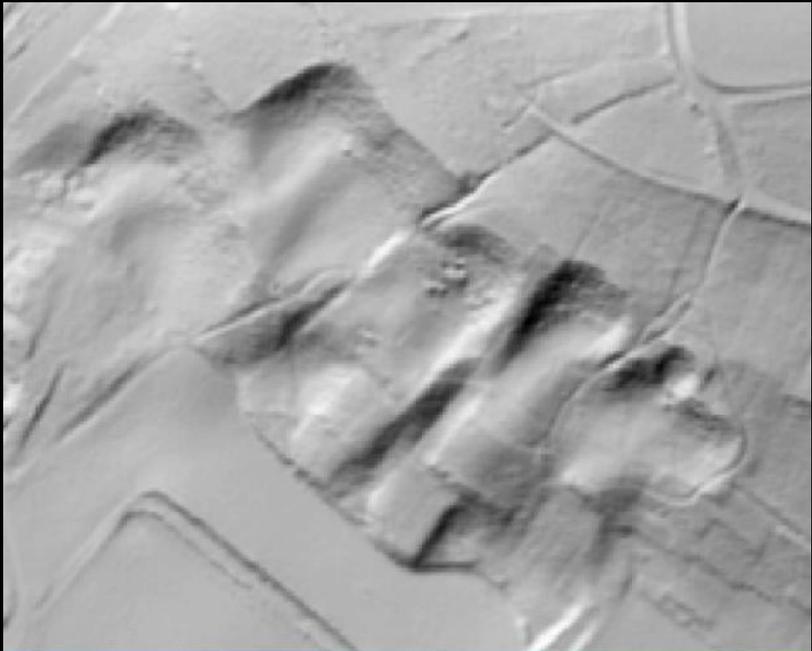


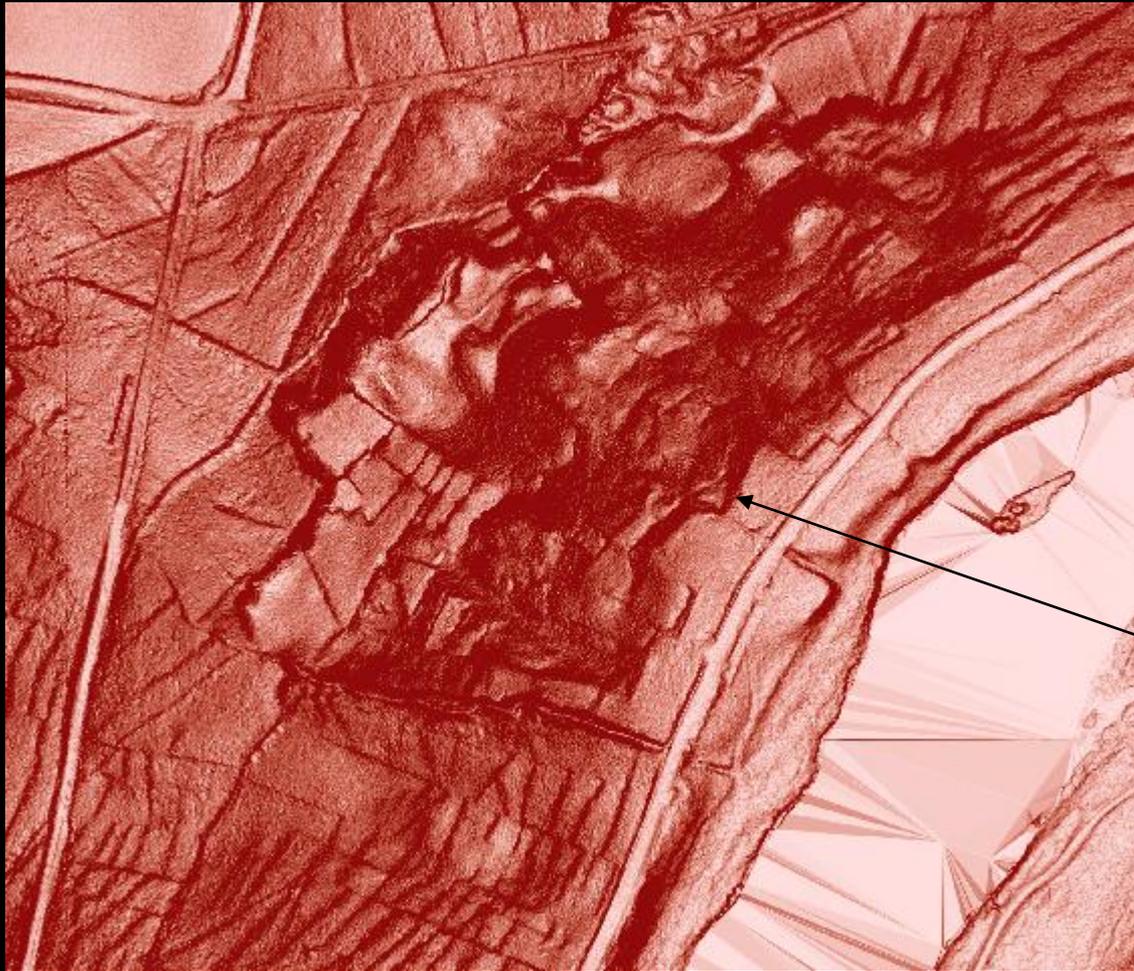




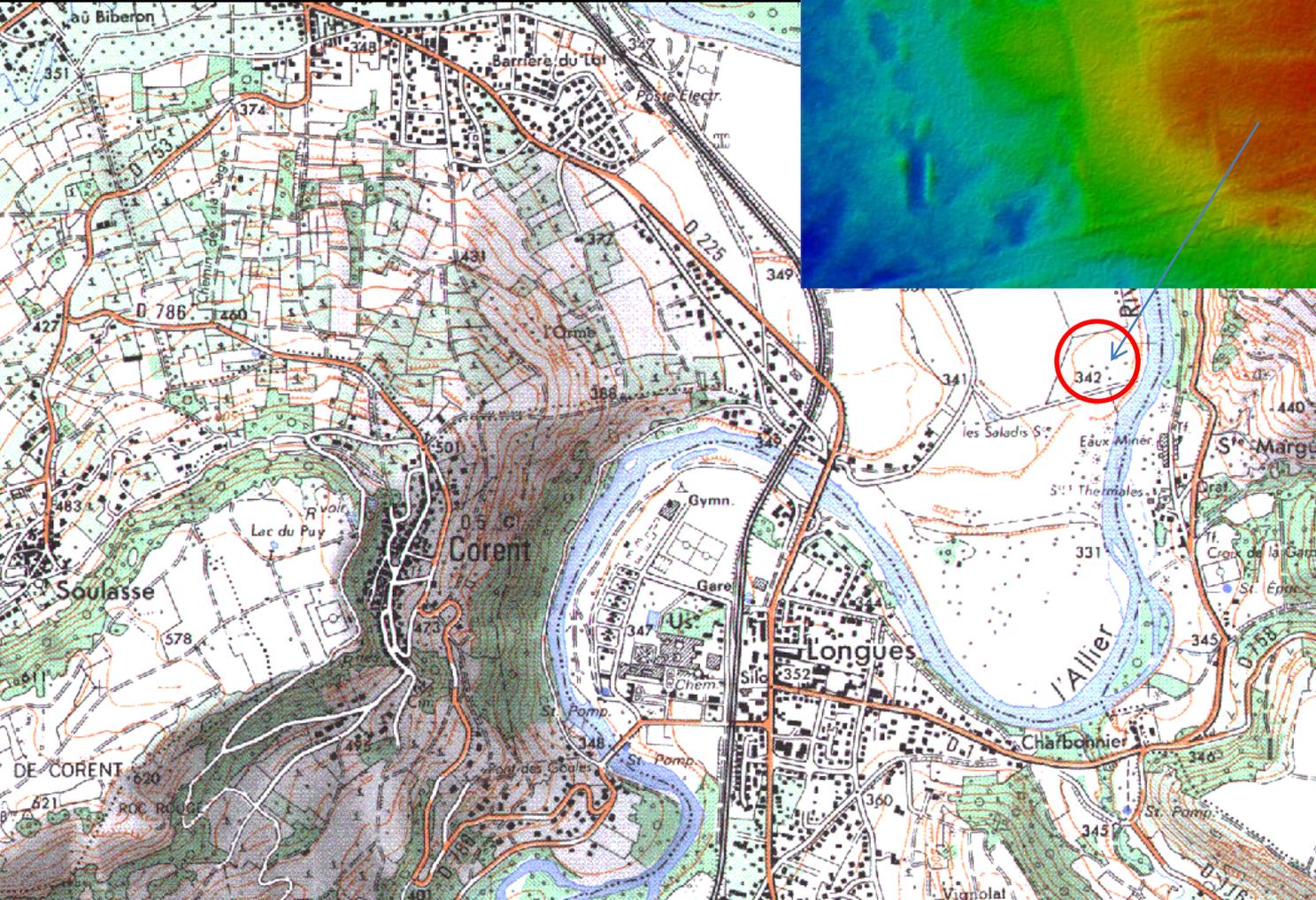
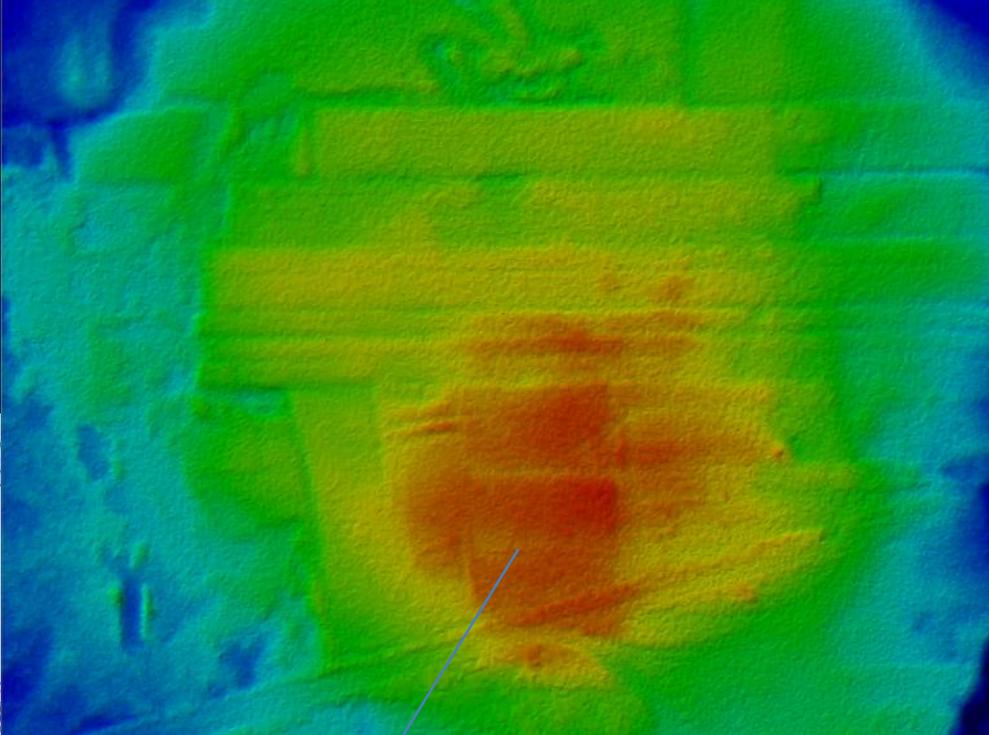


# Ancienne carrière ?

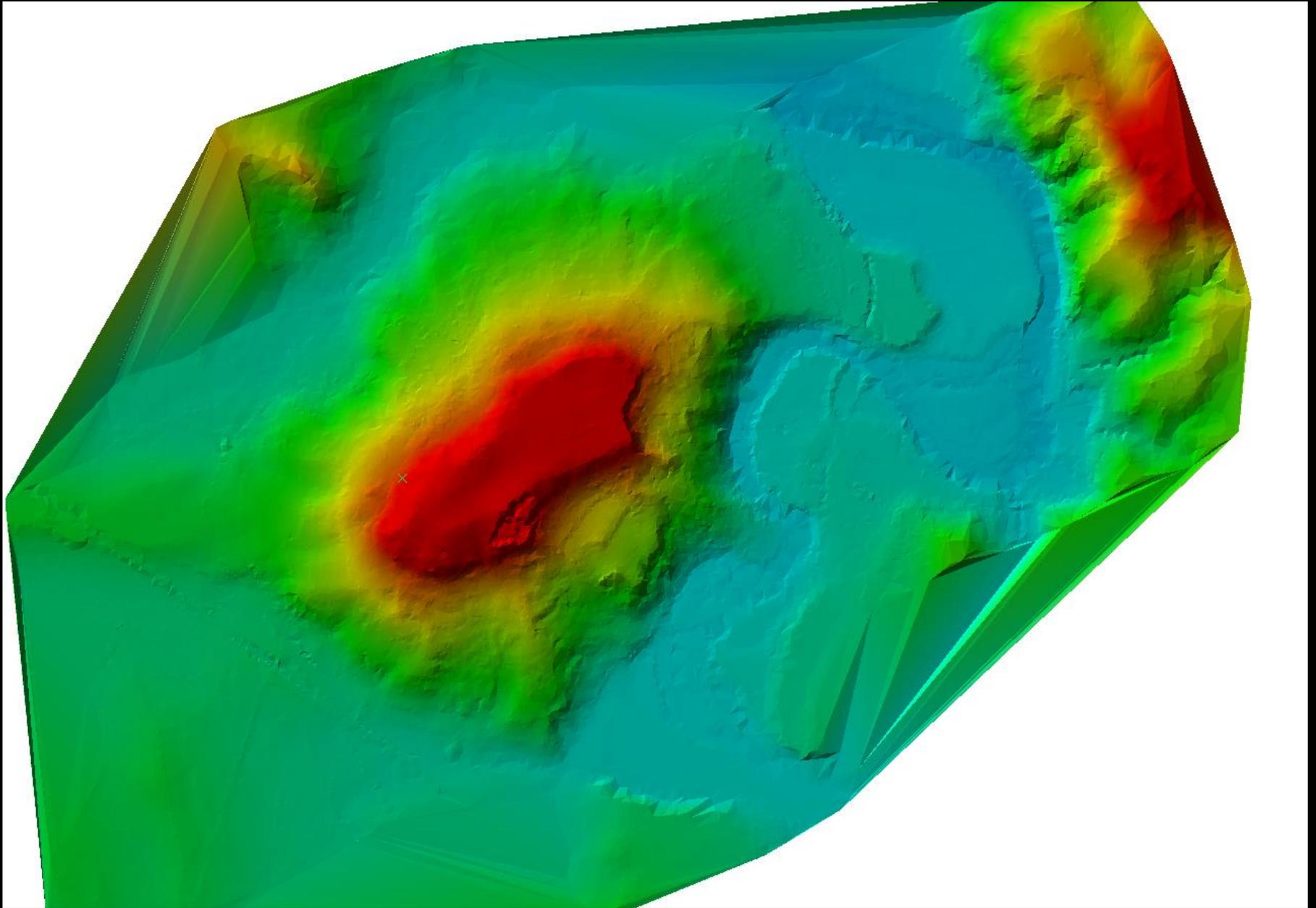




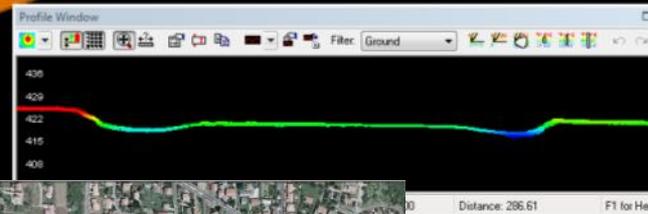
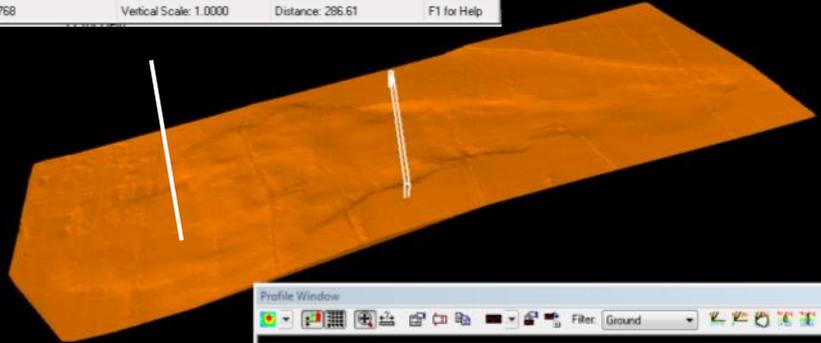
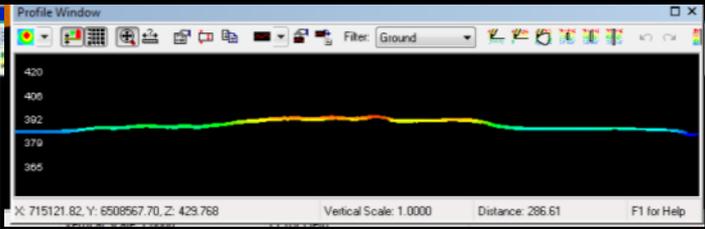
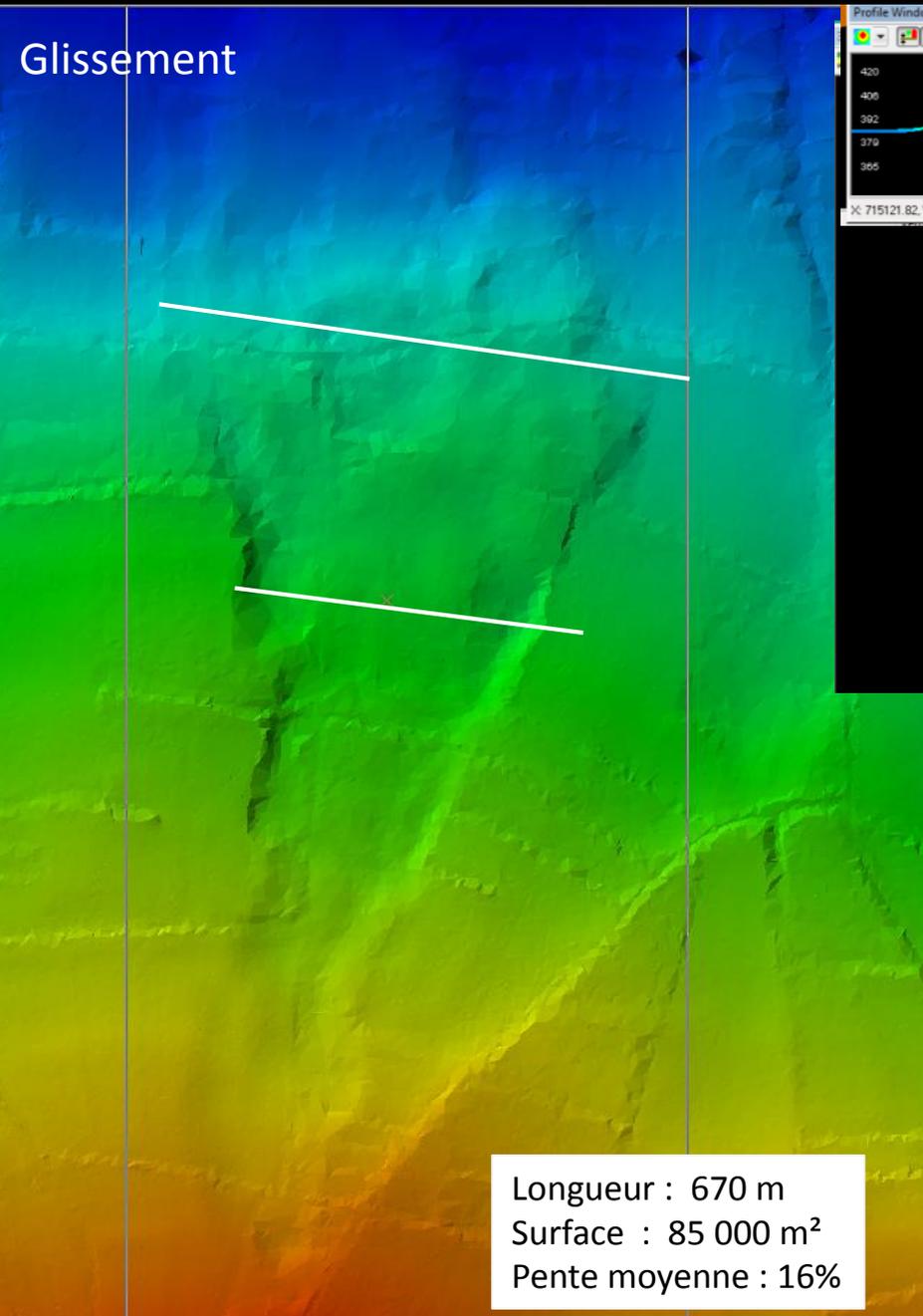
?



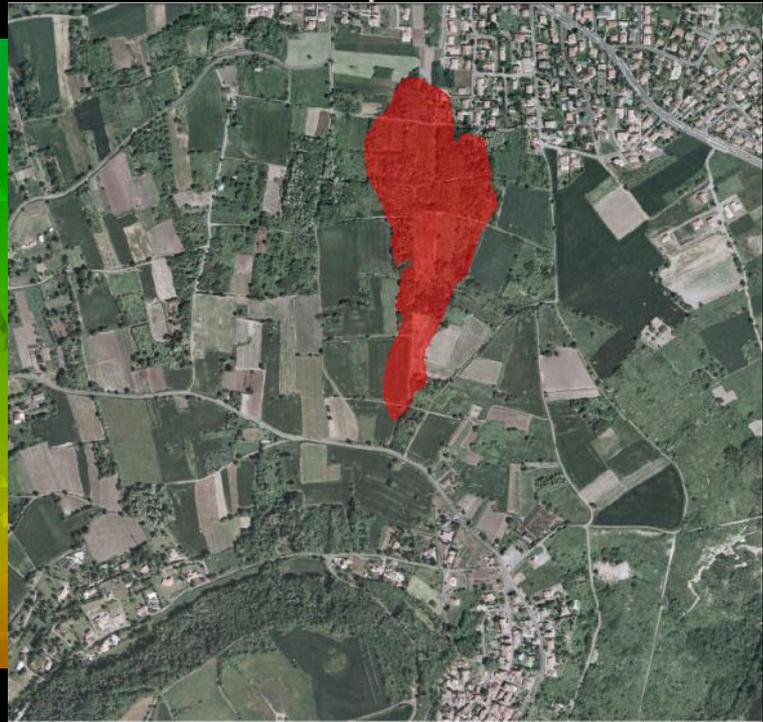
## II/ Apport du LiDAR en géomorphologie

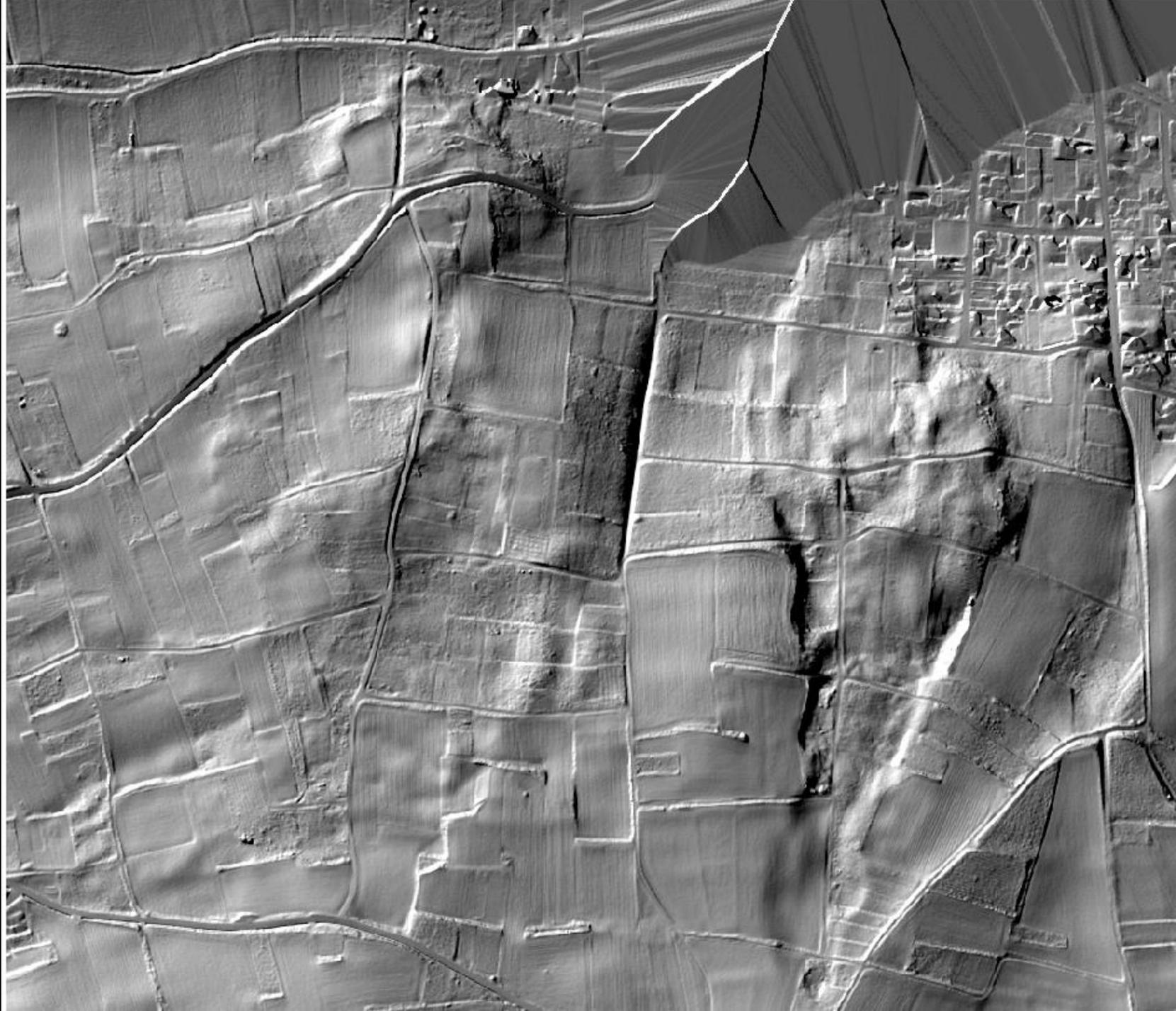


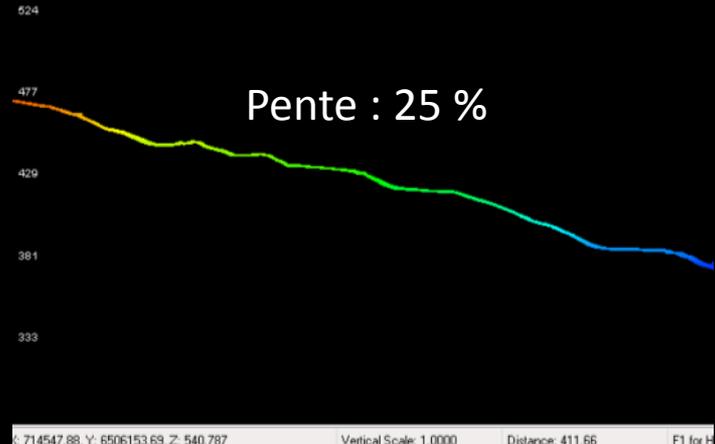
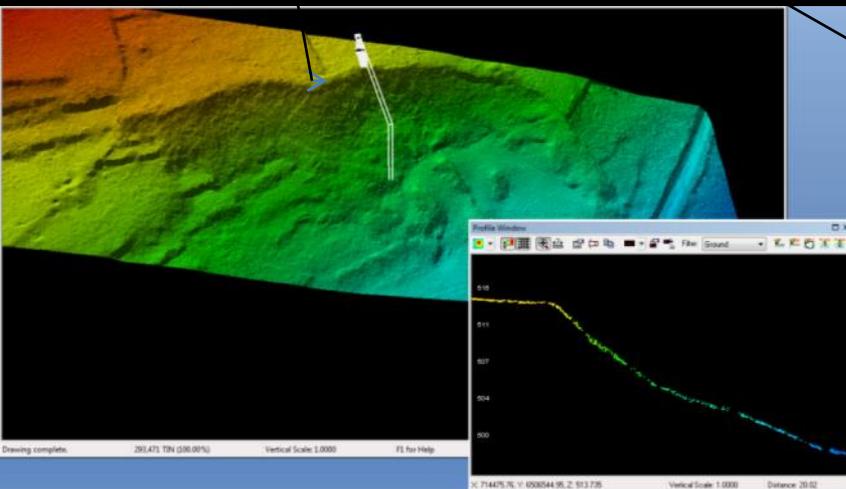
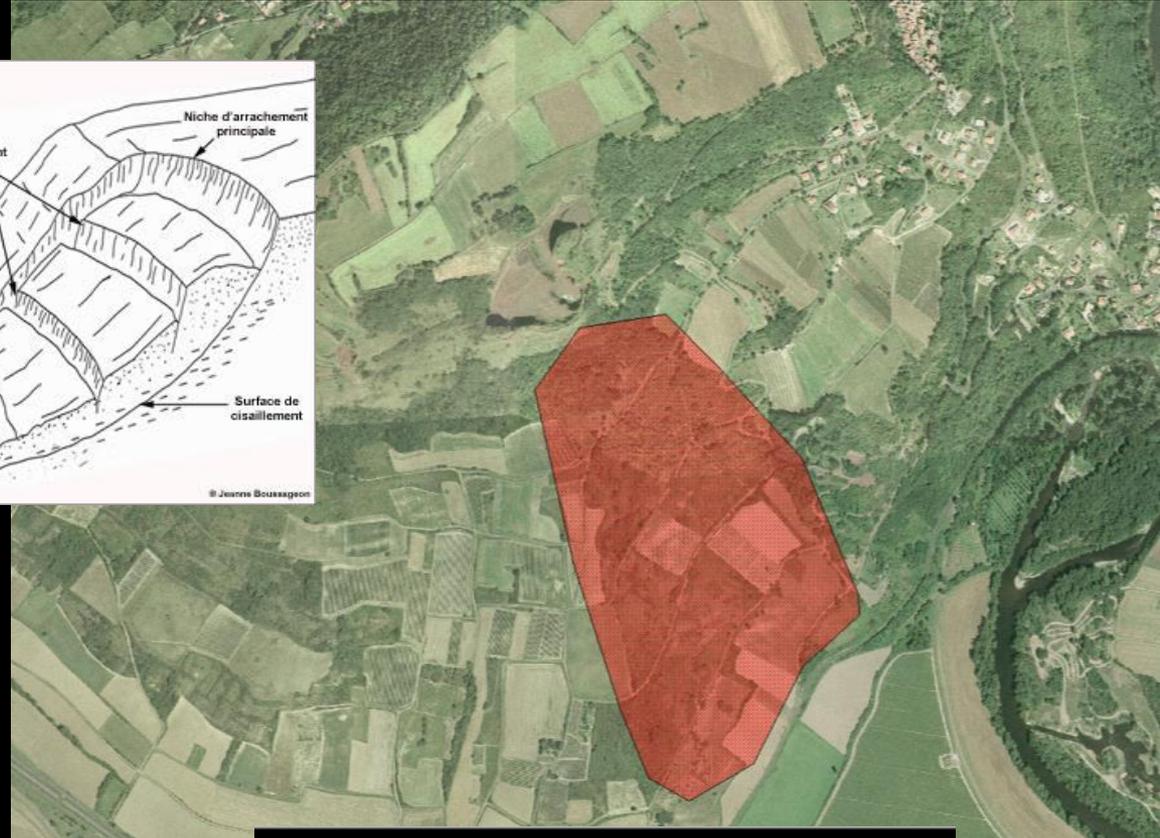
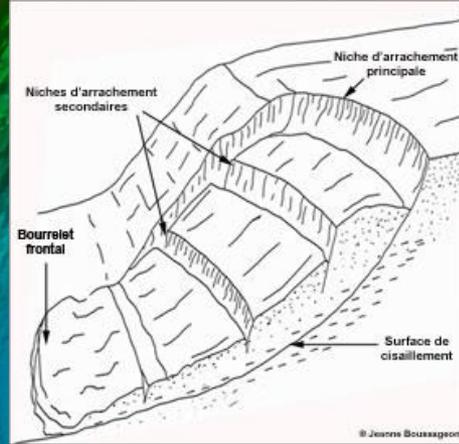
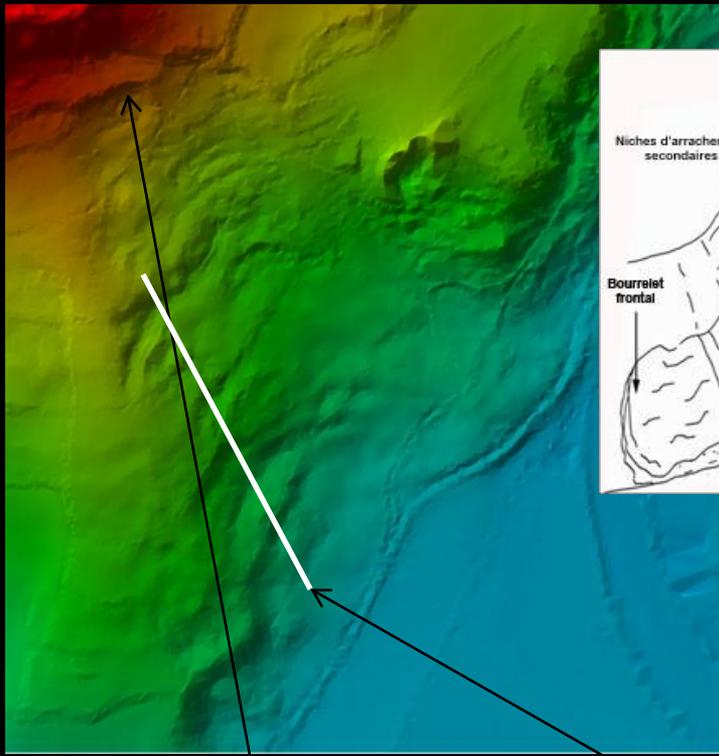
# Glissement

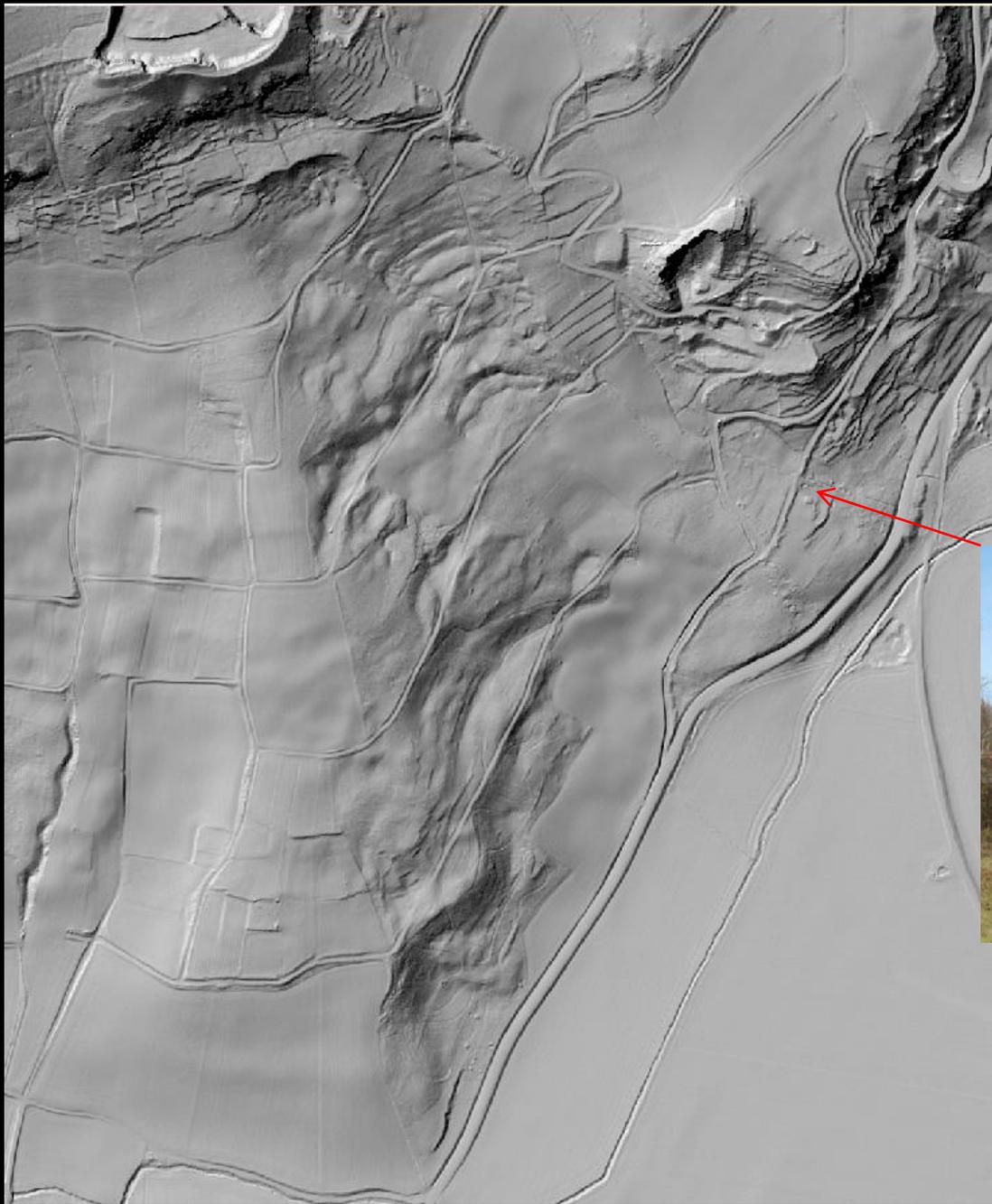


Longueur : 670 m  
Surface : 85 000 m<sup>2</sup>  
Pente moyenne : 16%









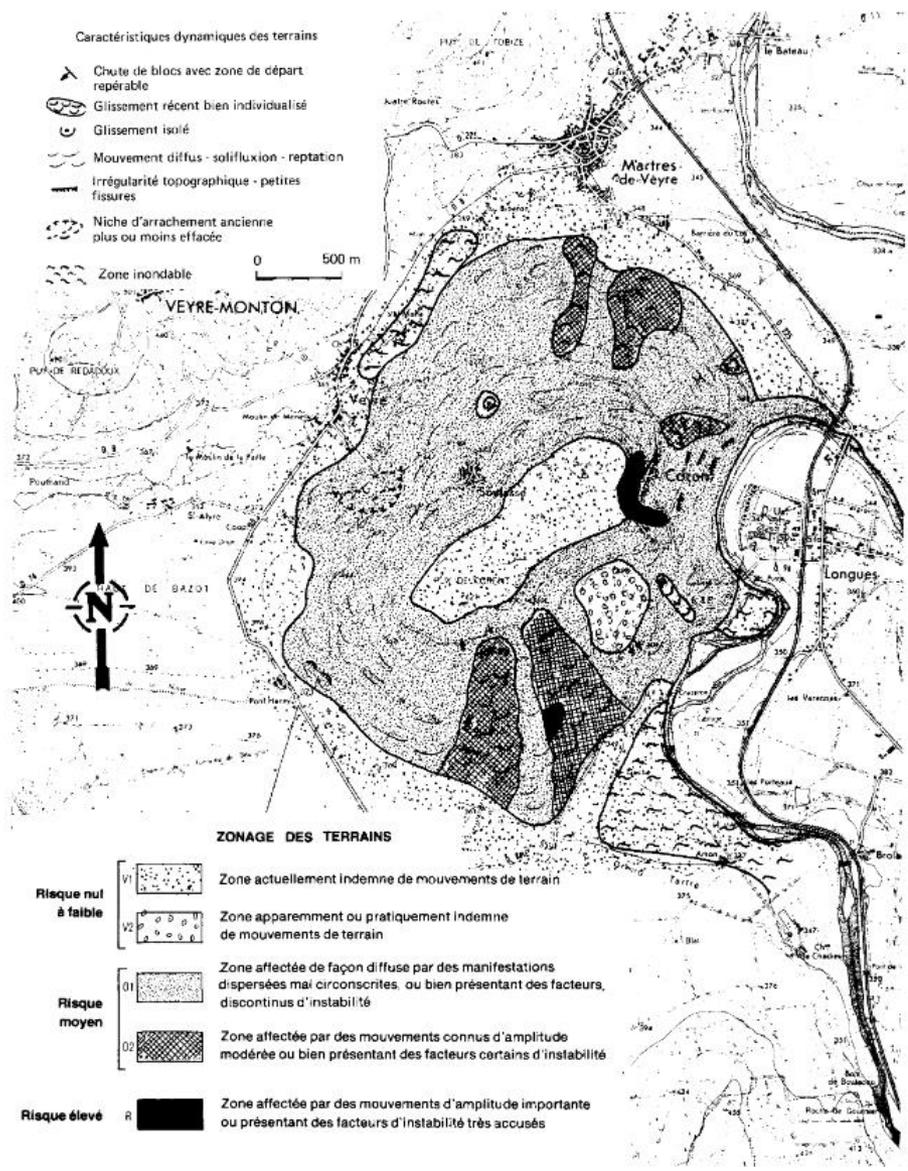


Fig. 12 - Stabilité des versants de la butte de Corent (Extrait de la carte ZERMOS Chanonat - sud de Clermont-Ferrand).

# Processus géomorphologiques et stabilité des versants au sud de Clermont-Ferrand

Gérard GREFFIER  
 Jacques HESTUITO  
 Associés  
 Section Géologie Terrassements  
 Hubert HÉRAUD  
 Chef de groupe Sols  
 Laboratoire régional de Clermont-Ferrand

## Présentation

Gérard CHAMPETIER DE RIBES  
 Chargé de mission  
 Département de géotechnique  
 Laboratoire central  
 Jean-Claude MONTVEDOUX  
 CTRF  
 Directeur du laboratoire régional de Clermont-Ferrand

### RÉSUMÉ

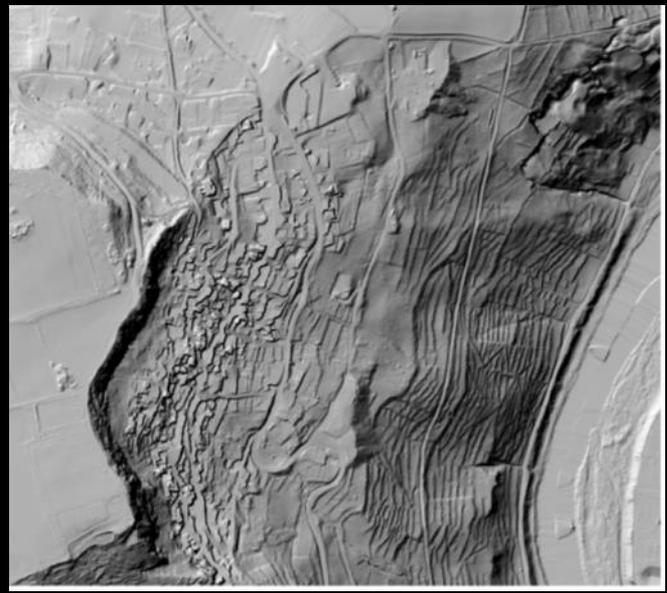
L'analyse géomorphologique d'une zone située au sud de Clermont-Ferrand fait ressortir le rôle important joué par le volcanisme.  
 L'étude plus détaillée d'une butte (site de Corent) met en évidence l'influence de la combinaison de différents facteurs sur la stabilité (et aide à mieux comprendre le morcelé de la région et son évolution) : influence de la nature des pentes, épaisseur et nature du recouvrement. C'est ainsi que la butte de Corent, du type « versant lisse », apparemment uniforme, peut cacher un certain nombre de reliefs fossiles, paléozoïques et interfères parfaitement nivelés et recouverts d'un manteau colluvial d'épaisseur variable.

**MOTS CLÉS :** 41 - Géomorphologie - Stabilité des talus - France - Volcanisme - Altération (solimol.) - Fendage - Hydrogéologie - Couche - Clermont-Ferrand

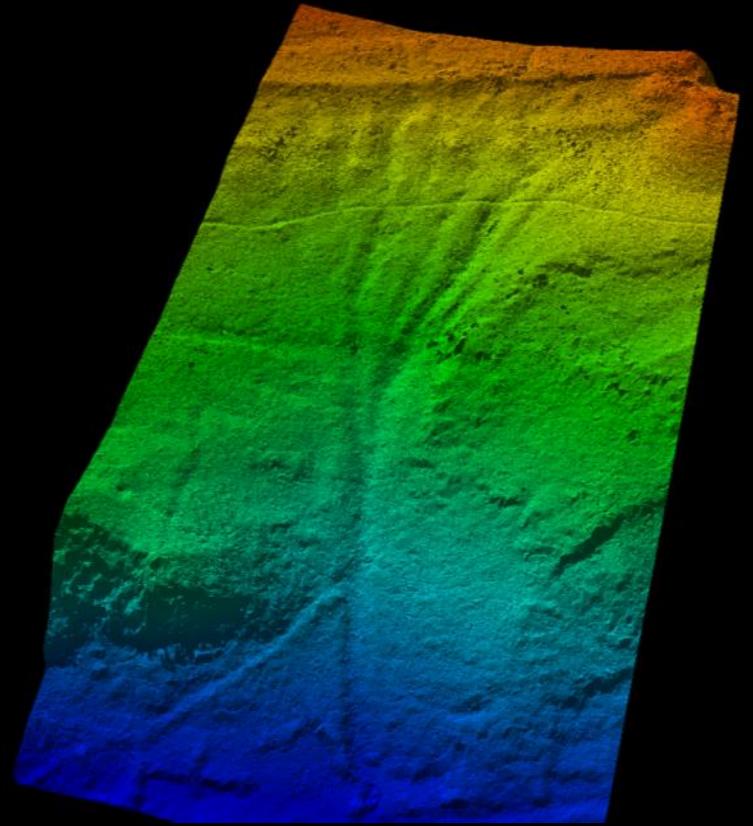
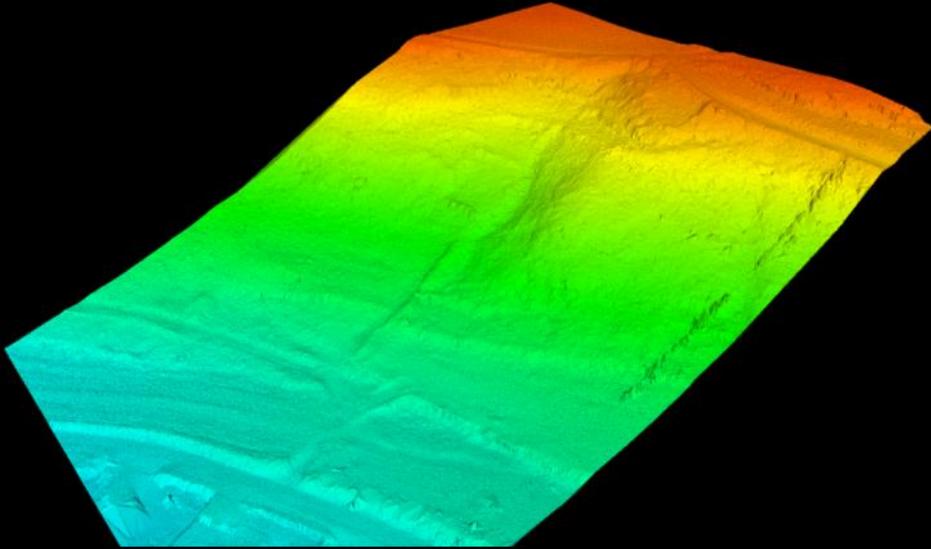
Le géologue de terrain sait combien il est redevable à la géomorphologie de l'aider à découvrir la nature et la structure de la géologie profonde.

C'est aussi pour le géotechnicien une approche fructueuse, car chaque relief sur notre terre a une histoire passée ou récente et une évolution qu'il faut comprendre pour analyser correctement un problème de stabilité de pente.

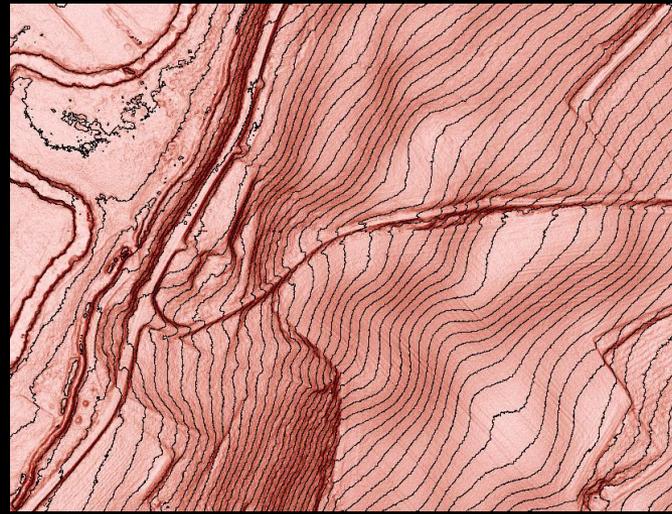
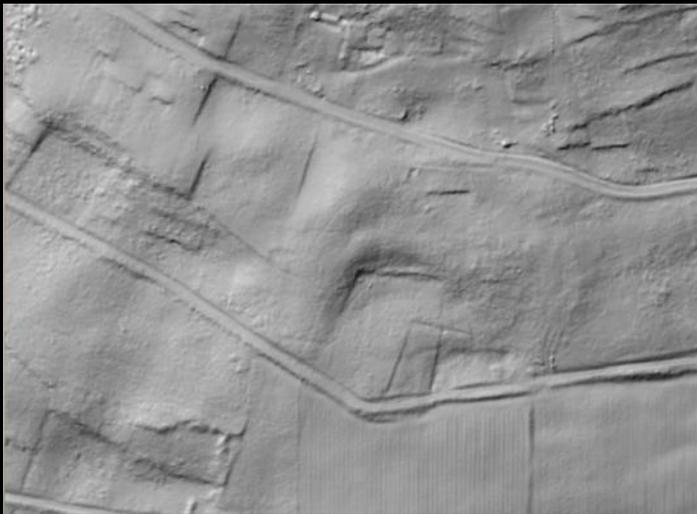
C'est dans ce but que le laboratoire de Clermont-Ferrand a ajouté un volet géomorphologique à la recherche qu'il poursuit depuis plusieurs années sur les marnes de Limagne. Cette recherche, orientée dans un premier temps sur la connaissance du matériau marneux, son caractère évolutif, ses conditions de réemploi, a été complétée récemment par une étude géomorphologique de la région sud de Clermont-Ferrand ayant servi de base à l'établissement de la carte ZERMOS Chanonat - sud de Clermont-Ferrand à l'échelle 1:25000.



Ravines actives



Formes de solifluxion



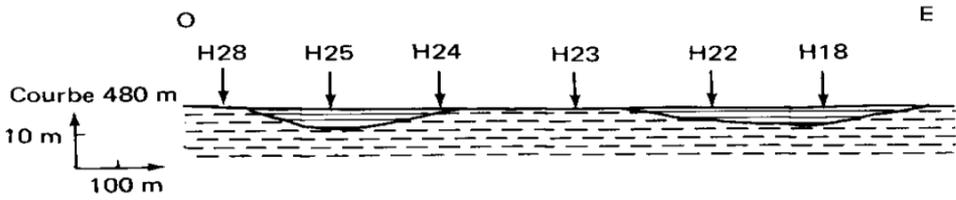
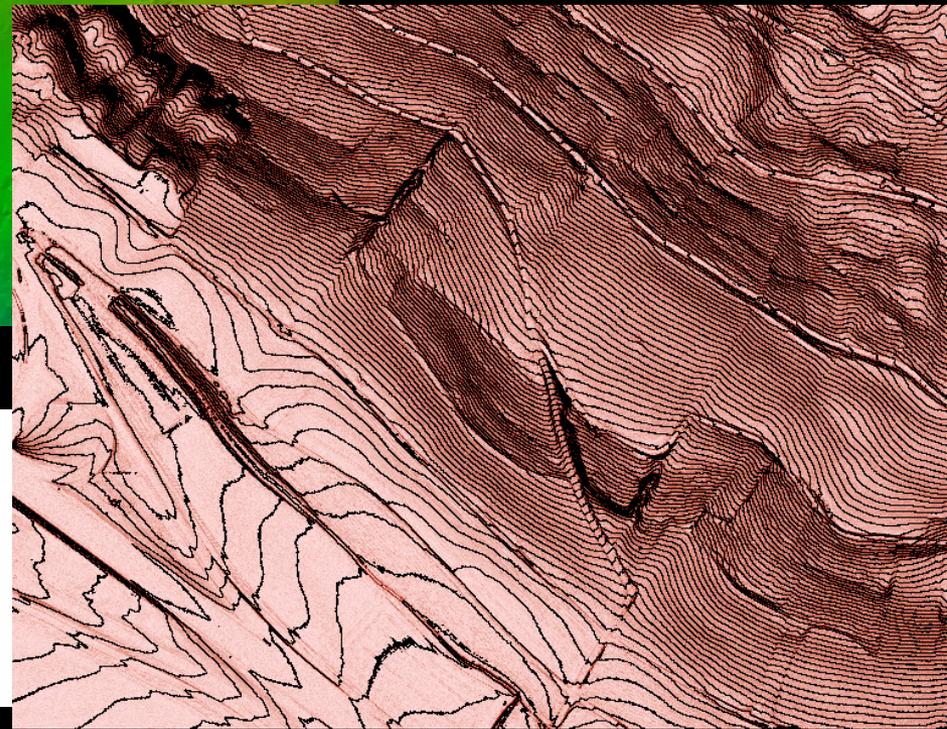
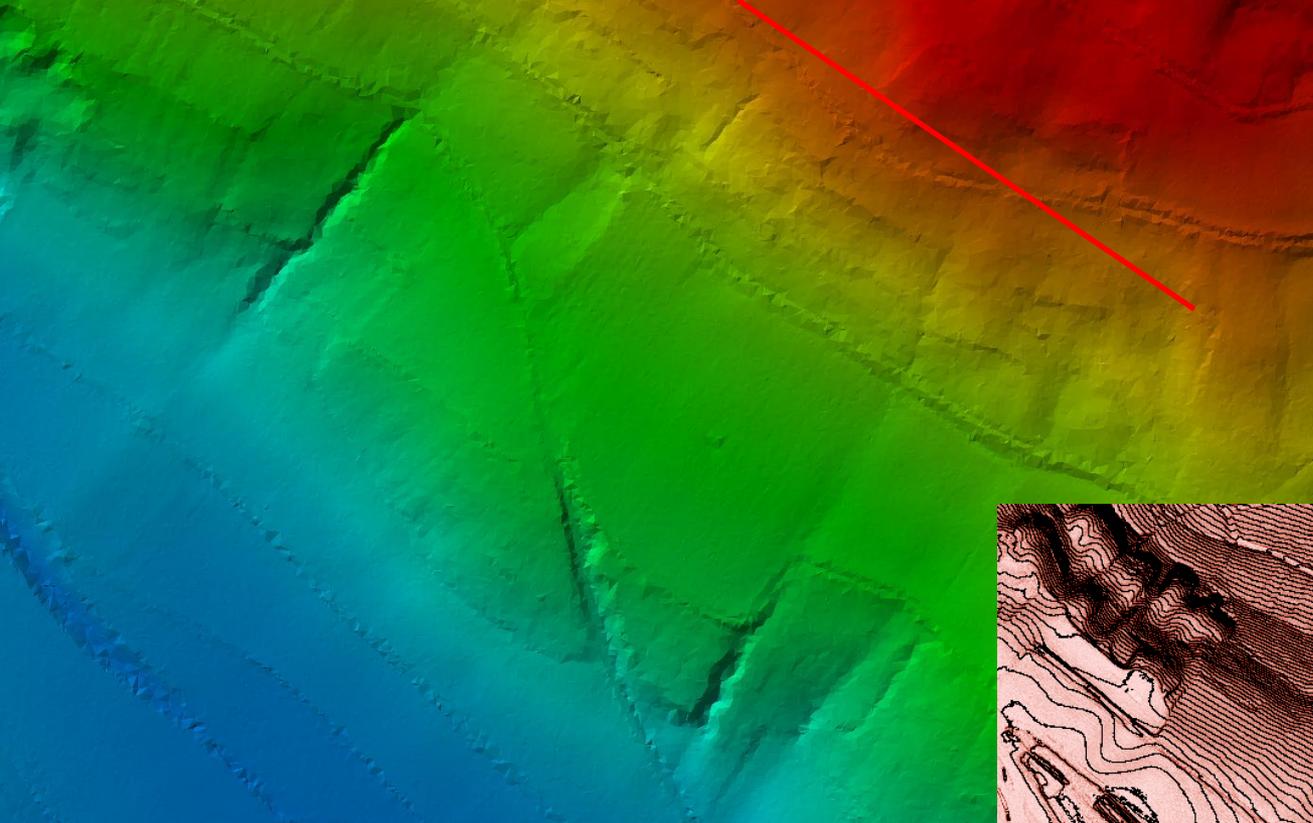
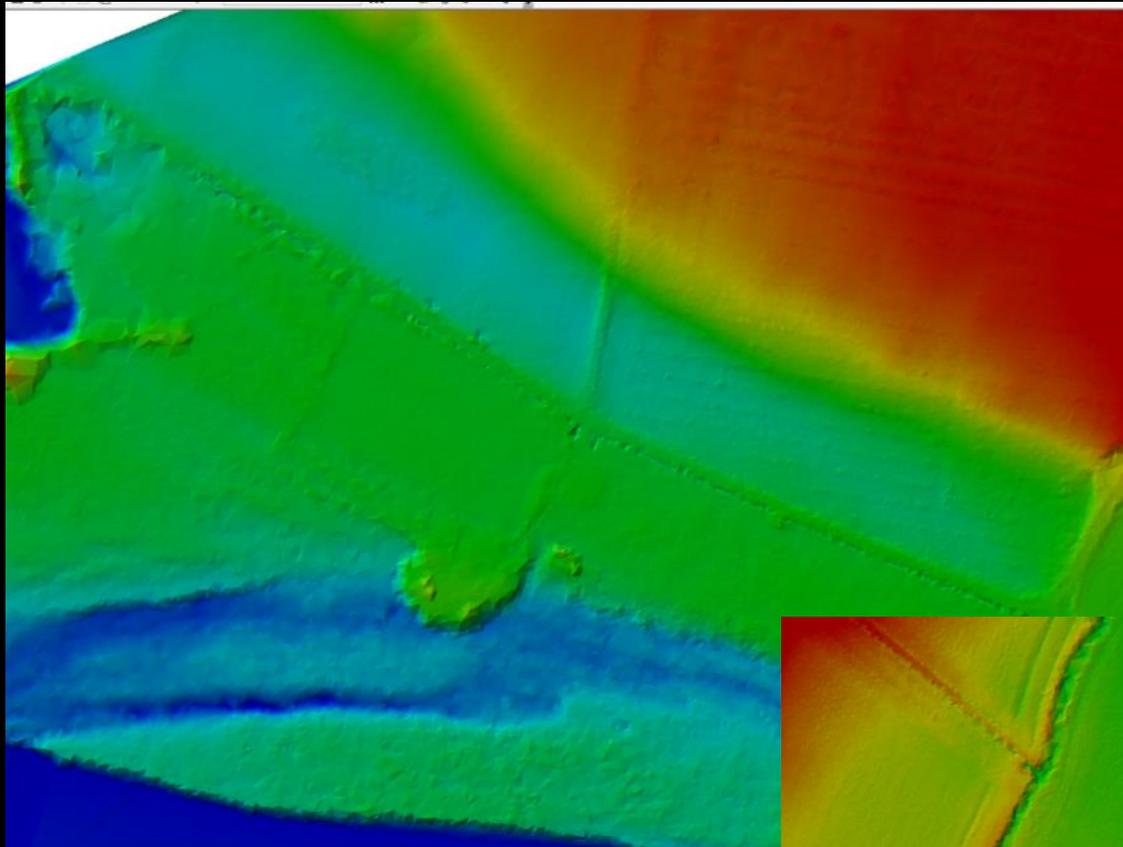
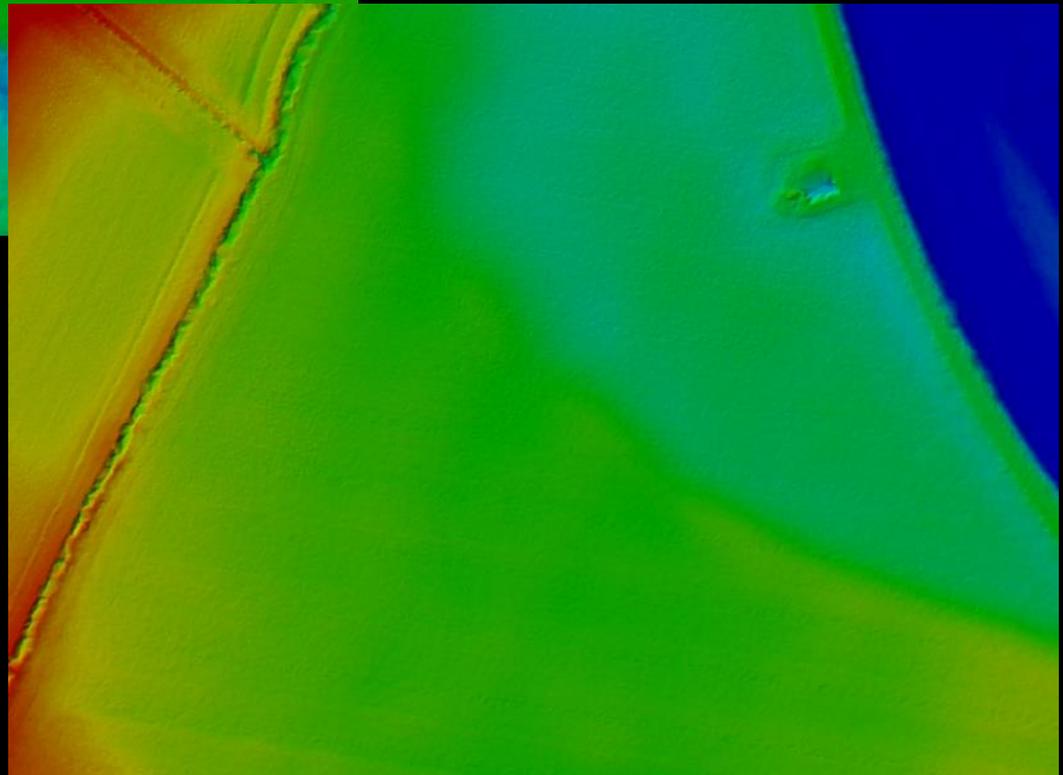


Fig. 11 - Profil schématique développé le long de la courbe 480 m montrant les différentes épaisseurs de colluvions (paleoravins nivelés par dépôts colluviaux).

Paleoravins colmatés+cônes d'épandage: intérêt géoarchéologique?



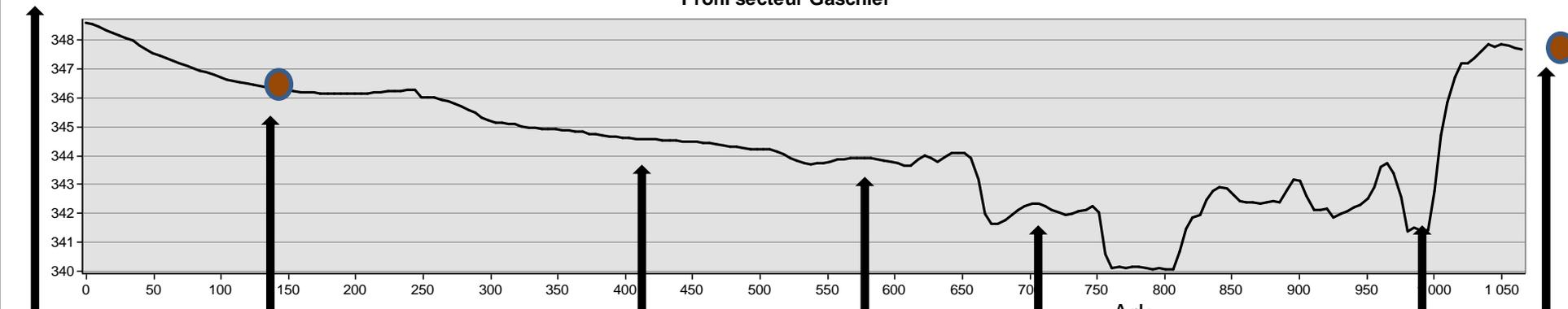
Paléochenaux de l'Allier



# Profils sur le MNT 20 cm de la plaine alluviale



Profil secteur Gaschier



Terr. Pleist. Vestiges GR Paleochenal? Paleochenal 1 Paleochenal 2 Paleochenal Vestiges GR

Possibilité d'une mise en relation altitudinale fine des dépôts alluviaux et des vestiges: intérêt géoarchéologique/paléoenvironnemental

# GEOMORPHOLOGY OF PUY DE CORENT AREA

## Topography/Hydrology

- Contour line 5 m
- Stream
- ++++ Drain
- Water surface
- Spring
- Mineral spring
- ▼ Sinkhole
- Underground channel

## Artificial surfaces

- Urban/artificial surface
- Gravel extraction
- Quarry

## Archaeology

- Archaeological excavation
- Antique settlement

## EROSIONAL LANDFORMS

### Fluvial erosion

- Thalweg line
- ← Gully
- ||||| Terrace edge/channel scar (well preserved)
- Terrace edge/channel scar (poorly preserved)

## ACCUMULATION LANDFORMS

### Fluvial deposits

- Channel deposits
- Modern alluvium Fz / floodplain
- Fluvial terraces Fy/z (Holocene to subactial)
- Fluvial terraces Fy (Late Pleistocene)
- Fluvial terraces Fx (Late Pleistocene)
- Fluvial terraces Fw/w (Pleistocene)
- Tributaries modern / subactial alluvium
- Residual alluvium
- Alluvial fan
- Colluvial/alluvial deposits

### Lacustrine / Palustrine deposits

- Closed basin
- Clayey/calcareous hydromorphic filling
- Clayey/volcanic hydromorphic filling

### Slopes deposits

- Talus slope (volcanic rockfall deposit)
- Volcanic colluvium (volcanic part >90%)
- Mixed volcanic-calcareous colluvium
- Calcareous colluvium (volcanic part <10%)
- Clastic calcareous soil

## GRAVITY PROCESSES

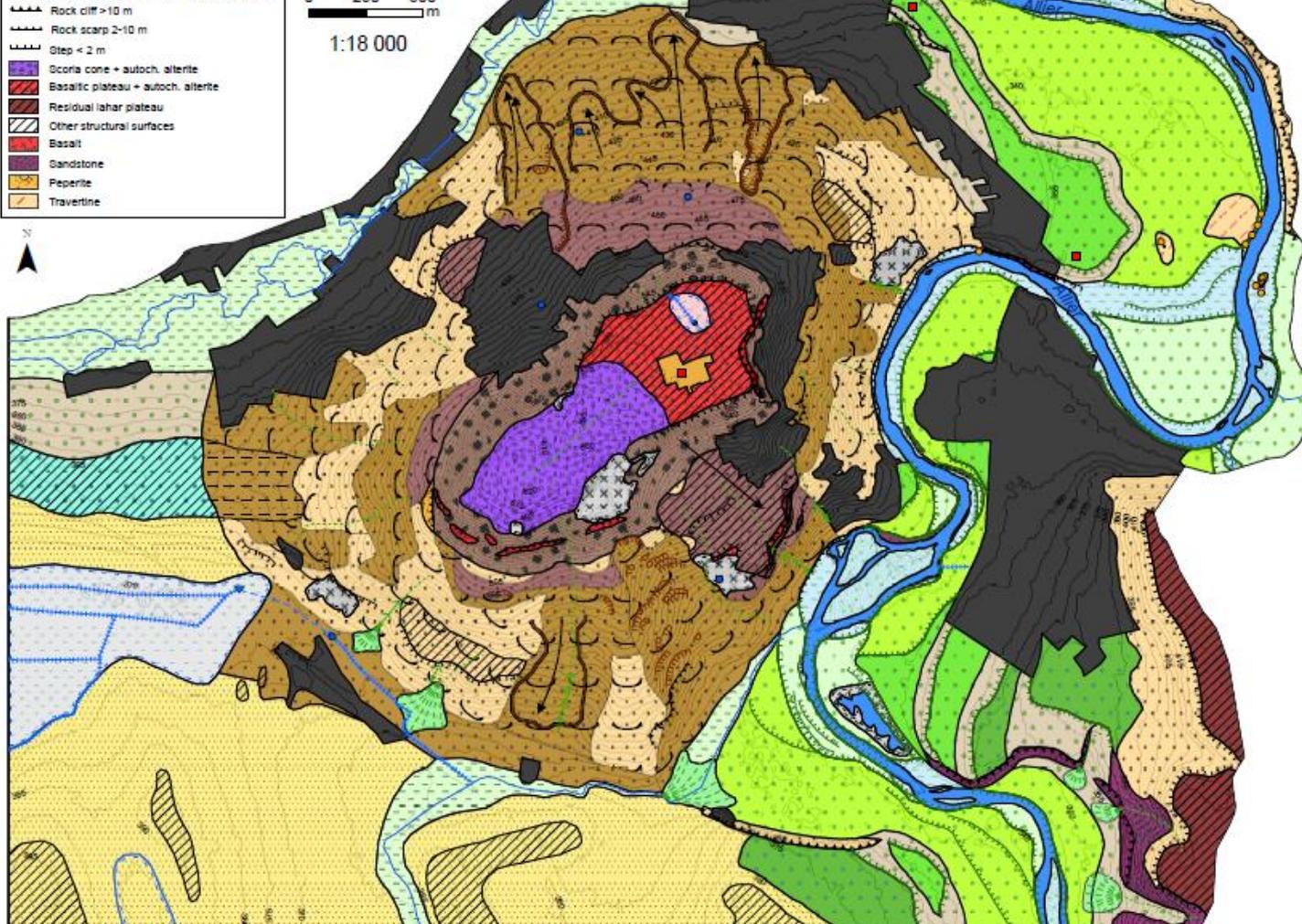
- ||||| Landslide scar
- Movement direction (rock flow or rock slump)
- Big landslide (rock flow)
- Soilfuction/creep
- Regular slope

## Structural landforms & Lithology

- Rock cliff >10 m
- Rock scarp 2-10 m
- Step < 2 m
- Scoria cone + autoch. alterite
- Basaltic plateau + autoch. alterite
- Residual lahar plateau
- Other structural surfaces
- Basalt
- Sandstone
- Peperite
- Travertine

0 250 500 m

1:18 000



Cartographie géomorphologique à vocation géoarchéologique

# LIDAR DE CORENT : UN PREMIER BILAN TRES ENCOURAGEANT

## EN ARCHEOLOGIE :

- Bonne lecture des versants : détection de chemins d'accès, de nombreux vestiges d'ouvrages non caractérisés, 3 anciennes carrières d'âge indéterminé...
- Sur les rebords du plateau : nombreux vestiges d'ouvrages (défensifs ???)
- Sur le plateau : plusieurs traces de bâtiments anciens en différents lieux
- Au pieds des versants : plusieurs traces de bâtis non caractérisés

## **NOMBREUX INDICES DE VESTIGES – BEAUCOUP D'INTERROGATIONS POUR LES ARCHÉOLOGUES**

## EN GEOMORPHOLOGIE :

- Analyse des formes à plusieurs échelles : structures générales du relief jusqu'au formes de détail
- Bonne lecture des glissements, des zones solifluxion, des formes fluviales...
- Repérage des secteurs susceptibles de prospection géoarchéologique approfondie

## **UNE EXCELLENTE BASE DE TRAVAIL POUR DÉTETER ET ANALYSER LES FORMES PUIS ORIENTER LE TRAVAIL DE TERRAIN À VENIR**

## PERSPECTIVES

- 1/ Raffiner le nuage de points LiDAR de manière à déceler plus en détail les formes anthropiques
- 2/ Réaliser des modèles numériques de terrain (MNT) plus fins et des images dérivées (SVF, LRM) afin d'aider à la détection des vestiges anthropiques et des formes naturelles.
- 3/ Cartographie systématique des formes anthropiques détectées, analyse morphométrique , constitution d'une base de données
- 4/ En parallèle : réalisation de la carte archéologique d'une fenêtre élargie par rapport au LiDAR: caractérisation de l'occupation du sol à toute période et d'orienter l'interprétation des vestiges et anomalies révélées par le LiDAR (B. Dousteysier)
- 5/ Prospection au sol de l'ensemble du plateau et des versants : vérification des détections LiDAR (B. Dousteysier)
- 6/ Cartographie géomorphologique de détail des secteurs d'intérêt géoarchéologique et emplacement de sondages.

Merci de votre attention!



Questions?