Des Tutos pour les Archéos

TUTARCHÉO

Séverine Sanz-Laliberté

PHOTOGRAMMÉTRIE ET RELEVÉS ARCHÉOLOGIQUES

PETITE INTRO

tutarcheo@cnrs.fr

07/10/2020

SOMMAIRE

Qu'est-ce que c'est

Comment ça marche : la photogrammétrie

Comment ça marche : le géoréférencement

Que peut-on en faire :

- Une orthophotographie
  - Un support au relevé sur le terrain
  - Un support à la numérisation
  - Un journal de fouille
- Un Modèle Numérique d'Élévation
  - Calculer des surface et des volumes
  - Produire des courbes de niveau
  - Produire des sections
  - Un document intégrable et exploitable dans un SIG en 2D (ombrages, pentes, carte de visibilité, extractions d'altitudes etc…)
  - Exporter dans un logiciel de SIG pour une exploitation 3D
- Un pdf 3D (manipulable)
- Un modèle pour mesurer en 3D
- Un fichier 3D utilisable dans un visualisateur ou exportable pour d'autres usages (valorisation etc…)
- Un fichier KMZ (pour Google Earth)

QU'EST-CE-QUE C'EST ?

Il s'agit d'effectuer des relevés en 3D de vestiges, de fouilles et de sites grâce à des jeux de photographies traités par la technique de **corrélations denses d'images** : une version sophistiquée - mais très simple pour l'utilisateur - de relevés par **photogrammétrie**.

Pour peu que toutes les précautions soient mises en œuvre, cette technique est incomparablement **plus rapide** et **plus précise** que les méthodes de relevés traditionnelles. Elle est également **très peu coûteuse** en comparaison avec les levés par lasergrammétrie. Elle peut être mise en œuvre sur des terrains difficiles notamment à l'étranger où le transport de machines de précision n'est pas toujours possible.

De plus, elle peut être mise en œuvre à des **échelles très variées**.

À partir de photos depuis le sol

(plancher brûlé effondré, *domus* de Rirha, Maroc, fouille ASM)

À partir de photos par canne à pêche

(huilerie, *domus* de Rirha, Maroc Maroc, fouille ASM)

À partir de photos par cerf-volant/drones

(site de Rirha, Maroc Maroc, fouille ASM)

COMMENT ÇA MARCHE ?
LA PHOTOGRAMMÉTRIE

La technique s'appuie sur les mêmes principes que la **vision stéréoscopique** qui permet au cerveau humain de percevoir le relief :

C'est parce que nous avons 2 yeux légèrement écartés, permettant de voir un objet depuis 2 points de vue en même temps que nous percevons une scène en trois dimensions*.

Depuis très longtemps, on produit des images stéréoscopiques de scènes dont le cerveau saura **reconstituer le volume**, grâce à des appareils à double objectif.

Les logiciels de photogrammétrie fonctionnent un peu comme notre cerveau. Ils **comparent les photographies** entre elles et reconnaissent des formes similaires. Ils calculent ensuite - en comparant les positions de ces formes sur les différents images - les volumes de la scène photographiée (**corrélation d'images**).

* Heureusement pour ceux qui n'ont qu'un œil valide ou pour notre perception des images en 2D, d'autres éléments permettent de comprendre le relief tels que la taille des objets, leur superposition ou la perspective.

Appareil de prise de vue stéréoscopique

Photo de *Handige Harry*. Wikipedia

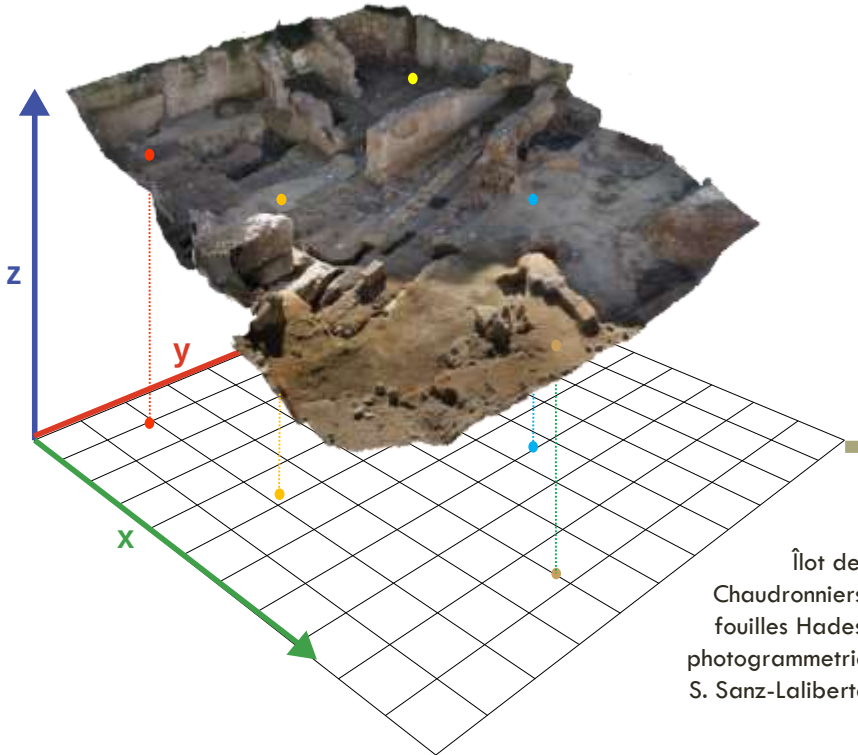
Système de lecture de clichés stéréoscopiques (Stéréoscope de Holmes)

Photo de Davepape. Wikipedia

COMMENT ÇA MARCHE ?
LE GEORÉFÉRENCEMENT

Si on indique les **coordonnées x, y et z** de quelques points visibles sur les photos, le relevé pourra être mis **à l'échelle** et correctement **orienté sur les trois axes**.

Si le système de coordonnées géographiques est renseigné - par exemple Lambert 93 -, il sera **géoréférencé** , c'est-à-dire situé dans l'espace et donc **superposable avec d'autres données dans un Système d'Information Géographique**.



Îlot des Chaudronniers, fouilles Hades, photogrammetrie S. Sanz-Laliberté

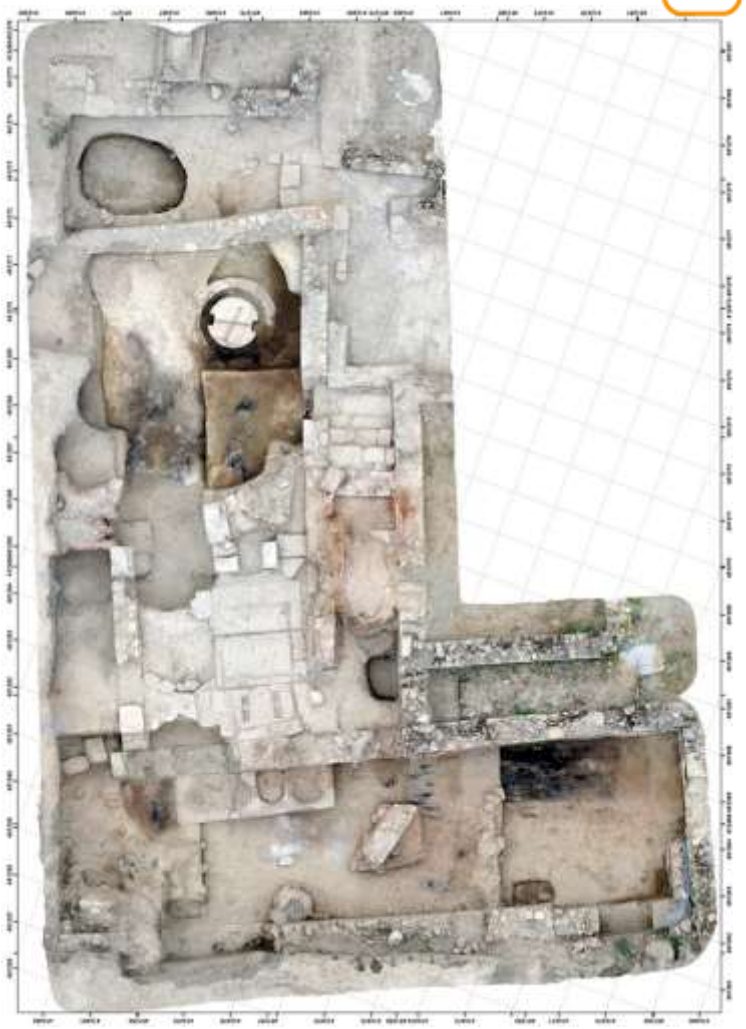
QUE PEUT-ON EN FAIRE ?
UNE ORTHOPHOTOGRAPHIE

C'est une image projetée sur un plan, parfaitement corrigée en tout point, sans aucun effet de perspective, de dévers et de déformation optique. Si cette image est **géoréférencée** : on pourra ensuite l'afficher dans un SIG (ArcGIS ou QGIS) et éventuellement s'en servir pour numériser des informations ou simplement faire une mise en page à l'échelle souhaitée et l'ouvrir dans un logiciel de DAO (Illustrator ou Inkscape par exemple).

Prise de vue inclinée

Prise de vue verticale

Orthoimage



Orthophotographie

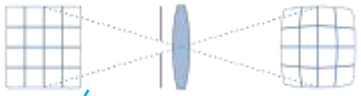
(huilerie, *domus* de Rirha, Maroc Maroc, fouille ASM)

Le relevé archéologique **n'est pas** le simple instantané d'une fouille. C'est un **enregistrement** et, déjà, une **interprétation** des données. L'orthophotographie vous **affranchit des mesures** mais évidement pas de l'**identification**, de l'**analyse**, du **tri** des informations spatiales lisibles sur le terrain. Mais, c'est un support très utile pour faire tout ça.

PHOTOGRAPHIE VERTICALE VS ORTHOPHOTOGRAPHIE

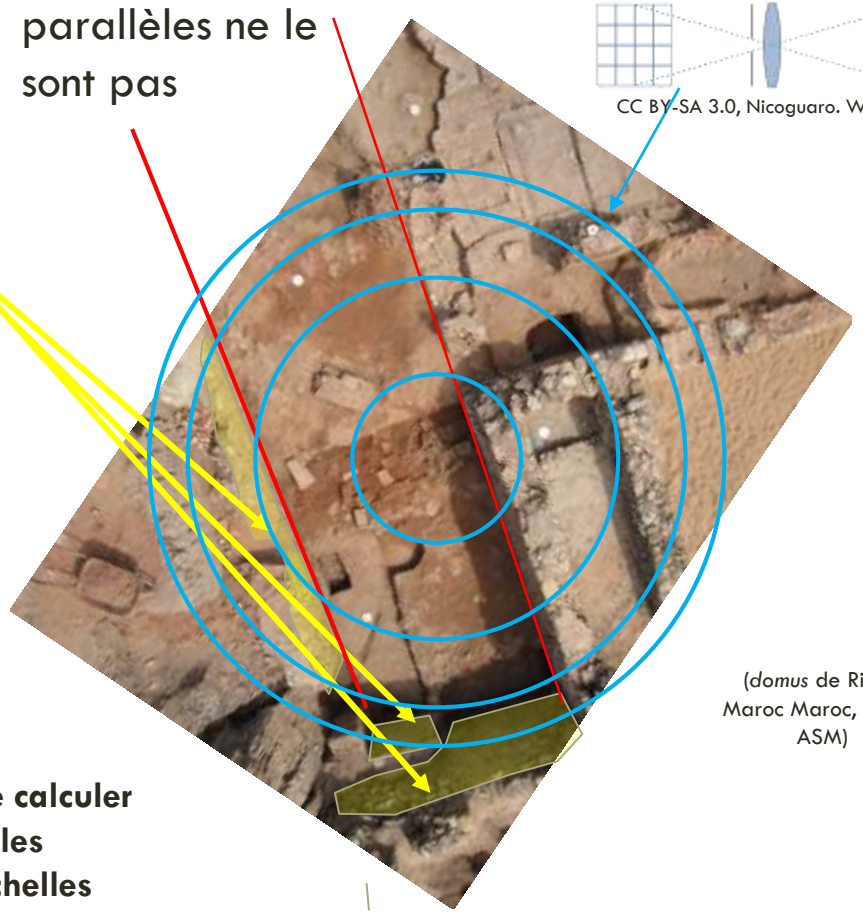
Les lignes qui devraient être parallèles ne le sont pas

Distorsions optiques



CC BY-SA 3.0, Nicoguaro. Wikipedia

Effets de devers (on voit les surfaces verticales)

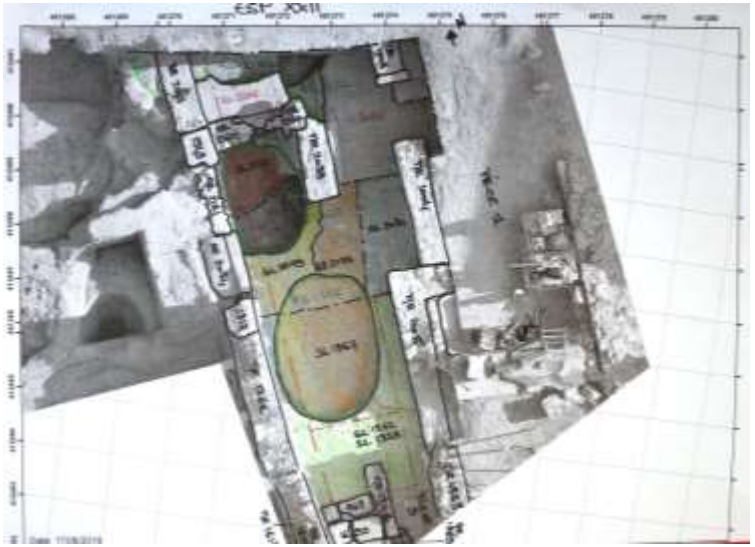


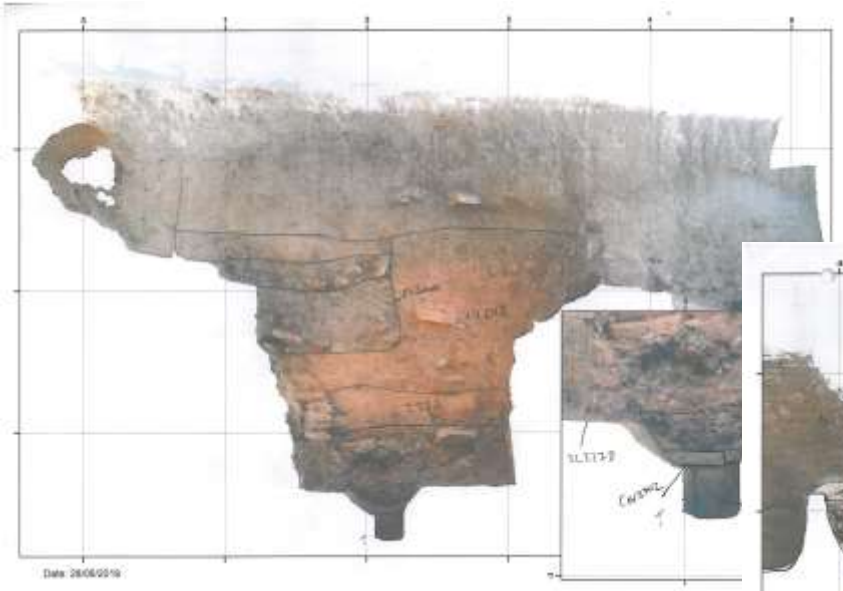
(*domus* de Rirha, Maroc Maroc, fouille ASM)

Il n'est pas possible de calculer des distances car tous les éléments sont à des échelles différentes

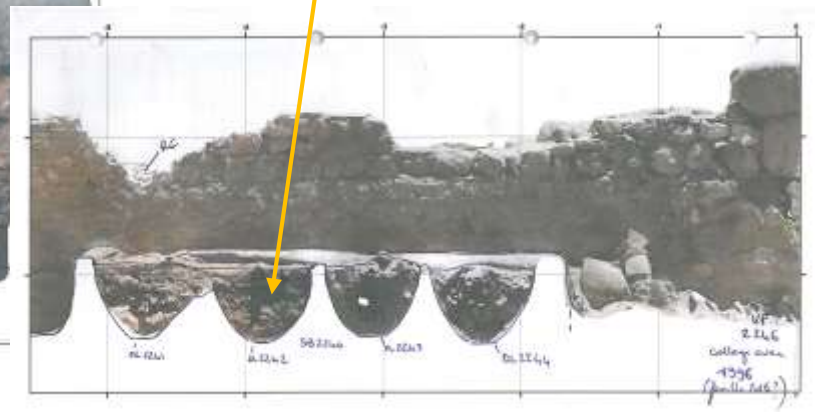
Les déformations de perspective sont corrigés. L'échelle est la même pour l'ensemble de l'image.

UN SUPPORT AU RELEVÉ SUR LE TERRAIN





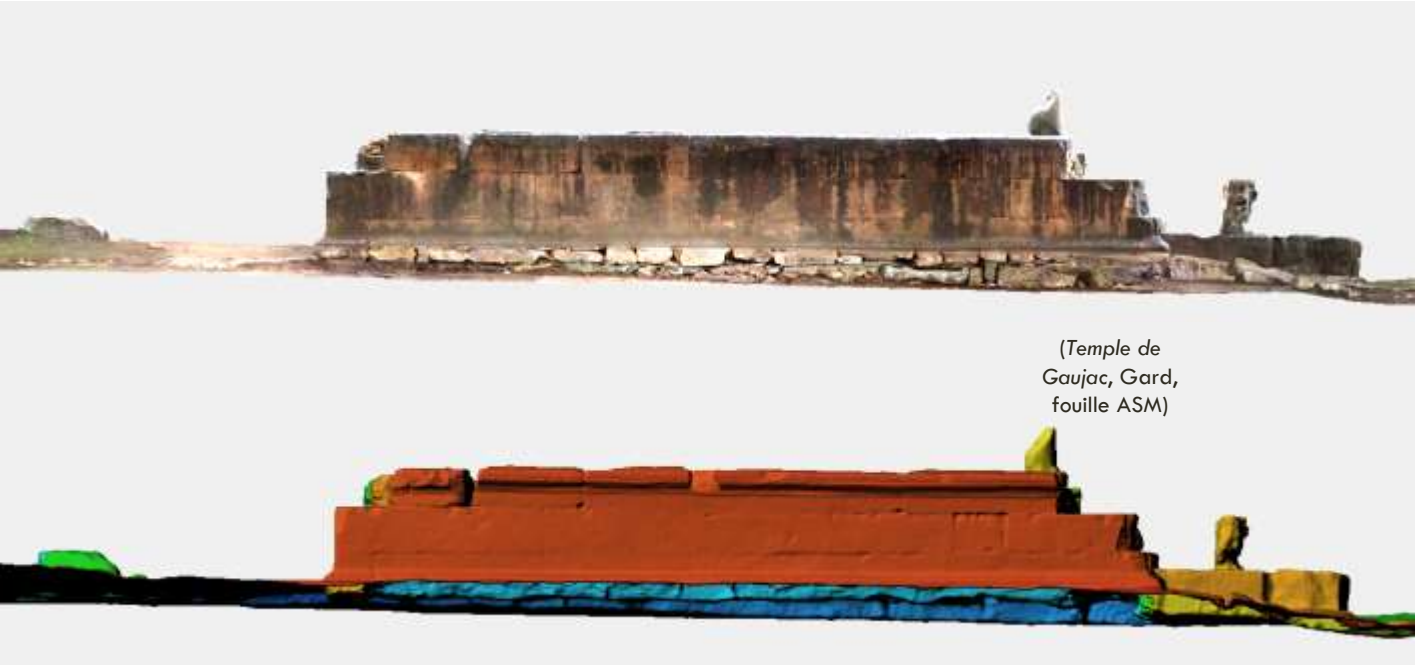
Ici, on pu reconstituer une image de la section à l'intérieur des dolia. Ce point de vue était difficilement accessible pour être dessiné à la main.



(*domus* de Rirha, Maroc Maroc, fouille ASM)

Plus besoin de prendre des mesures fastidieuses pour dessiner. On dessine directement, **sur le terrain**, à partir des **tirages des orthophotographies** (ou de photographies pré-assemblées : les minutes ne servent pas à donner des mesures exactes mais à délimiter et identifier les US/locus/faits/limites/textures/matériaux). Lors de la mise au net sur les orthos, les éléments reprendront leur tailles et formes rectifiées et à l'échelle.

UN SUPPORT AU RELEVÉ SUR LE TERRAIN : ÉLÉVATIONS



(*Temple de Gaujac*, Gard, fouille ASM)

Château d'eau SNCF de Prévenchères (Lozère)

On peut donc réaliser une orthophotographie et une carte des profondeurs projetés **sur un plan vertical** pour aider aux relevés de façades ou de coupes.

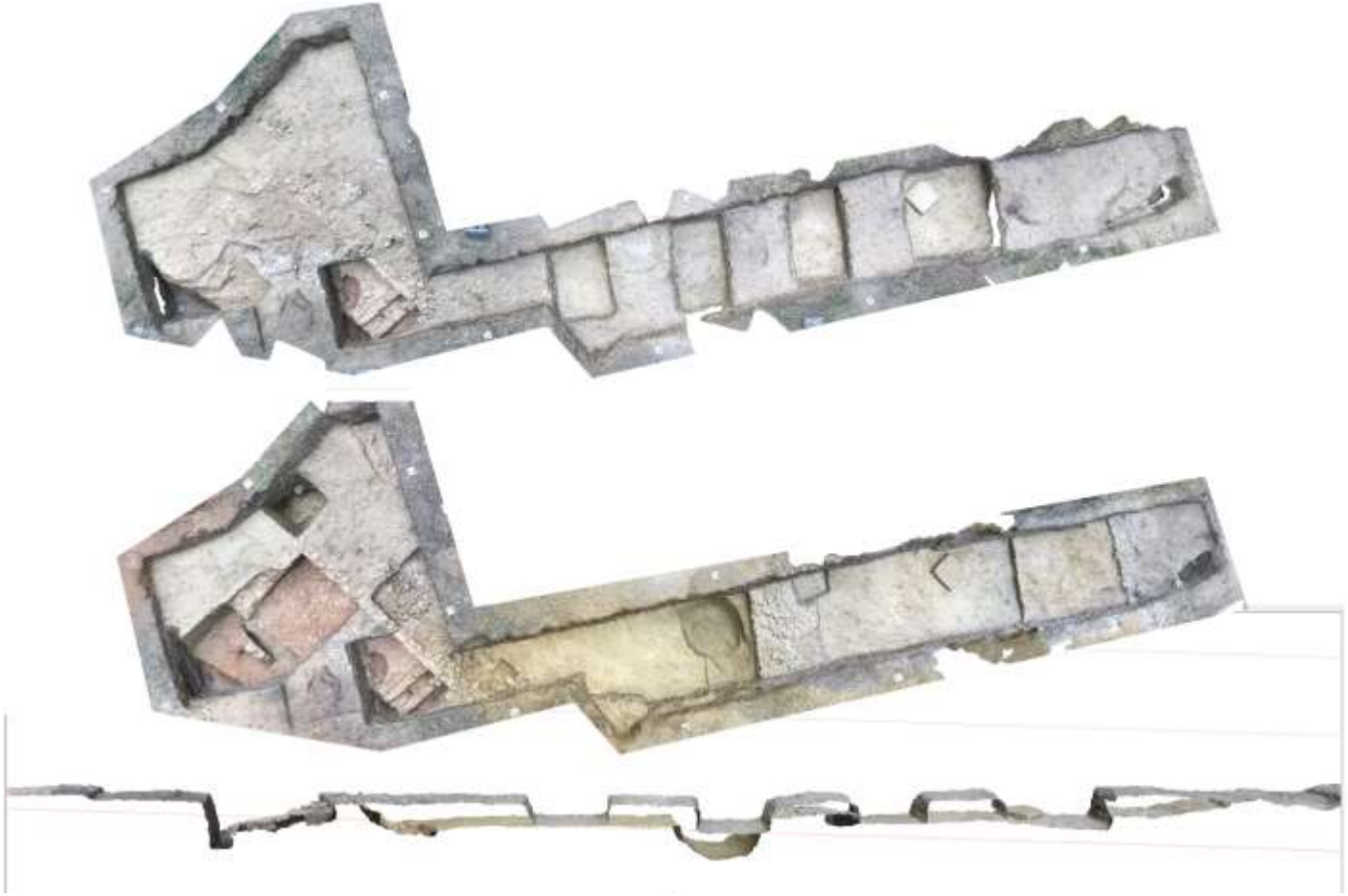
C'est également possible de réaliser une projection **cylindrique** depuis l'extérieur (tour, chevet, colonne) ou depuis l'intérieur (puits, pièce circulaire etc…)

UN SUPPORT À LA NUMÉRISATION

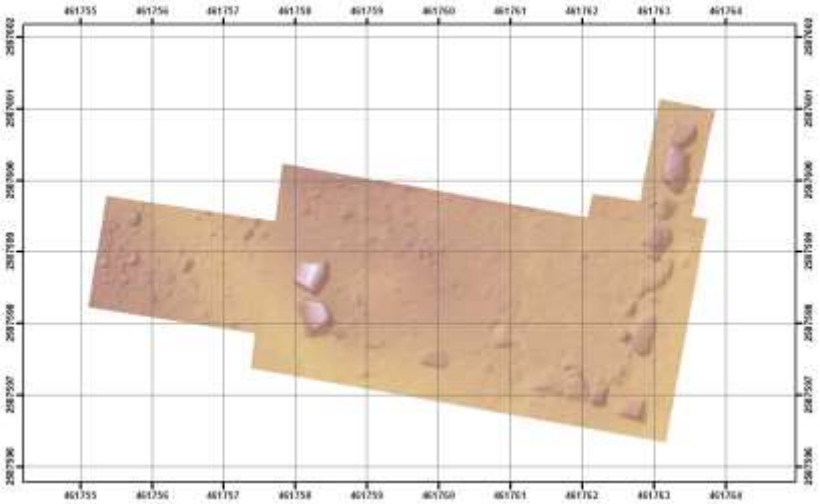
(*domus* de Rirha, Maroc, fouille ASM)

On peut réaliser le **pierre à pierre** si nécessaire mais également les **plans masses et l'enregistrement des faits dans un SIG**. Ceux-ci seront liés à la base de données d'enregistrement des données de fouille et permettra de multiples requêtes et symbologies

UN JOURNAL DE LA FOUILLE



Chaque relevé correspond à un instant T de la fouille. Il pourra être renouvelé autant de fois que nécessaire.



Four de la zone des entrepôts de la Nautique (**PCR** :Les ports antiques de Narbonne - Corinne Sanchez (UMR 5140-ASM). Fouilles et couverture photos dirigées par B. Favennec

QUE PEUT-ON EN FAIRE ?
UN MODÈLE NUMÉRIQUE D'ÉLÉVATION *(DEM)*

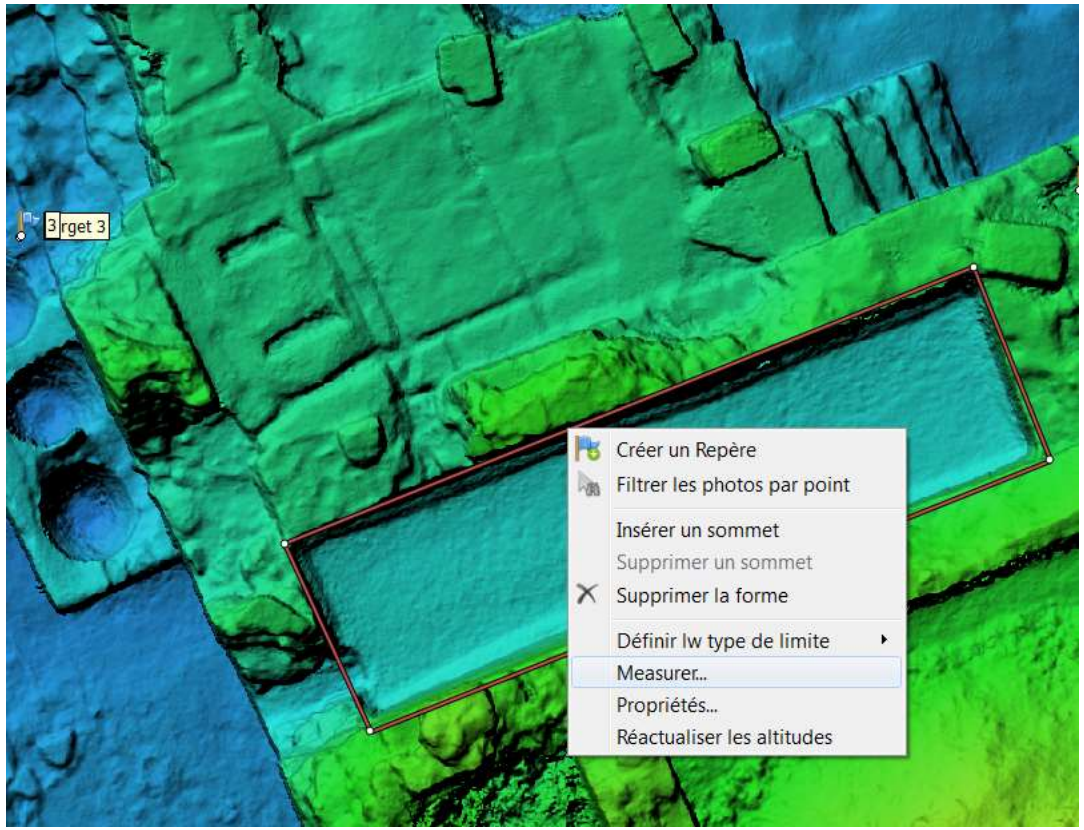
Chaque pixel de l'image comporte une valeur d'altitude (ou de profondeur). Avec un logiciel SIG, on peut, grâce à ce fichier, réaliser de nombreuses représentations et/où d'analyses très utiles : relief, courbes de niveaux, pentes etc… et disposer de centaines de milliers d'altitudes sur la surface de votre relevé. Si vous avez besoin d'une altitude que vous avez oubliée de relever sur le terrain, vous pouvez aller la chercher dans le SIG.

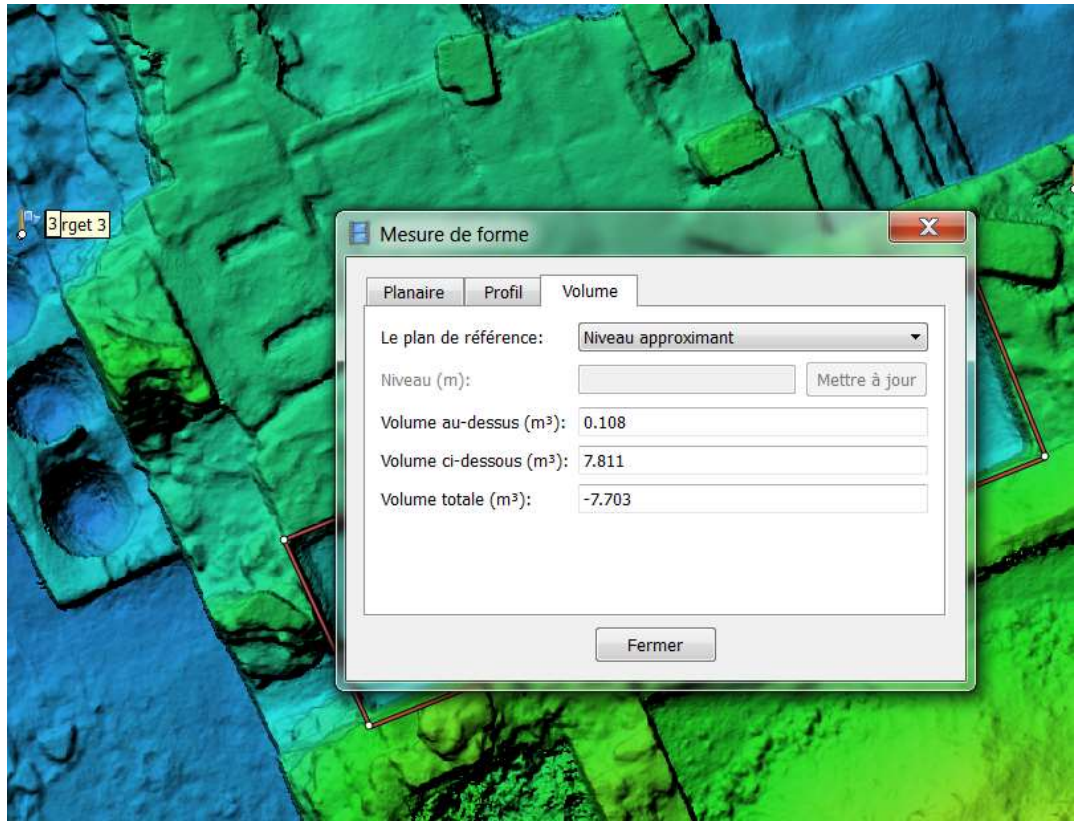
Zone 1 du site de Lattara, fouilles ASM

Attention, les photographies ne traversent pas la végétation. Le modelé prend donc en compte la canopée. Il existe des possibilités d'identifier automatiquement les points correspondant à la végétation pour ne conserver que les points du sol (classification).

Attention (2), il ne peut y avoir qu'une seule altitude pour une même coordonnée xy. C'est pour cela qu'on parle souvent de 2D et demi. Les élévations, les dévers… ne seront donc pas exploitables par cette méthode.

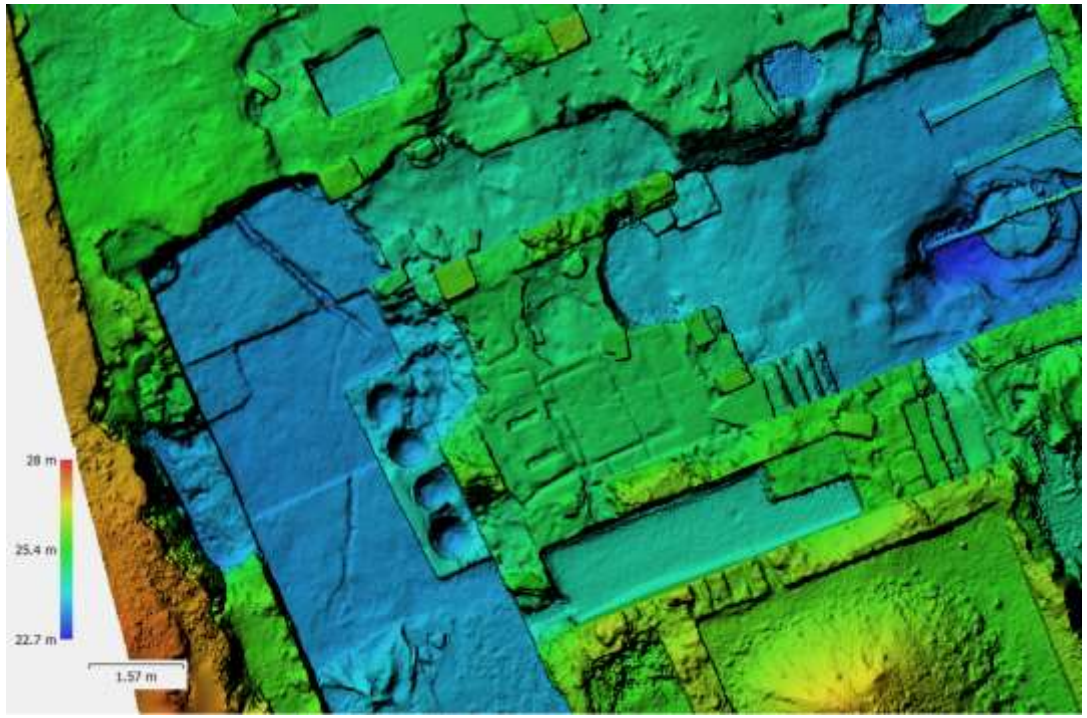
CALCULER DES SURFACES ET DES VOLUMES

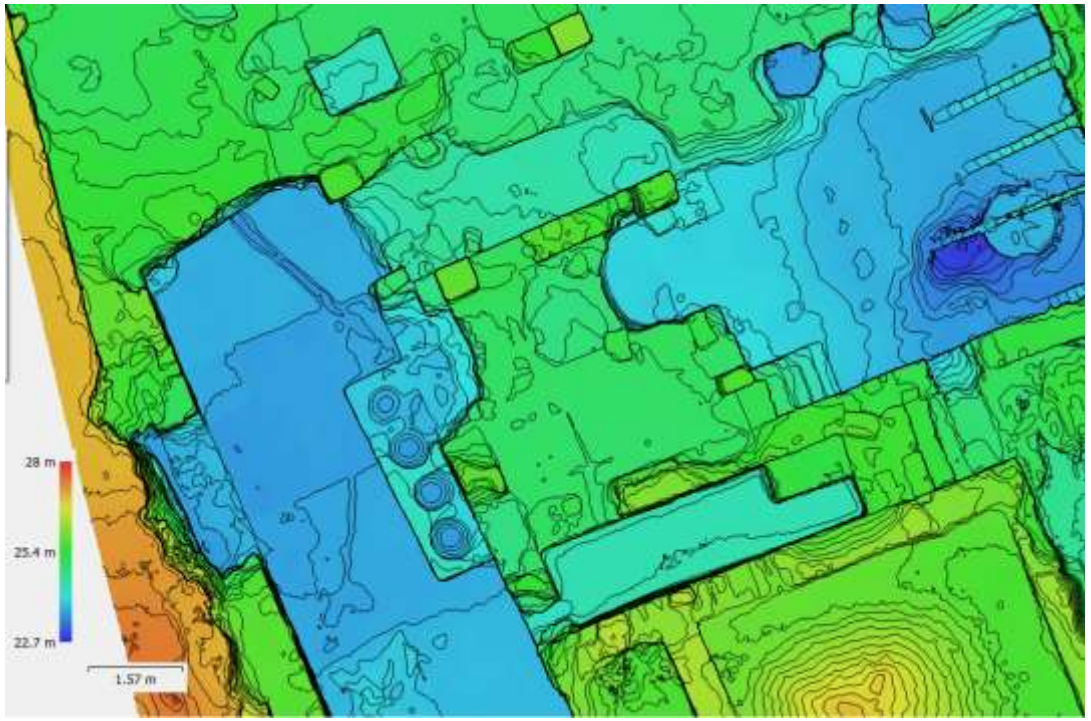




(*domus* de Rirha, Maroc, fouille ASM)

PRODUIRE DES COURBES DE NIVEAU



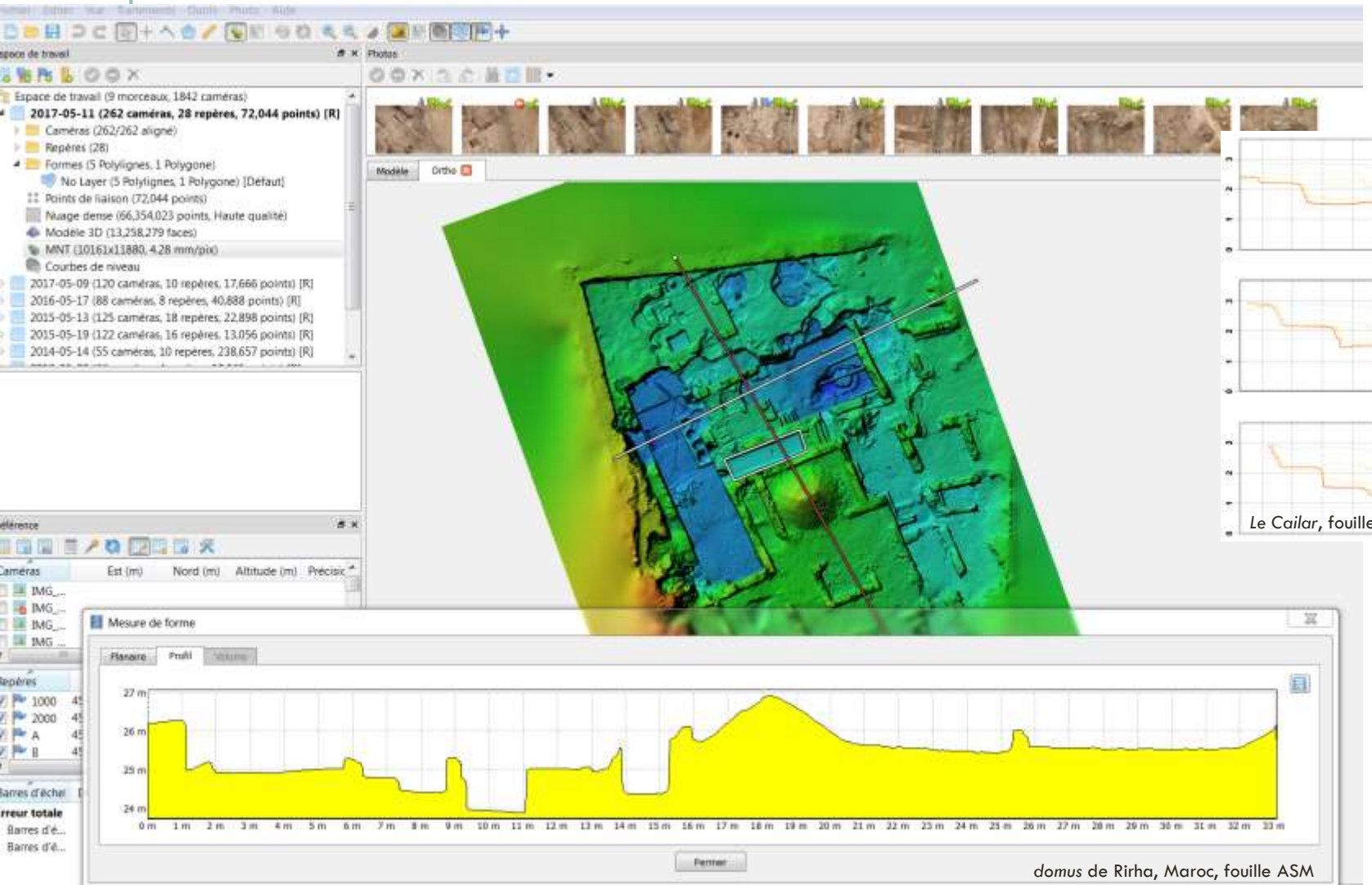


(*domus* de Rirha, Maroc, fouille ASM)

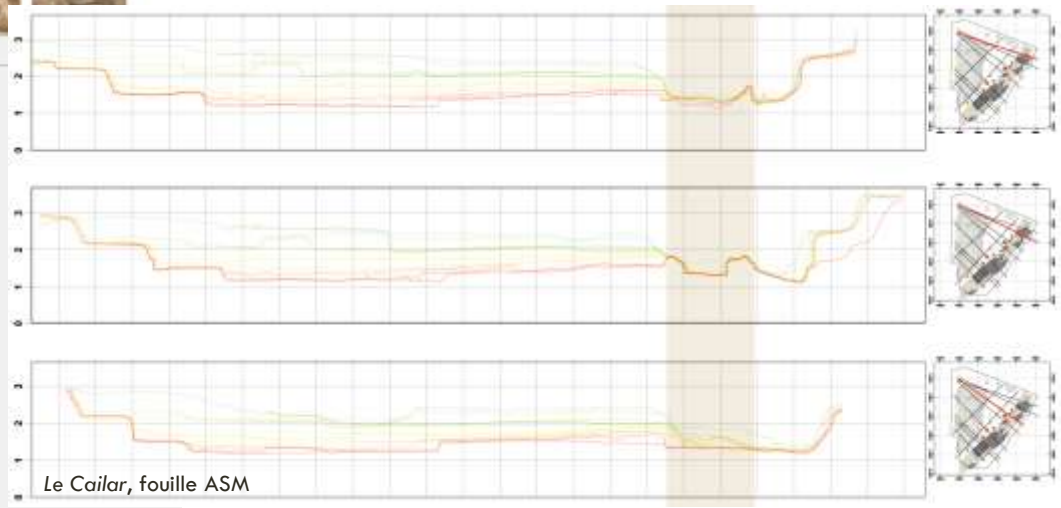
… que l'on peut exporter dans différents formats vectoriels

PRODUIRE DES SECTIONS

On peut réaliser des sections sur un axe (simple ou multiple) et l'exporter dans un logiciel de DAO.



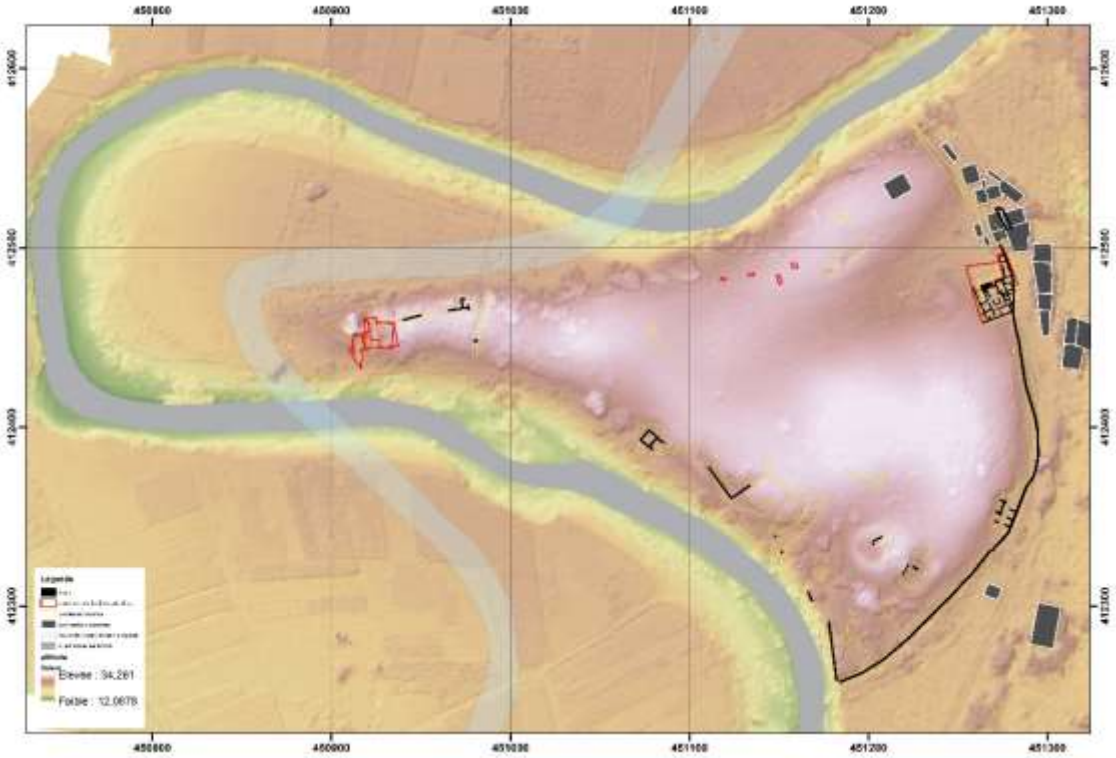
domus de Rirha, Maroc, fouille ASM



Le Cailar, fouille ASM

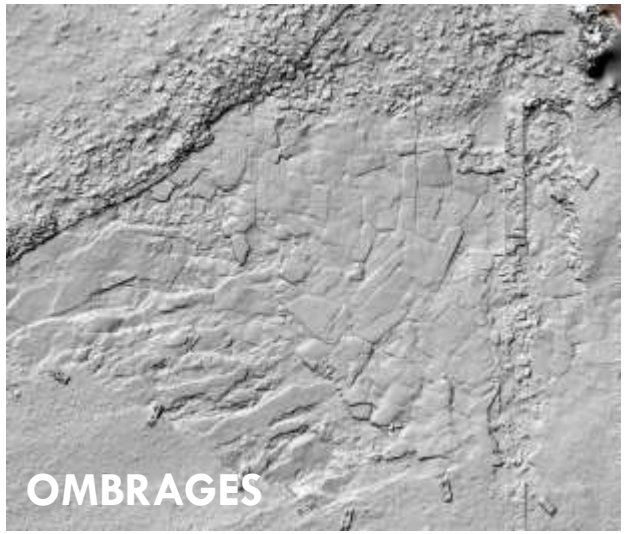
Ici, le cumul des sections de tous les MNE réalisés sur la fouille du Cailar (en beige, l'emplacement du rempart)

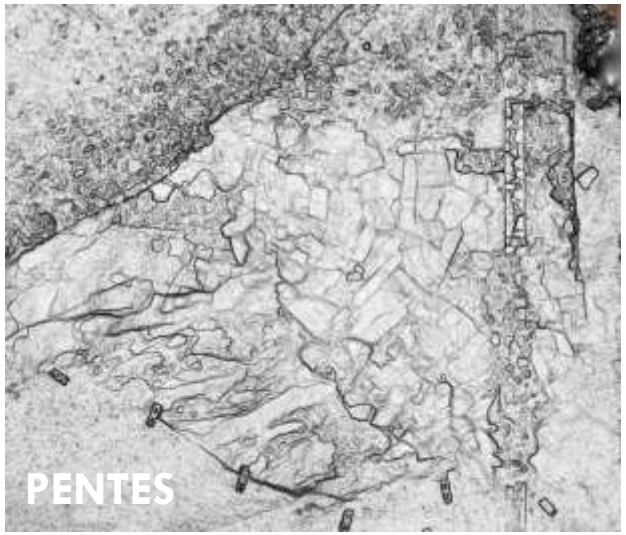
UN DOCUMENT INTÉGRABLE ET EXPLOITABLE DANS UN SIG EN 2D

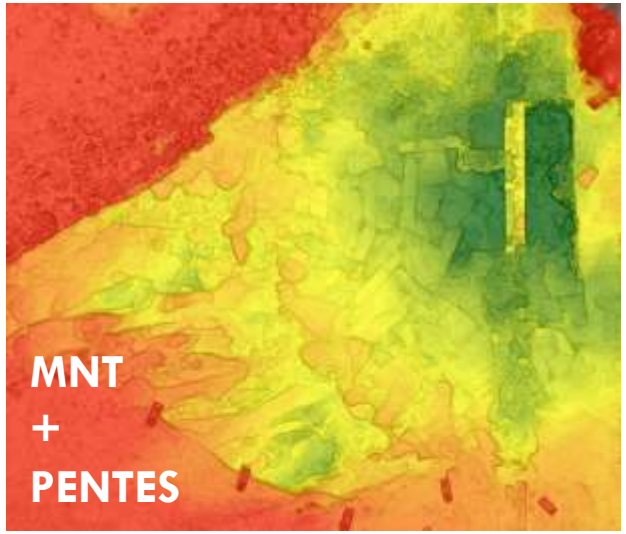


Site de Rirha (Maroc)

MNE réalisé à partir de photographies cerf-volant







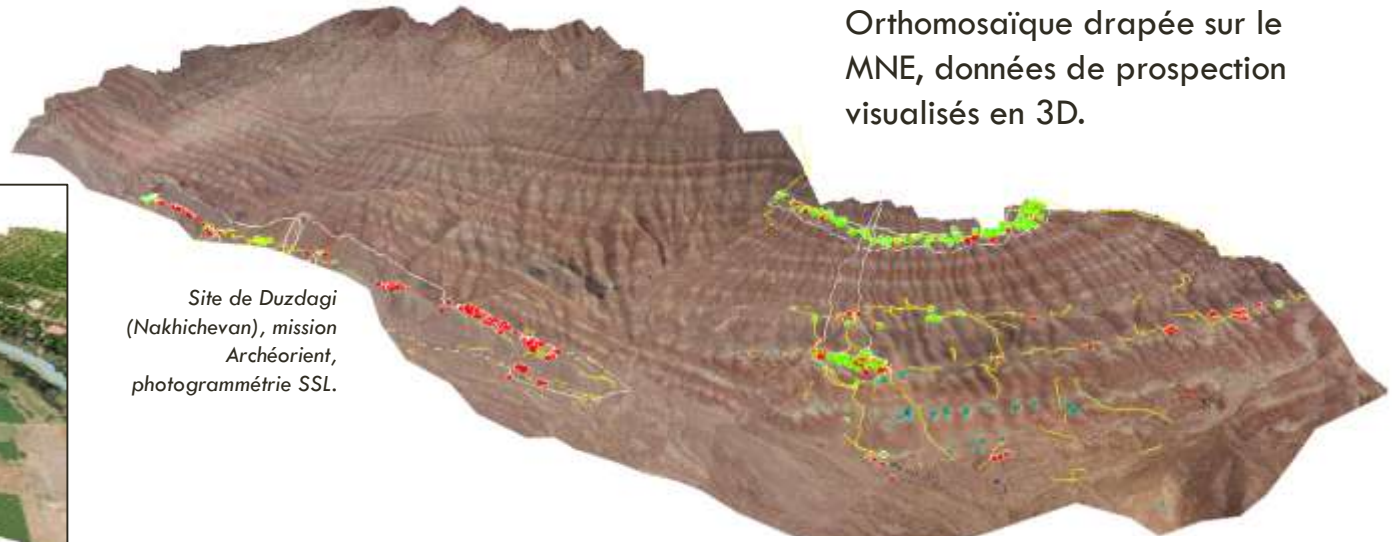
Fouille d'Ambrussum (ASM)

Différents traitements réalisés à partir du MNE

UN DOCUMENT INTÉGRABLE ET EXPLOITABLE DANS UN SIG EN 3D

Site de Rirha (Maroc)

Orthomosaïque drapée sur le MNE, éléments bâtis antiques et données de prospection visualisés en 3D.



Site de Duzdagi (Nakhichevan), mission Archéorient, photogrammétrie SSL.

Orthomosaïque drapée sur le MNE, données de prospection visualisés en 3D.

Site de Gruissan, fouille ASM

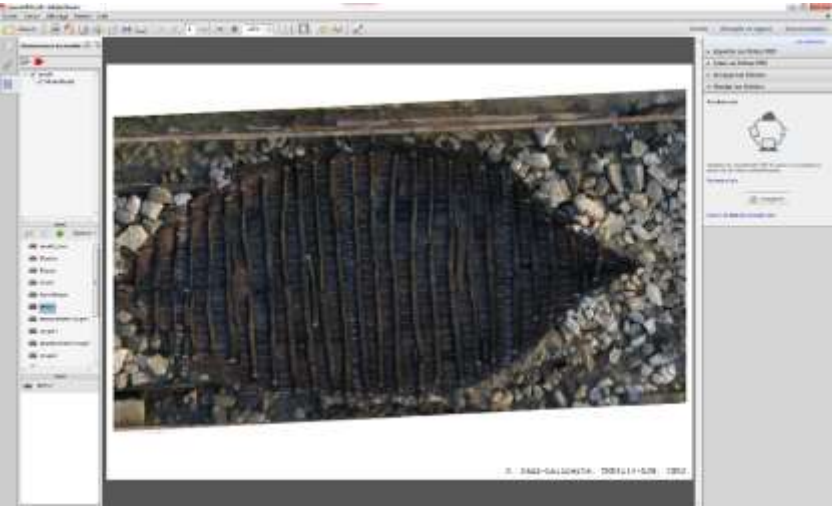
Orthomosaïque drapée sur le MNE, éléments bâtis antiques et données de prospection visualisés en 3D.

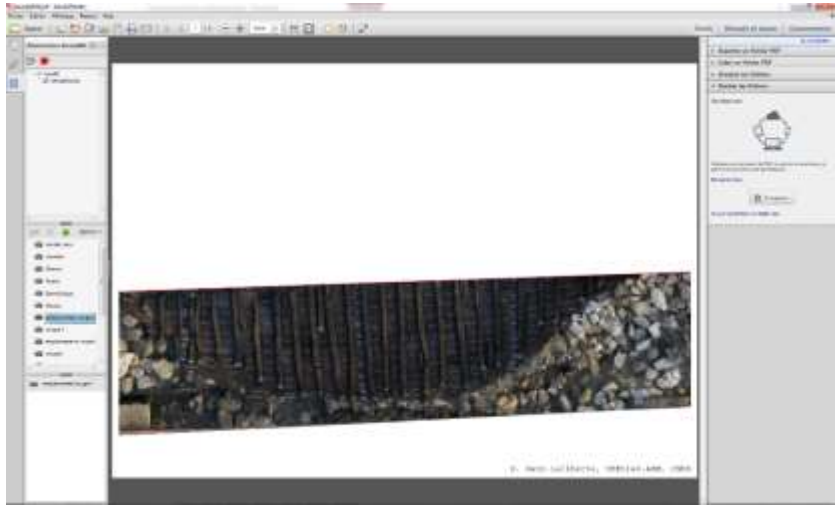
QUE PEUT-ON EN FAIRE ?
UN PDF3D

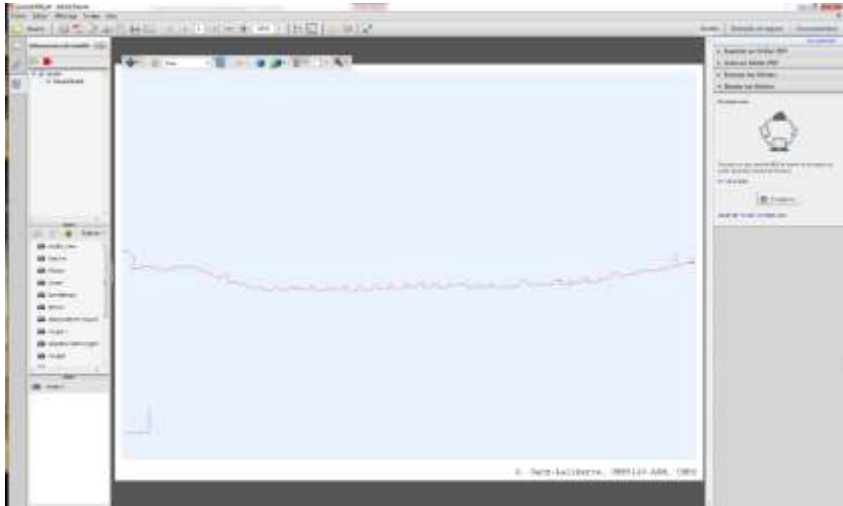
Un **PDF 3D** qu'on peut manipuler sur n'importe quel Acrobat Reader.

Il est possible d'enregistrer **différentes vues** d'un objet sur un même document, coupes (fonctions basiques) comprises.

Epave de Mandirac (**PCR** :Les ports antiques de Narbonne)-







QUE PEUT-ON EN FAIRE ?
UN MODÈLE POUR MESURER EN 3D

Fouilles de Maguelone, ASM.

QUE PEUT-ON EN FAIRE ?
UN FICHIER 3D POUR D'AUTRES LOGICIELS

A partir de ces volumes on peut produire :

Un **modèle 3D sous forme de nuage de points ou de maillage (.ply, .obj …)**. Ces fichiers peuvent être ensuite traités dans différents logiciels :

- de type Géomagic (coûteux) utilisé dans l'industrie, extrêmement puissant pour traiter les nuages de points et en métrologie (mesures) ou MeshLab (logiciel libre) capable de traiter de gros nuages de points ou des maillages. CloudCompare (logiciel libre) qui permet de comparer des nuages de points.

  Ces logiciels permettent en particulier de produire des sections prenant en compte les élévations de murs et les devers. Mais les fonctions métrologiques peuvent être également exploitées notamment pour calculer précisément des volumes.

- de type 3DS Max (payant) ou Blender (logiciel libre) qui sont des logiciels de modélisation 3D utilisés pour les restitutions et les « beaux rendus »

QUE PEUT-ON EN FAIRE ?
UN .KMZ

Un fichier Google Earth (kmz), que l'on pourra ouvrir et visualiser en un clic, sur le globe.

Site de Rirha (Maroc)