

TOPOGRAPHIE AUTOUR DE HAMA (2007-2010)

De 2007 à 2010, quatre équipes topographiques se sont succédées sur les sites de Tell en-Nasriyeh, Tell Massin et Tell Zemioun. Les missions de 2007 et 2008 avaient déjà réalisé un lever de Tell en-Nasriyeh et Tell Massin. Les missions de 2009-2010, outre les levés des fouilles en cours, ont agrandi les levés existants et les ont mis en conformité avec un système unique de coordonnées pour les trois sites.

En complément de ces levés traditionnels, les topographes ont élargi leur champ de travail pour participer à des études géomorphologiques ou effectuer un lever des structures souterraines du site. Nous nous limitons, ci-après, aux rapports topographiques des campagnes de 2009 et 2010 à en-Nasriyeh, ainsi qu'à un bref aperçu des travaux annexes exécutés.

TOPOGRAPHIE DE TELL EN-NASRIYEH 2009

Par Paul COURBON et Pascal RIETH

OPERATIONS PRELIMINAIRES

En fonction du fichier de points du dossier topographique 2007-2008, nous avons recherché les stations importantes nécessaires aux levés de 2009. Il est regrettable qu'aucun répertoire des stations n'ait été effectué par les topographes des missions précédentes. Cela aurait facilité notre travail. La majorité des points de station ont été retrouvés, mais nous avons dû en redéterminer 3 utiles à notre mission. Nous avons profité de ces déterminations pour vérifier le carroyage implanté les années précédentes ; il s'est révélé bon.

Quelques jours plus tard, les équipes d'archéologues étant arrivées, nous avons pu aussitôt planter les carroyages de piquets nécessaires à leurs nouvelles zones de fouilles.

RATTACHEMENT EN PROJECTION UTM

Avec l'apparition des Systèmes d'Information Géographique (S.I.G.), il devient nécessaire de travailler dans un système de coordonnées étendu. Cela permet d'avoir les données relatives à toute une région, ou tout un pays dans un système unique. Ici, cela s'imposait d'autant plus, que nous étudions deux sites distants d'une dizaine de kilomètres : Tell en-Nasriyeh et Tell Massin. De plus, le géomorphologue de la mission avait utilisé un GPS de poche, en projection UTM, lors de son étude du terrain. Quant au repérage sur Google Earth, il est facilité avec les coordonnées UTM.

Les relevés des années précédentes avaient été faits dans deux systèmes de coordonnées indépendants, un pour Tell en-Nasriyé, un pour Tell Massin, sans aucune liaison entre eux et inutilisables pour un travail d'ensemble. Notre premier travail a donc été de déterminer les coordonnées UTM de plusieurs stations pour faire une transformation :

coordonnées indépendantes → coordonnées UTM

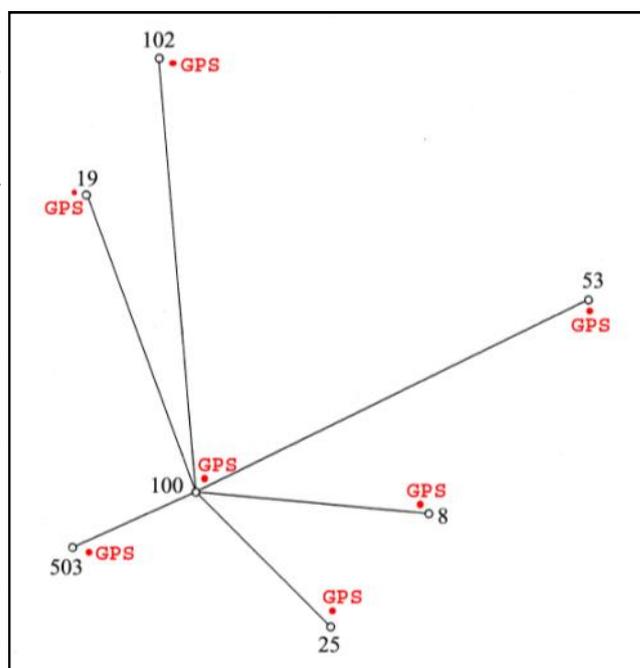
C'est ce que les topographes appellent un *changement de base*.

Méthodologie

Dans l'esprit des non spécialistes, il ya une confusion regrettable entre les levés GPS et les levés théodolite. Le lever GPS n'est pas la panacée universelle, il ne permet pas de travailler dans les zones avec des masques occultant les signaux des satellites et il ne permettra jamais de faire un lever de façade. Autre aspect : le GPS différentiel permet d'avoir une précision relative d'ordre centimétrique des points les uns par rapport aux autres. Mais si l'on veut une précision absolue (position dans le pays) du même ordre, il faut se rattacher à des points géodésiques du pays.

Or dans de nombreux pays, les coordonnées des points géodésiques, quand elles existent, sont détenues par l'armée et considérées comme secret militaire, en particulier en Syrie. On perd donc la précision absolue d'un GPS différentiel coûteux pour travailler dans le système de coordonnées du pays.

C'est donc au GPS de poche, que nous avons rattaché à la projection UTM les levés déterminés précédemment au théodolite. Nous avons observé une station topographique centrale et six autres stations disposées en étoile autour de cette station. Avec deux GPS de poches placés l'un à côté de l'autre, nous avons effectuées quatre sessions de 1 à 2 minutes, espacées de plusieurs heures. Les sessions de mesures ainsi effectuées sur chacun des sept points nous donnent des écarts type de 1,6 m en X et 1,7m en Y, soit un cercle d'indécision de 2,3 m de rayon, ce qui est excellent. En détermination absolue, on n'obtiendrait guère mieux avec un GPS différentiel cent fois plus coûteux.



Les 7 points de cette figure, déterminés au théodolite et au distancemètre infrarouge, ayant une précision relative de 2 cm, nous avons donc considéré cette figure comme indéformable. Il fallait alors lui appliquer une rotation et une translation globales pour l'accorder au mieux avec les points GPS.

Dans un premier temps, la différence moyenne des 6 gisements issus du point central 100, obtenus dans le système indépendant et des 6 gisements obtenus en UTM avec le GPS, nous a permis d'obtenir l'angle de rotation à apporter au lever.

Dans un second temps, nous avons apporté une translation à notre figure en étoile, sans la déformer, pour obtenir un écart minimal par rapport à l'ensemble des sept points GPS, tout en restant dans le cercle d'indécision de rayon 2,3 m de ces points GPS (fig.).

Paramètres de passage du système local aux coordonnées UTM

Rotation par rapport au point 100

$$dv = +9.17 \text{ gr}$$

Translation en XY du point 100

Coordonnées du point 100 dans système local : 9545.676 20010.385

Coordonnées du point 100 dans système UTM : 286664.35 3901255.20

Soit $\Delta X = 277118.674$ et $\Delta Y = 3881244.82$

Translation en Z

$$\Delta Z = +31 \text{ m}$$

| Résidus des points GPS après calage des points topographiques de Tell en Nasriyeh | | | |
|--|-----------------|-----------------|-------------------------|
| N° du point | Résidu en X (m) | Résidu en Y (m) | Rayon cercle indécision |
| 102 | -0,88 | -0.40 | 0,97 m |
| 19 | +1,01 | 0 | 1,01 m |
| 503 | -1,06 | +0.64 | 1,24 m |
| 25 | +0,37 | +0.70 | 0,79 m |
| 8 | +1,03 | -0.14 | 1,04 m |
| 57 | -0,21 | -0.43 | 0,48 m |
| 100 | -0,26 | -0.34 | 0,43 m |
| Somme résidus | 0 | 0.03 | Rayon moyen : 0.85 m |

Ce tableau nous montre l'excellence des mesures que l'on peut obtenir avec un GPS de poche en adoptant une méthode adaptée. Il confirme les résultats obtenus sur d'autres chantiers archéologiques en Syrie (er Rawda, Bosra, Shaara, Chaaba).

Bibliographie : Paul COURBON, 2009, Exercice topographique N°1 et correction, XYZ N° 121 et 122, revue de l'Ass. Franç. Topogr. (AFT), St-Mandé.

Calage des altitudes

La précision du GPS est moins bonne en altitude ; de plus, elle est aussi fonction du modèle de géoïde adopté. Un bon modèle de géoïde nécessite de nombreuses mesures de gravimétrie sur les points de nivellement de précision, ce qui n'est pas le cas de tous les pays. Néanmoins, la moyenne des mesures que nous avons effectuées au GPS correspond entre 1 et 4 mètres avec la carte de la micro région dressée par les Allemands en 2003-2004. Nous avons donc adopté les altitudes de cette carte, ce qui nous a amenés à rajouter une constante de +31 m aux altitudes des précédents relevés topographiques de Tell en Nasriyeh.

Carroyage des chantiers de fouilles

Sur Tell en-Nasriyeh, un système de carroyage découpant la zone en carrés de 10m avait été mis en place par les topographes des missions précédentes. Les coins de carrés qui avaient des coordonnées multiples de 10 m dans le système de coordonnées indépendantes, n'ont plus cette caractéristique dans la projection UTM. Cela n'a pas d'importance quand on peut préparer une implantation au bureau avant d'aller sur le terrain, c'est plus compliqué quand on doit faire une implantation au pied levé sur le terrain. Cependant, même si les coordonnées des coins de carrés ont changé, la numérotation des carrés reste la même.

Pour permettre de conserver un découpage de fouilles identique à celui des années 2007-2008, nous avons conservé les fichiers de points dans les deux systèmes.

LEVERS REALISES EN 2009

Suivi des chantiers de fouille

Des vérifications des piquets en place et des extensions de carroyage ont été réalisées sur les chantiers ouverts en 2008 et repris en 2009 (A et B). Les carroyages des nouveaux chantiers D, E, F et G ont été implantés, soit au total, 32 carrés. Des fichiers autocad individuels ont été ouverts pour chaque chantier. Des semis de points

des structures dégagées ont été pris pour que les archéologues puissent caler leurs dessins. Des fichiers de format dxf leur ont été fournis pour caler ces semis sur le logiciel Illustrator.

Le carroyage implanté, les fouilles peuvent commencer



Levers complémentaires

Des levés complémentaires ont été réalisés en 2009 pour mieux situer le tell dans son environnement. Il s'agit du lever de petites zones situées au bord de l'Oronte, non topographiées précédemment, ce qui nous a amenés à préciser le cours de l'Oronte et à mesurer l'altitude du niveau de l'eau en des points caractéristiques. Enfin, certains autres éléments structurants (les deux norias, calage de l'Oronte, route goudronnée...) ont été positionnés (Photo ci-contre). Nous avons aussi effectué une extension des levés au-delà des routes nord et est. Du côté est, cette extension est d'autant plus étendue qu'une importante structure funéraire y a été découverte (Tell ez-Zour).



L'un des deux systèmes de norias qui bordent le site.

Levers géomorphologiques

Plusieurs déterminations ont été demandées par le professeur de Dapper, géomorphologue, notamment des profils de versant de l'Oronte, ou des altitudes de terrasses. En particulier, un nivellement trigonométri-

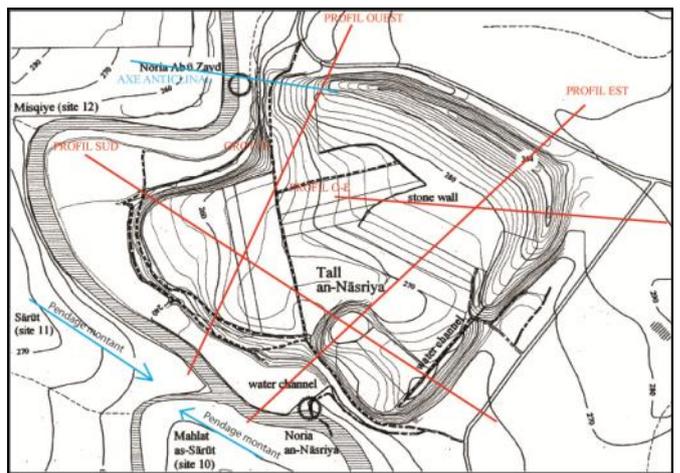


Discussion des mesures à effectuer avec le professeur De Dapper

que de près de 5 km a été réalisé pour déterminer l'altitude d'une terrasse située près de Khatab. Ces levés et profils ont été mis à la disposition du géomorphologue.

Concernant le site lui-même, nous avons effectué quatre profils en long permettant de bien situer le tell dans le terrain encaissant.

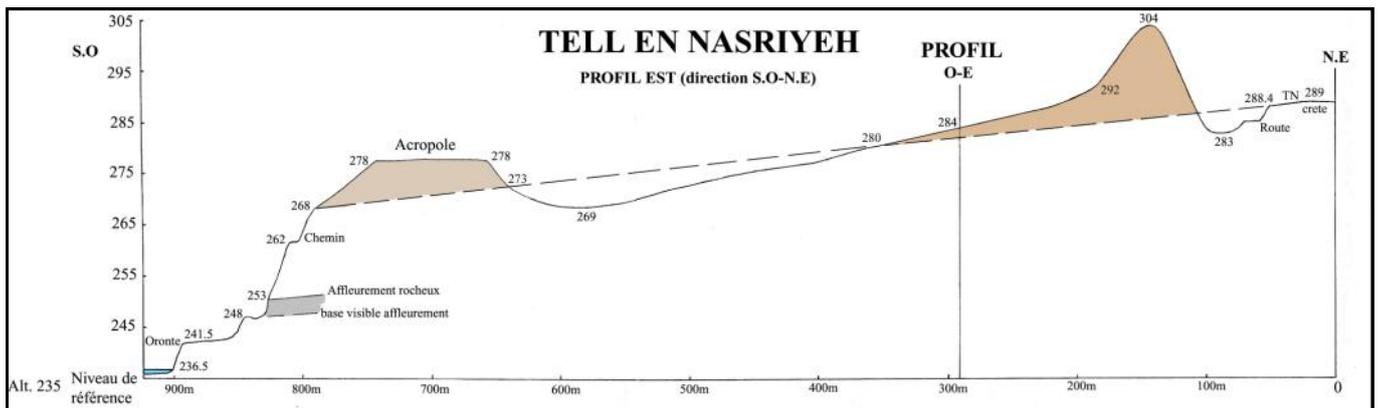
Profils réalisés pour caler le tell dans le terrain encaissant.

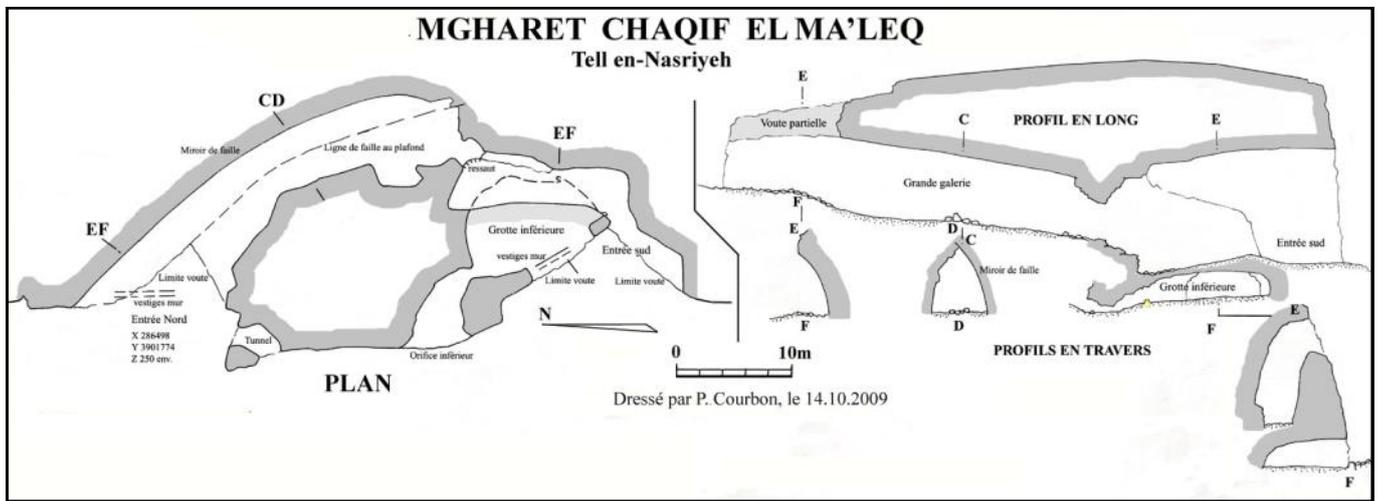


Lever souterrain

Sous les barres rocheuses qui limitent le tell à l'ouest, s'ouvre la vaste cavité appelée Mgharet Chaqif el Ma'leq (Grotte du terrain suspendu). Elle a révélé un habitat préhistorique, mais mériterait sans doute d'être à nouveau étudiée pour apporter un complément aux fouilles sur le tell. Nous avons décidé d'en faire le relevé topographique et de noter la fracture à la faveur de laquelle elle s'est formée, en rapport avec la coupu-

L'un des quatre profils permettant de préciser la levée de terre et l'acropole.





Quels sont les liens entre la grotte et le tell qui la surplombe? L'étude du site a été interrompue en 2011 !

re empruntée par l'Oronte. Document fourni au géomorphologue

UNIFORMISATION- MISE EN FORME DU PLAN TOPOGRAPHIQUE

Les levés 2007 (zone centrale) et 2008 (zones nord ouest et sud ouest) bien que réalisés dans le même système avaient été traités de manière indépendante et leur raccordement n'avait pas été assuré. En particulier, le raccordement entre les courbes de niveaux de 2008 et celles de 2007, ce qui posait des problèmes de continuité linéaire.

Nous avons donc réalisé un nouveau Modèle Numérique de Terrain (MNT) d'ensemble, à partir des semis de points des trois campagnes topographiques, afin d'aboutir à un ensemble cohérent. Des erreurs ont été corrigées et les lignes de rupture de pentes manquantes (haut talus, bas talus, routes, terrasses...) ont été prises en compte. Nous en avons ensuite déduit les courbes de niveau par la fonction adéquate du logiciel Covadis.

REPERTOIRE DES STATIONS

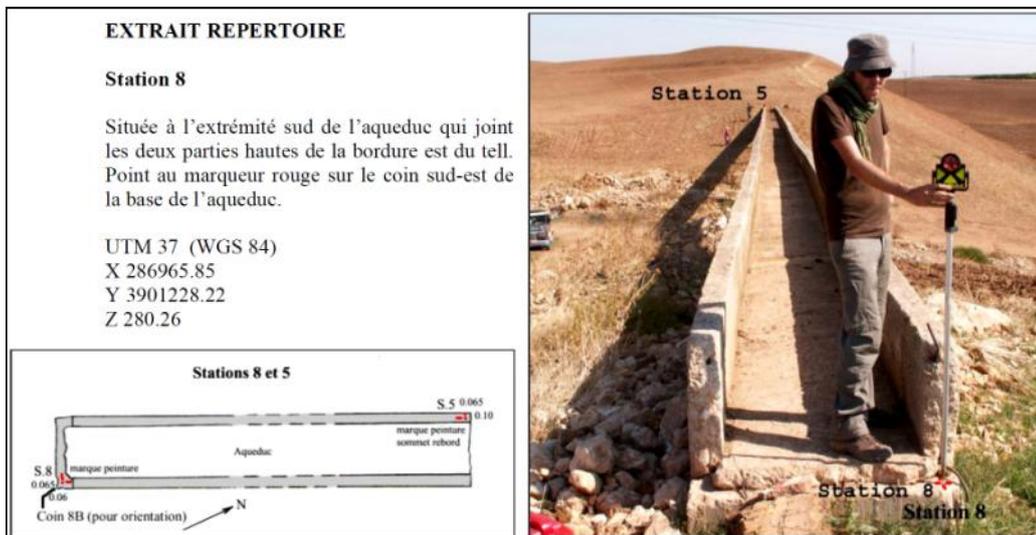
Quand une mission doit s'étendre sur plusieurs années, il est nécessaire de pouvoir retrouver les stations topographiques d'une année sur l'autre. Un répertoire des stations avec croquis et photographies a été réalisé afin de démarrer les levés futurs sur de bonnes bases. Nous en donnons ci-dessous un aperçu pour une station.



Le magnifique miroir de la faille où s'est creusée la grotte, vestige des fracturations qui ont permis à l'Oronte de traverser un anticlinal calcaire.

Plans à éditer

Il faut adapter les plans topographiques en vue de l'édition en format A4 ou A3. Les plans topographiques bruts, destinés à être imprimés sur un format plus grand, sont généralement illisibles quand on les réduit. Il faut donc les simplifier pour éviter l'empâtement des traits et adapter la grandeur des écritures à une impression en plus petit format. Nous avons donc créé un fichier autocad (dwg) Nasriyeh 2009 carto. Des versions sur Illustrator et en JPG en ont également été faites. Sur la page suivante figure ce plan simplifié



Toutes nos stations ont fait l'objet d'un tel repérage pour servir aux équipes qui pourraient nous succéder dans les années à venir.

TOPOGRAPHIE DE TELL EN-NASRIYEH 2010

Opérations effectuées du 17 au 24 octobre 2010

Par Pierre BRIAL et Paul COURBON

OPERATIONS PRELIMINAIRES

A partir du répertoire dressé par Paul Courbon en 2009, nous avons parcouru les stations topographiques du site afin de vérifier leur état. Nous avons constaté que le tell avait été labouré jusqu'à la crête des remparts, ce qui a provoqué la destruction des stations 102 et 57. Les autres stations ont survécu, mais certaines, matérialisées par de la peinture, étaient presque effacées. Nous les avons donc gravées au burin et marquées à nouveau à la peinture. Le répertoire des stations a été mis à jour en fonction de ces éléments et des nouvelles stations.

SUIVI DES CHANTIERS DE FOUILLES

Tell ez-Zour (Tumulus)

Les carrés de fouilles implantés au début de la mission 2010 par une archéologue de l'IFPO ont été contrôlés. Un léger décalage ayant été constaté, les piquets matérialisant les carrés ont été réalignés. Un carré supplémentaire a été implanté au sommet du tell. Deux points altimétriques qui serviront d'appui au dessin de la coupe ont été déterminés.

Chantier A

Des points devant servir au calage des photographies verticales du chantier ont été relevés.

Chantier B

Un relevé des points d'appui au dessin pierre à pierre a été effectué. Quatre profils ont été également relevés

Chantier D (Acropole)

Un relevé des points d'appui au dessin pierre à pierre a été effectué.

Chantier F

Les points devant servir au calage des photographies verticales ont été levés, ainsi que ceux servant d'appui au dessin pierre à pierre (Photo ci-contre).

Chantier H

Trois profils ont été relevés, sur les trois faces des coupes de la fouille.



Sur le chantier F

TRAVAUX GEODESIQUES

Le réseau de stations du site de Nasriyah ayant été rattaché en 2009 au système WGS 84 avec un GPS de navigation, il était intéressant de vérifier la précision de l'orientation vers le Nord de ce réseau, et donc celle des plans produits.

Le 24 octobre, la lune était visible depuis le site en début de matinée. Quatre visées astronomiques ont été effectuées sur les limbes gauche et droit, à partir de la station SF du chantier F, et en prenant pour référence la station 8b. La moyenne des visées a donné pour la lune à 7h 00' 07" un gisement de 317.758 grades (+/-0.008gr) à partir du Nord géographique. Les éphémérides de la Lune indiquent un gisement théorique de 317.772 grades (+/-0.006). La précision de l'orientation du chantier est donc de l'ordre de $317.772 - 317.758 = 0.014$ grades, ce qui correspond à un défaut d'orientation de 2 cm à 100 m et est excellent.

Rattachement des plans de fouilles

En 2009, le plan général du site avait été rattaché à la projection UTM et nous avons expliqué pour quelles raisons. Cependant, les plans des chantiers qui correspondaient à un découpage issu du système de coordonnées indépendant avaient été laissés dans ce système. En 2010, nous avons préféré tout harmoniser.

En 2010, les plans de détails des chantiers ont donc été convertis dans le système WGS 84 - UTM. La transformation s'effectuant par une translation et une rotation, avec les paramètres qui ont été indiqués en supra dans le rapport topographique de 2009.

Transformation dans le sens Local → UTM

Translation : $\Delta X = + 277\ 118.674$ m
 $\Delta Y = + 3\ 881\ 244.82$ m
 $\Delta Z = + 31$ m

Rotation :

Centre de la rotation :
X = 286 664.35
Y = 3 901 255.20
Angle :
 $v = + 9.17$ gr

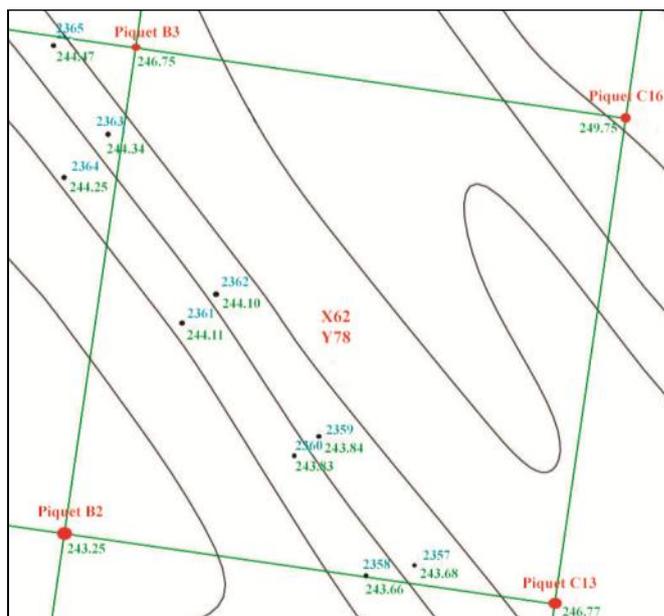
Pour les versions de logiciels topographiques demandant des points d'appuis pour effectuer ce type de transformation, les coordonnées suivantes peuvent être utilisées :

| N° | Local | | WGS84-UTM | |
|----|------------|------------|-------------|---------------|
| | X | Y | X | Y |
| 1 | 8 781.294 | 20 652.108 | 286 000.000 | 3 902 000.000 |
| 2 | 10 265.760 | 20 867.425 | 287 500.000 | 3 902 000.000 |
| 3 | 10 445.191 | 19 630.370 | 287 500.000 | 3 900 750.000 |
| 4 | 8 960.725 | 19 415.053 | 286 000.000 | 3 900 750.000 |

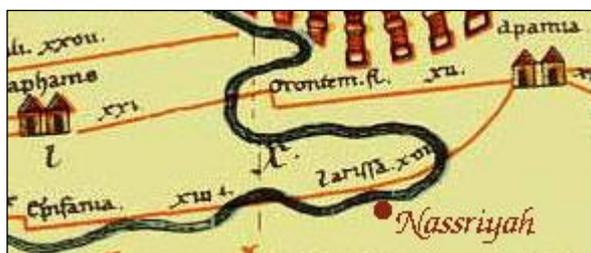
Nota 1 : Mais, cette opération génère un inconvénient. Quand on leur livre un semis de points imprimé sur papier, les archéologues veulent avoir sur la feuille le contour du carroyage de 10 m qui leur permet de caler tous les carrés les uns par rapport aux autres. Leur échelle de prédilection étant le 1/50, le carré de 10m sur le terrain, mesure 20 cm sur le papier et rentre juste sur le format 21x29,7 (A4) de l'imprimante de la mission. Or, le passage des coordonnées indépendantes aux coordonnées UTM a donné une rotation de 9,17 gr au carroyage qui, étant incliné, ne rentre plus dans la feuille.

Lorsque l'archéologue désire à tout prix avoir son carré sur une feuille A4, il faut donc donner au dessin une rotation de -9,17 gr (ou 390,83gr). Dans certaines versions d'Autocad, cette rotation peut se faire au moment de l'impression. Si on n'a pas cette version, on peut créer un fichier provisoire auquel on a apporté cette rotation, juste pour l'impression.

Nota 2 : Nous rappelons ce qui avait motivé en 2009 notre rattachement à la projection UTM. Un nouveau topographe pourra retrouver les stations plus facilement avec son GPS de poche. Lors de ses études sur le terrain, le géomorphologue déterminait les points remarquables au GPS, ce qui lui permettait de les reporter sur le plan général du site. Enfin, si le site devait faire l'objet d'un SIG (Système d'information géographique) à l'échelle de la Syrie, il serait ainsi placé dans un système de coordonnées couvrant tout le pays.



Carroyage du chantier transformé en UTM. Les points pris par le topographe permettront à l'archéologue de caler son relevé pierre à pierre.



Synthèse des rapports 2009 et 2010 de P. Brial, P. Courbon, P. Reith, réalisée le 05.04.2017.