



**HAL**  
open science

## Le réseau hydraulique de la ville préincanica de Tiwanaku (Bolivie) : géométrie, organisation et chronologie

M.-A Vella, Grégory Bièvre, Christophe Delaere, Julien Thiesson, Roger  
Guérin, Carlos Heredia, Stéphane Guédron

### ► To cite this version:

M.-A Vella, Grégory Bièvre, Christophe Delaere, Julien Thiesson, Roger Guérin, et al.. Le réseau hydraulique de la ville préincanica de Tiwanaku (Bolivie) : géométrie, organisation et chronologie. 12ème Colloque GEOFCAN Géophysique des sols et des formations superficielles, Mar 2021, Grenoble, France. hal-03409540

**HAL Id: hal-03409540**

**<https://hal.science/hal-03409540v1>**

Submitted on 29 Oct 2021

**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.

## LE RÉSEAU HYDRAULIQUE DE LA VILLE PRÉ-INCA DE TIWANAKU (BOLIVIE): GÉOMÉTRIE, ORGANISATION ET CHRONOLOGIE

VELLA M.-A.<sup>1</sup>, BIÈVRE G.<sup>2</sup>, DELAERE C.<sup>3</sup>, THIESSON J.<sup>4</sup>, GUÉRIN R.<sup>4</sup>, HEREDIA C.<sup>2,5</sup>, GUÉDRON S.<sup>2,5</sup>

<sup>1</sup> Institut Français d'Etudes Andines, IFEA, UMIFRE 17 CNRS/MAEDI, La Paz, Bolivia

<sup>2</sup> Univ. Grenoble Alpes, Univ. Savoie Mont Blanc, CNRS, IRD, Univ. Gustave Eiffel, ISTerre, 38000 Grenoble, France

<sup>3</sup> Oxford Centre for Maritime Archaeology (OCMA), University of Oxford, OX1 2PG, United Kingdom

<sup>4</sup> UMR 7619 METIS, Sorbonne University, CNRS, EPHE, 75005, Paris, France

<sup>5</sup> Laboratorio de Hidroquímica - Instituto de Investigaciones Químicas - Universidad Mayor de San Andres, Campus Universitario de Cota Cota, casilla 3161, La Paz, Bolivia

### RESUMÉ

La ville de Tiwanaku (Centre du patrimoine mondial de l'UNESCO) est l'un des plus grands centres urbains préhispaniques des Andes. La gestion de l'eau était centrale pour le développement des civilisations anciennes. Jusqu'à présent, les connaissances sur l'existence d'un réseau d'eau autour de la ville de Tiwanaku se limitent à des hypothèses issues d'observations de surface et aériennes. Les techniques géoscientifiques (morphologie, géophysique et chronostratigraphie) ont été utilisées pour restituer la chronologie de fonctionnement, la morphologie et cartographier les principales composantes hydrologiques des canaux.

**Mots clés :** *Prospection géophysique multi-technique, photogrammétrie, chronostratigraphie, morphologie et organisation des canaux*

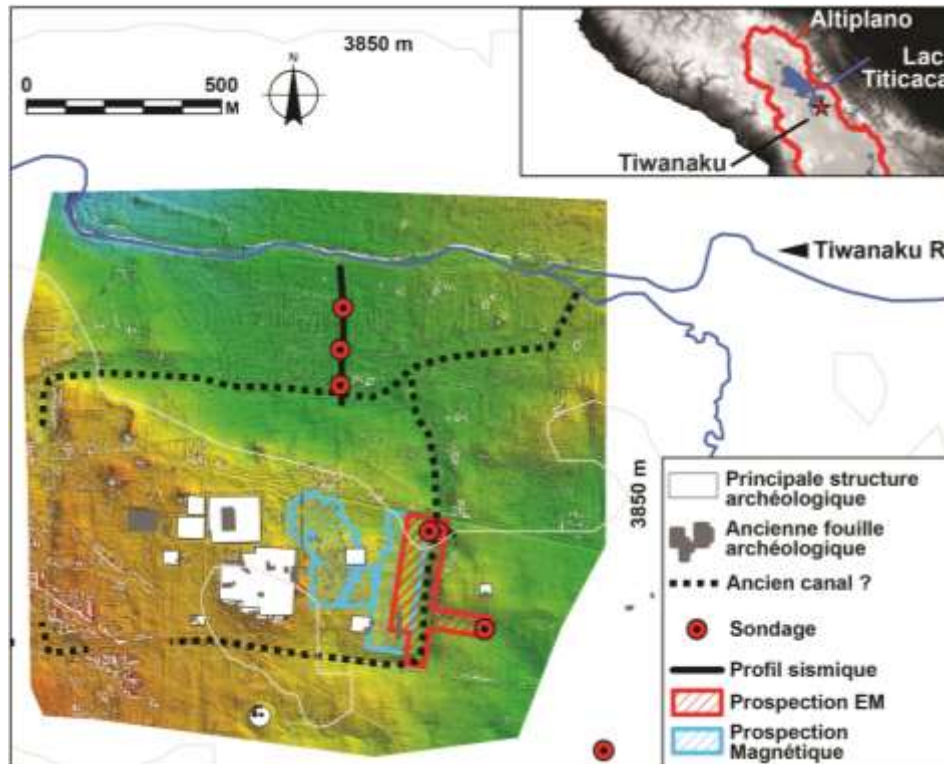
### ABSTRACT

The city of Tiwanaku (UNESCO World Heritage Center) is one of the largest pre-Hispanic urban centers in the Andes. Water management was central to the development of ancient civilizations. Until now, knowledge about the existence of a water network around the city of Tiwanaku is limited to hypotheses from surface and aerial observations. Geoscientific techniques (morphology, geophysics and chronostratigraphy) were used to restore the chronology of use, the morphology and to map the main hydrological components of the canals.

**Key words:** *Multi-technique geophysical prospecting, photogrammetry, chronostratigraphy, canal morphology and organization, Tiwanaku, Bolivia.*

### INTRODUCTION

Née des rives du lac Titicaca à 3830 m d'altitude (Fig. 1), l'influence culturelle de la civilisation Tiwanaku s'est étendue de la côte pacifique à la partie ouest de l'Amazonie entre 400 et 1150 AD. Au 12<sup>ème</sup> siècle, cette civilisation a disparu après une sécheresse qui aurait affecté l'ensemble de l'Altiplano (Kolata 2003). La chronologie absolue des événements climatiques n'est pas clairement établie (Abbott et al. 2003). En fait, le Petit Âge Glaciaire (LIA, 1450-1850 AD), identifié en Amérique du Sud (Rabatel et al. 2008) n'est pas clairement identifié dans les formations alluviales de l'Altiplano bolivien. Aucune étude n'a porté sur l'évolution paléo-géographique de l'ensemble du bassin versant de la rivière Tiwanaku. Si le noyau monumental de la cité antique de Tiwanaku est étudié depuis des décennies (Janusek 2008), peu d'études ont concerné la partie périphérique du site et l'organisation urbaine n'est pas clairement identifiée.



**Fig. 1** – Localisation de la cité précolombienne de Tiwanaku. Les prospections géophysiques et les sondages réalisés sont représentés sur le fond topographique obtenu par photogrammétrie.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les informations recueillies au cours de notre étude sont combinées avec un Système d'Information Géographique (SIG) (Fig. 1 à 3, Tab. 1).

- Une mosaïque orthophotographique et un modèle numérique de terrain (MNT) acquis avec un drone ont été produits afin d'identifier les structures archéologiques et les monticules anthropiques du centre monumental de Tiwanaku (Fig. 1) ;
- Une carte magnétique réalisée avec un gradiomètre G858 a été fusionnée avec des mesures précédentes (Bartington Grad601 fluxgate, gradiomètre G858) afin d'identifier les anomalies magnétiques anthropiques (Fig. 2) ;
- Le géoréférencement du plan de fouille de 10 secteurs préalablement excavés a permis de confirmer notre hypothèse ;
- Une prospection électromagnétique (Fig. 3A) et un profil sismique (Fig. 3B) ont été réalisés sur le canal monumental extérieur afin d'en évaluer les caractéristiques géométriques ;
- L'analyse sédimentologique et géophysique des forages réalisés sur la plaine d'inondation de la rivière Tiwanaku, permet de restituer l'évolution de la dynamique alluviale.

Méthode	Surface explorée
Photogrammétrie (drone)	200 ha
Prospection EM	4.2 ha
Prospection magnétique	7.5 ha
Profil sismique	2 (Long. 64 m, prof. 8 m) (Long. 140 m, prof. 15 m)
Fouille archéologique ancienne	1,3 ha
Sondage	5 (prof. min. 1 ; max 3 m)

**Tab. 1** – Surface explorée pour chaque méthode mobilisée sur la cité précolombienne de Tiwanaku

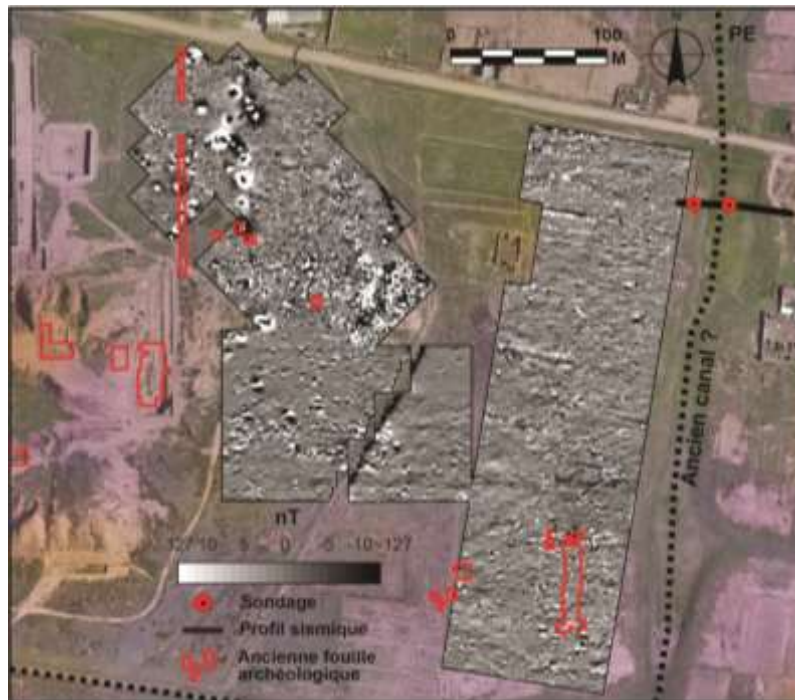


Fig. 2 – Cartographie du gradient magnétique.

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les résultats que nous avons obtenus ont permis i) de détecter d'anciens murs de fondation et des structures hydrauliques en relation avec des structures domestiques et monumentales excavées du noyau interne de Tiwanaku; ii) restituer une importante gestion rituelle et d'approvisionnement en eau dans et autour de Tiwanaku; iii) fournir de nouvelles informations sur la dynamique et la morphologie alluviales pendant la période Tiwanaku.

## CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Des données issues de contenus biologiques (pollen, charbon de bois, ostracodes, diatomées, bivalves ...) permettront de caractériser l'évolution de la morphologie et de la composition de la végétation, mais aussi de déterminer les caractéristiques des zones humides qui sont associées au réseau de canaux. L'étude des formes alluviales et des anciens canaux dans la basse vallée et à proximité du Lac Titicaca permettra à terme de relier plus précisément le fonctionnement hydraulique de la cité de Tiwanaku avec les variations du Lac Titicaca.

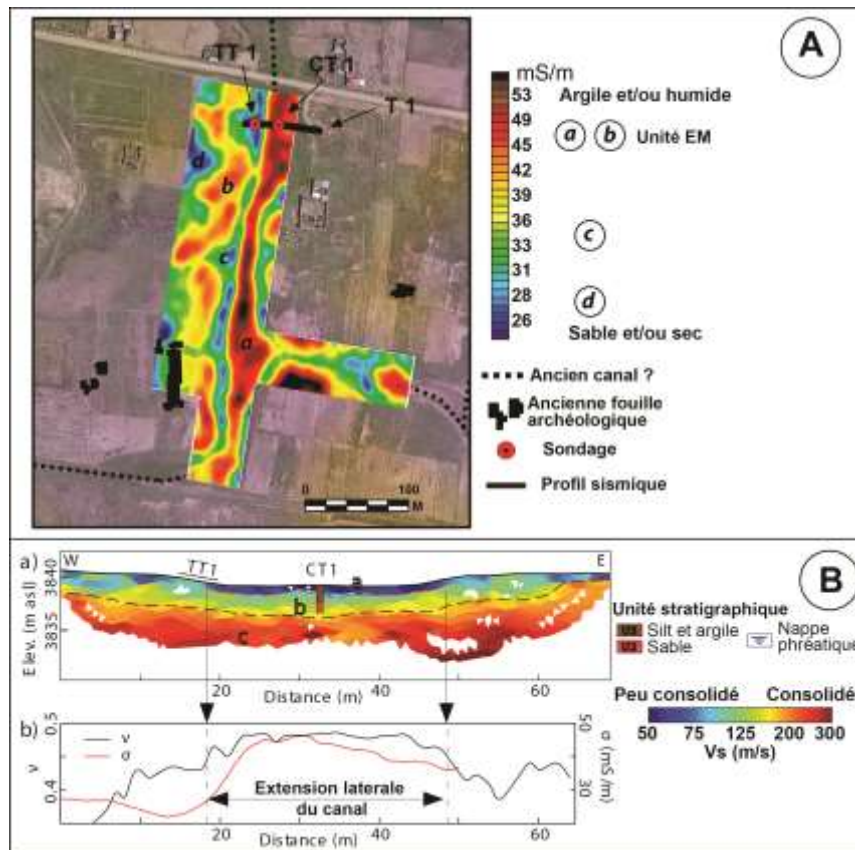


Fig. 3 – Relevés géophysiques du secteur Est du site archéologique de Tiwanaku (la localisation est précisée sur la figure 1). A. Cartographie électromagnétique pour des profondeurs d’investigation d’environ 2.2 m. B. Tomographie sismique T1. a) Vitesse des ondes S. b) Profils du coefficient de Poisson et de la résistivité apparente extraite de la figure 2A.

## Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier le ministère des Affaires étrangères et de la Diplomatie internationale de France (MAEDI), l’Ambassade de France en Bolivie, l’Institut de Recherche en Développement (IRD), l’Universidad Mayor de San Andrés (Bolivie), les Communautés autonomes de l’État plurinational de Bolivie pour leur accueil et leur intérêt pour le projet.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ABBOTT M. B., WOLFE. B. B., WOLFE A. P., SELTZER G. O., ARAVENA R., MARK. B. G., POLISSAR P. J., ROBBELL D. T., ROWE H. D., VUILLE M., 2003 - Holocene paleohydrology and glacial history of the central Andes using multiproxy lake sediment studies. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 194: 123-138.

JANUSEK J. W., 2008 - Ancient Tiwanaku. *Cambridge University Press, Cambridge*.

KOLATA A. L., 2003 - Tiwanaku and Its Hinterland: Archaeology and Paleoecology of an Andean Civilization. *Urban and Rural Archaeology (Kolata, A. L., ed.), Smithsonian Institution Press, Washington D. C.*

RABATEL A., FRANCOU B., JOMELLI V., NAVEAU P., GRANCHER D., 2008 - A chronology of the Little Ice Age in the tropical Andes of Bolivia (16°S) and its implications for climate reconstruction. *Quaternary Research*, 70: 198-212.