

## إسهام أنظمة المعلومات الجغرافية في دراسة المنشآت المائية

## The contribution of geographic information systems to the study of hydraulic structures

د. / عماري عبد الهادي

المدرسة الوطنية العليا للري بالبلدية.

البريد الإلكتروني: [a.ammari@ensh.dz](mailto:a.ammari@ensh.dz)

أ.د. / رميني بوعلام

قسم الري/جامعة البليدة01.

البريد الإلكتروني: [remini1961@gmail.com](mailto:remini1961@gmail.com)

## الملخص:

مع تطور أدوات نظم المعلومات الجغرافية، لم تعد هذه النظم تقتصر على تمثيل المواقع مكانياً، بل أصبحت منصات تحليلية متكاملة تعتمد على قواعد بيانات تسمح بتجميع وتحليل المعطيات المستخلصة من أعمال التنقيب الأثري والمصادر التاريخية. في هذا الإطار، قام فريق Pr Cees W. Passchier بإنشاء قاعدة بيانات للمواقع الهيدروليكية الأثرية في الجزائر، شملت أكثر من 100 موقع ونحو 77 مساراً محتملاً للقنوات المائية، ما يشكل أساساً علمياً مهماً لدراسة الشبكات المائية القديمة. ركز التحليل الأولي على قنوات شرشال، وبادس، وتاهودة، وأظهرت دراسة الملامح الطولية باستخدام برنامج ArcGIS تحكماً دقيقاً للمصممين الرومان في طبوغرافية الأرض وحساب منحدرات الجريان. غير أن استكمال الدراسة يستلزم أعمالاً ميدانية لجمع معطيات إضافية حول المنابع ومواد البناء ومنشآت الانتقال، بهدف نمذجة التدفق وتقدير معدلاته، وتعميق فهم الهندسة الهيدروليكية الرومانية.

**الكلمات المفتاحية:** قنوات نقل المياه، الجزائر، خريطة المواقع، مقاطع طولية.

## Abstract:

With the development of tools related to Geographic Information Systems (GIS), these systems are no longer limited to spatial visualization platforms, but have become integrated analytical tools supported by databases that allow for the collection and analysis of data obtained from archaeological excavations as well as historical documents and references. In this context, the team led by Pr. Cees W. Passchier established a database of archaeological hydraulic sites in Algeria, covering more than 100 locations and approximately 77 potential water channel routes. Although this database mainly represents a cartographic synthesis with limited descriptive information, it provides a solid foundation for the comprehensive documentation of hydraulic networks across Algeria. This includes the analysis of channel design, longitudinal profiles, average gradients, and the selection of water sources, with the aim of enhancing our understanding of Roman hydraulic engineering and enabling comparisons with contemporary techniques used in Europe. Preliminary analyses focused on selected sites such as the Cherchell (Caesarea) aqueduct, the Bades aqueduct, and the

Tahouda water supply system. Longitudinal profile studies conducted using ArcGIS demonstrate the designers' advanced knowledge of surface topography and water flow gradients. However, further fieldwork is required to complete the dataset, particularly regarding water sources, construction materials, flow sections, and transition structures, in order to enable flow modeling and discharge estimation.

**Keywords:** Aqueducts, Algeria, Site Mapping, Longitudinal Profiles.

لطالما انحسرت دراسة المنشآت المائية القديمة في دراسات وصفية، تغيب عنها عادة التحاليل التقنية الحديثة (BIREBENT, J., 1962) إلا أن تطور التقنيات الاستقصائية البحثية سمح بصدور عدة أبحاث، سمحت لنا بالوقوف على مدى تطور المنشآت المائية الرومانية مثلاً بالنظر إلى الفترة التي أنجزت فيها، كتلك المتعلقة بالمنشآت الهيدروليكية التي درسها HUBERT CHANSON شونسون في مختبر علمي، وتمكن من الإجابة على عدة أسئلة لطالما حيرت المهتمين بالمنشآت الهندسية الرومانية (Chanson,.....).

توفر أنظمة المعلومات الجغرافية وسائل عديدة وجد فعالة لدراسة المنشآت الأثرية، من دراسة صور القمر الصناعي التي تسمح بإعطاء نظرة عامة عن المواقع، تحديد سطحي لمواقع البحث، معرفة إبعاد المنشآت قبل النزول إلى الموقع... الخ، خاصة وأن دقة أدوات الاستشعار عن بعد هي في تطور مستمر، إذ يمكن تحميل صور بدقة 16,5 متر مجاناً، و تصل إلى أقل من 2,5 متر لبعض مهمات التصوير الفضائي التي الغير مجانية. أنظمة المعلومات الجغرافية تسمح كذلك ببناء أنظمة معلومات تجمع ويمكن حتى أن تحلل البيانات لتجعل دراسة، وتسيير المنشآت أكثر مرونة.

هذا البحث يتعلق بدراسة المنشآت المائية الرومانية، خاصة قنوات النقل في الجزائر باستعمال بعض تقنيات أنظمة المعلومات الجغرافية، للوقوف على أسباب اختيار مسارات القنوات، تتبع المنابع القديمة وكذا استكشاف بعض المنشآت التي اندثرت مع الزمن أو هي موجودة تحت سطح الأرض.

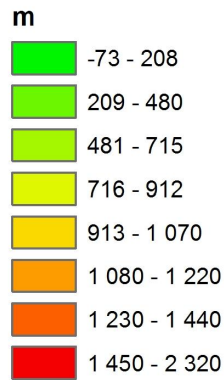
### فضاء الدراسة

يشمل فضاء الدراسة الجزائر، التي تم احصاء فيها 70 منشأة كما تبين الخريطة الاتية:

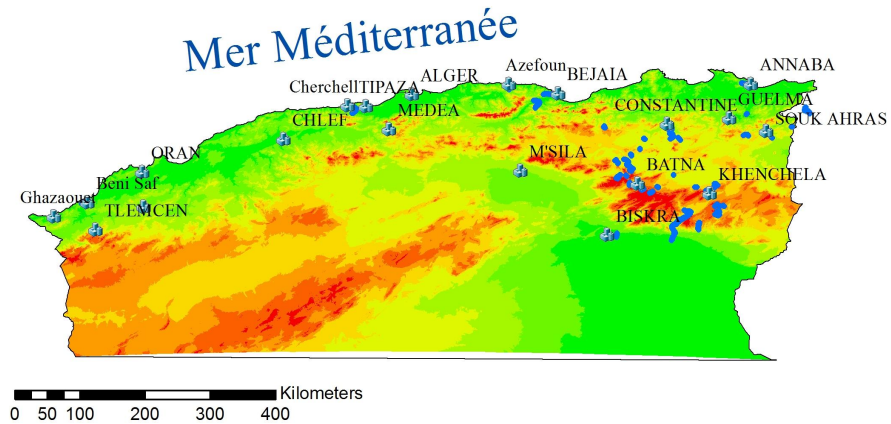
## Légende

-  Villes
-  Aqueducs

## Côtes



## Sites des ouvrages hydrauliques en Algérie



## 1. خريطة توزيع قنوات نقل المياه الرومانية

الجدول الآتي يبين القنوات موضوع الدراسة.

## الجدول 1. أطوال قنوات نقل المياه

| N° | ID       | Longueur (km) | Nom      |
|----|----------|---------------|----------|
| 1  | THABU_x  | 5.86          | Tahouda  |
| 2  | BADIA_x  | 82.36         | Badias   |
| 17 | CUICU_x  | 3.66          | Cuicul   |
| 18 | SALDA_x  | 20.17         | Saldae   |
| 22 | TIPAS_x  | 7.74          | Tipasa   |
| 23 | IOLCE_E2 | 0.17          | Caesarea |
| 24 | IOLCE_E  | 26.23         | Caesarea |
| 25 | IOLCE_E4 | 8.45          | Caesarea |
| 26 | IOLCE_E3 | 16.52         | Caesarea |

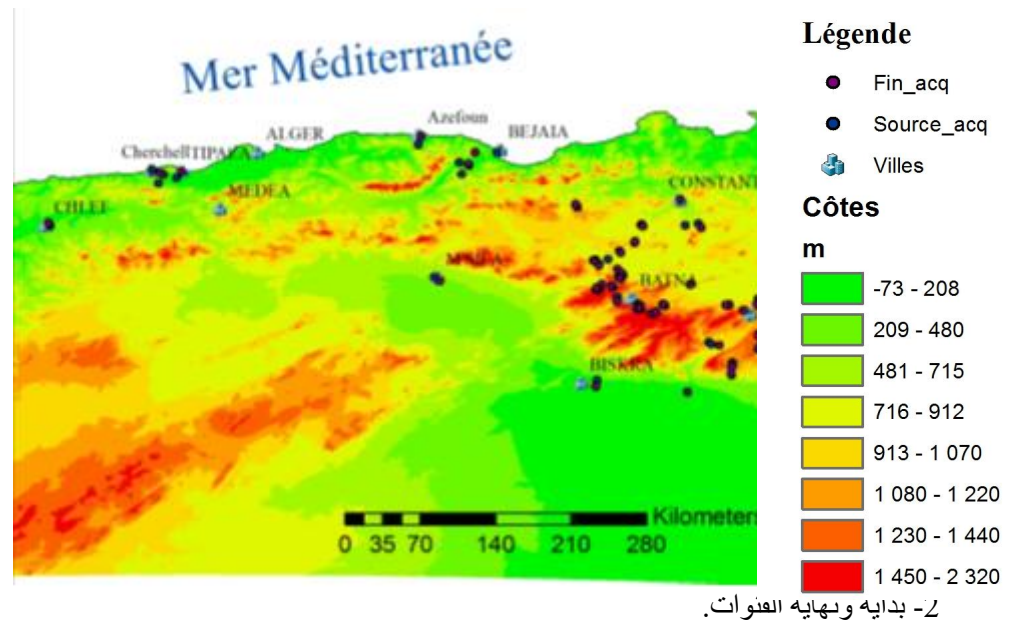
الجدول التالي يبين احداثيات بداية ونهاية القنوات.

## الجدول 2. احداثيات بداية ونهاية القنوات

| N° | ID       | X_begin (m) | Y_begin (m) | X_end (m) | Y_end (m)   | Longueur (km) | Nom    |
|----|----------|-------------|-------------|-----------|-------------|---------------|--------|
| 1  | THABU_x  | 766521.867  | 3860021.38  | 765701.43 | 3854272.265 | 5.86          | تهودة  |
| 2  | BADIA_x  | 850460.9621 | 3898008.717 | 835665.41 | 3851315.922 | 82.36         | بالس   |
| 3  | CUICU_x  | 746811.4367 | 4020408.769 | 745574.88 | 4022975.395 | 3.66          | جميلة  |
| 4  | SALDA_x  | 685562.1323 | 4069643.029 | 669091.48 | 4069296.6   | 20.17         | بجاية  |
| 5  | TIPAS_x  | 446297.415  | 4043944.184 | 450159.52 | 4049808.77  | 7.74          | تبيازة |
| 6  | IOLCE_E2 | 436451.4544 | 4047255.793 | 436612.97 | 4047189.976 | 0.17          | شرشال  |
| 7  | IOLCE_E  | 432799.2341 | 4039154.303 | 433370.28 | 4048850.565 | 26.23         | شرشال  |
| 8  | IOLCE_E4 | 427834.65   | 4051593.04  | 433361.15 | 4048855.133 | 8.45          | شرشال  |
| 9  | IOLCE_E3 | 428067.6529 | 4051454.667 | 433366.07 | 4048850.215 | 16.52         | شرشال  |

هذه الاحداثيات تعطي لنا فكرة على منابع المياه المستغلة في ذلك الزمن والتي بعضها لا يزال، كمنبع

شرشال المتواجد في منطقة مناصر جنوب شرق شرشال.



### قناة شرشال

أنجزت في القرن الاول بعد الميلاد في عهد يوبا الثاني، أنجز المسار الأول بطول 40 كم، يبين التمثيل البياني التالي ارتفاعات مسار القناة :



3. منحني انحدارت قناة شرشال. المسار الأول.

بالطبع المسار يمثل سطح الأرض وذلك باستعمال صور أقمار صناعية بدقة 30م. لذلك يظهر السطح بهذا الشكل غير المنتظم، لكن ما يهمنا هو الانحدارات.

الانحدار المتوسط يقارب 3,4 م/كم، والصريف المتوسط يقدر بـ 20000 م<sup>3</sup> في اليوم (Ammari, 2019)، بيريبنت قدره بـ 40000 م<sup>3</sup> في اليوم (Birebent, 1964).

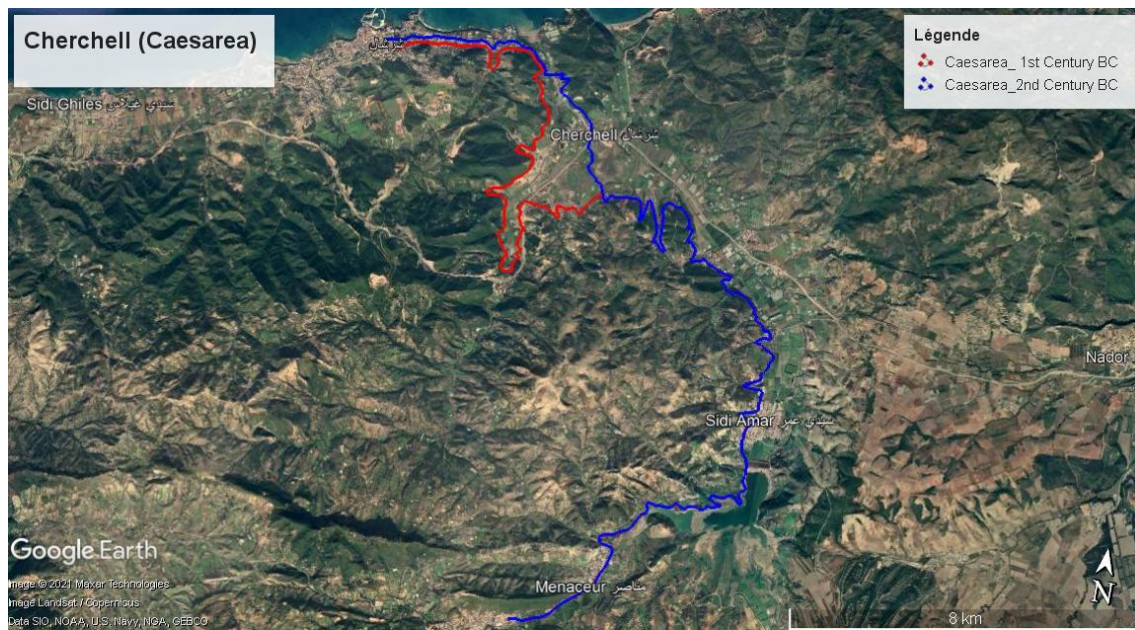
دراسة المسار يمكن ان تحدد لنا بعض مواقع مشات كجسور وانفاق يمكن تحجيدها بدقة بعد عمل ميداني.

نظرا لحدوث عدة انهيارات مست اجزاء من القناة، غير جزء من المسار ليصبح 33 كم في القرن الثاني، لكن هذا الأخير عجز في تزويد المناطق العلوية من المدينة بالمياه. يوضح الشكل الاتي المسار الثاني:



4. منحني انحدارت قناة شرشال. المسار الثاني.

نلاحظ أن الطول أصبح أقصر لكن الميل أكبر، مما يساهم في زيادة كمية المياه بشرط توفر المنشآت المرفقة اللازمة.



5. مسارات قناة شرشال

### تيازة

تقع على بعد بضعة كيلومترات شرق شرشال، المخطط الفعلي لقناة نقل المياه ليست محددة بدقة لكن هناك فرضيات اعتمد عليها باستشيه لرسم المخطط الذي من المحتمل أنه ينطلق من سفح جبل شنوة جنوب المدينة.



. منحني انحدارت قناة تيازة.

من خلال دراسة الانحدارات نرى أنه من الصعب انشاء قناة وفق هذا المسار، لذا يجب دراسة مسارات جانبية والقيام بعمل ميداني للوقوف على بقايا منشآت.



6. مسار قناة تيبازة المحتمل.

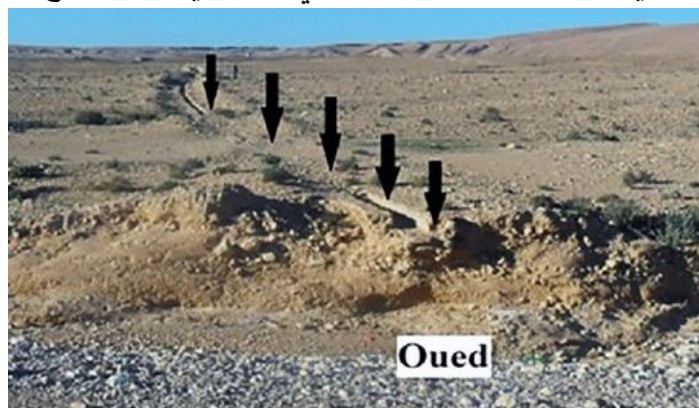
### تهودة:

من المحتمل أن القناة التي كانت تجلب المياه لمدينة تهودة الأثرية، تتطلق من جنوب-غرب موقع سد فم الغرزة حاليا على مسافة 6 كم. اثار القناة لا تزال لكن لا تمتد حتى المنبع.

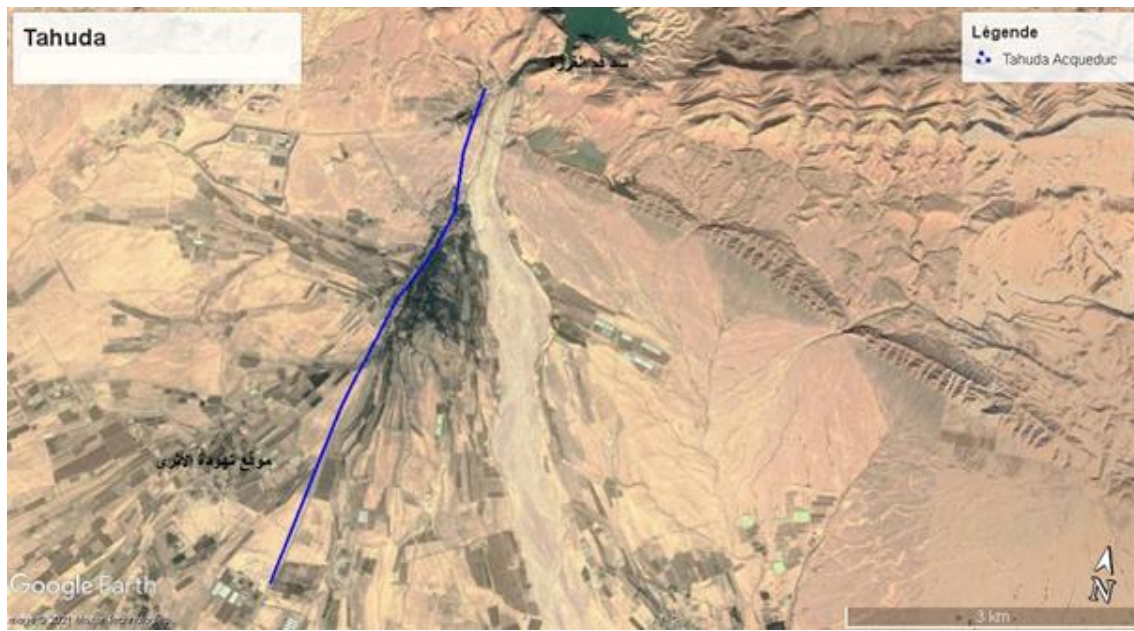


7. منحني انحدارت قناة تهودة.

توضح الصرة التالية والخريطة المرفقة مسار القناة حوالي كيلومترين من الموقع الأثري لتهودة.



8. قناة تهودة.

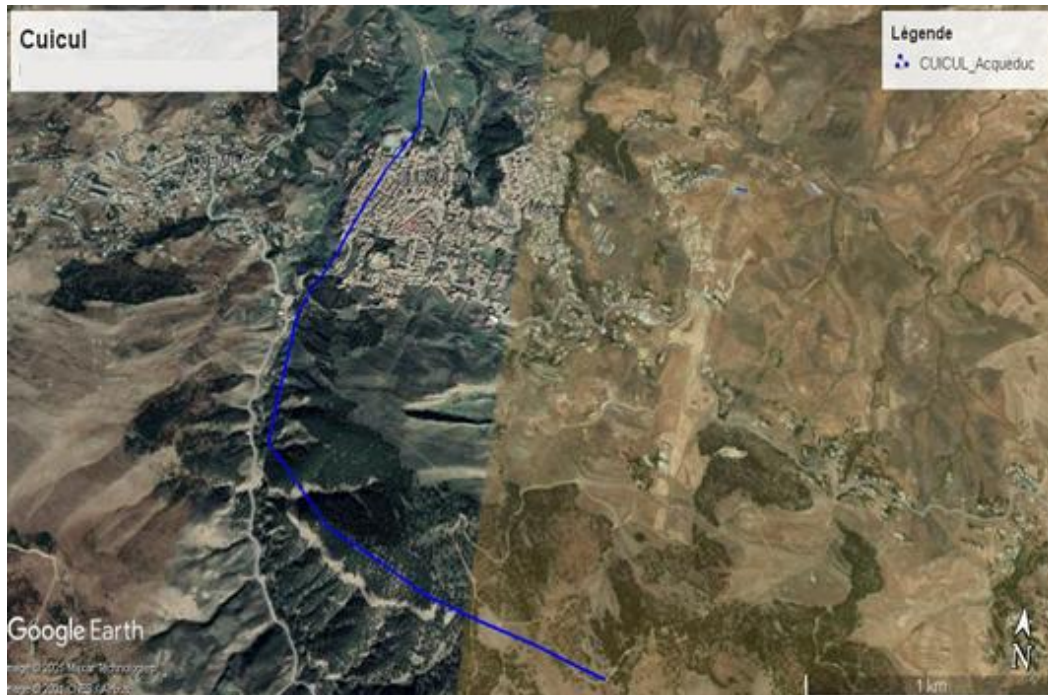


9. مسار قناة تاهودة وفق مخطط باستشيه.

ميدانيا تبين أن المسار الحقيقي للقنات ينعطف الى الغرب بالمقارنة مع المخطط، لذا يجب تتبع كل ما تبقة من القناة لاعادة رسم المخطط الفعلي والوصول الى منبع المياه.

### جميلة (كويكول):

مسار قناة مدينة كويكول الأثرية واضح في مجمله الا بعض الأجزاء التي اندثرت، الينابيع ما زالت مستغلة الى اليوم كذلك.



10. مسار قناة كويكول



11. على اليمين : الينابيع. على اليسار: منظر اجمالي للمدينة الأثرية.

فيما يلي منحنى الانحدارات :



12. منحنى انحدارت قناة كويكول.

يتضح أن المسار هو مسار بانحدارين، الاول صغير والثاني أكبر، من المحتمل وجود منشأة عبور بين الاثنين.  
بجاية:

قناة نقل المياه الرئيسية لبجاية كانت تأتي من منطقة توجة المعروفة بكثرة ينابيعها على امتداد 21 كلم تتخللها الكثير من المنشآت أهمها نفق مضيق العابد بطول 428م الذي أنجز بحدود عام 143 ميلادي والذي يجلب ما بين 7000 و 12000م<sup>3</sup> من المياه يوميا (Ammari,2019).



13. منحنى انحدارت قناة توجة.

يبين المنحنى منطقة جبلية الى الشرق، مما أجبر المهندس نونيوس داتوس على حفر نفق غاية في الاتقان بطول 428م في منطقة عنق العابد (Leveau)، (2009).



14. مسار قناة توجة

قد يكون انشاء قناة توجة بجاية من أصعب الأعمال الهندسية التي قابلت الرومان في الجزائر.

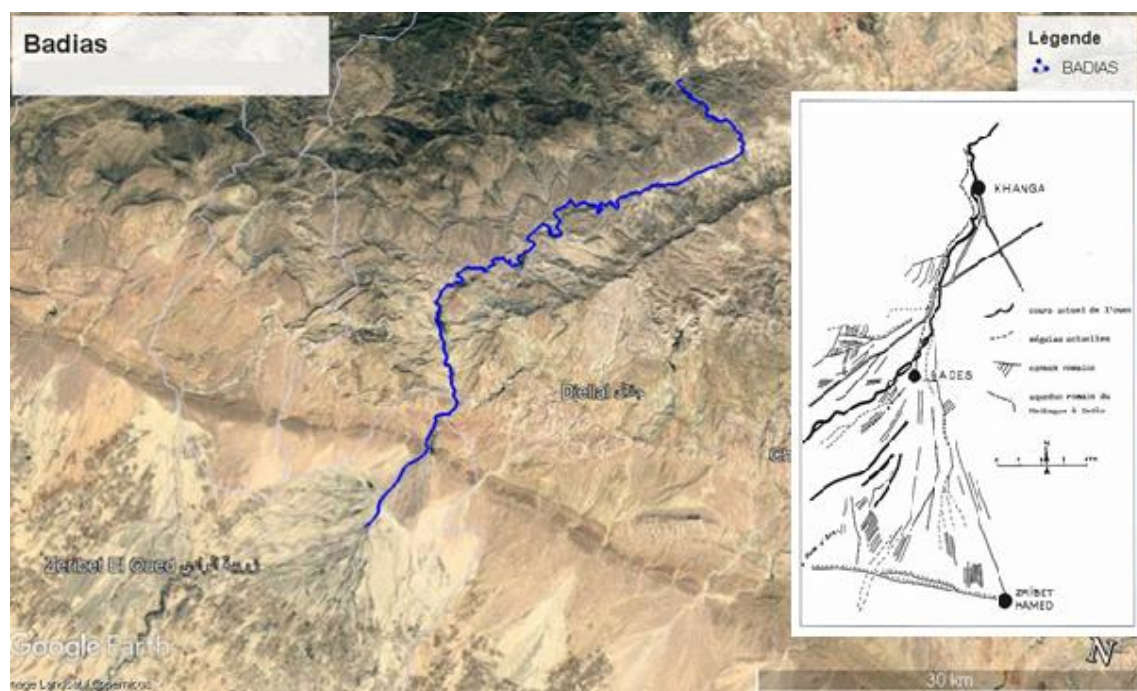
#### بادس

تعتبر قناة بادس أكبر قناة لنقل المياه بطول 82 كم بميل يكاد يكون مستقر مما يدل على سهولة المسار مما يخفض من تكلفة المنشآت. يتضح من منحنى الميل أن الانحدار المتوسط هو في حدود 1%، وهو منتظم في أغلب أجزاء القناة مما سهل بناءها وهذا قد يفسر أيضا سبب كونها أطول قناة في الجزائر.



15. منحنى انحدارت قناة بادس.

توضح صورة القمر الصناعي التالية مسار القناة الذي ينسجم مع مخطط بيربنت (Birebent, 1964).



16. مسار قناة بادس

### الخاتمة:

من خلال هذا البحث حاولنا أن نبين أهمية أنظمة المعلومات الجغرافية في بناء قاعدة بيانات للمواقع الأثرية خاصة المنشآت المائية، والتي يمكنها أن تشكل قاعدة صلبة للدراسات الميدانية، وهي تسمح كذلك بحماية المواقع الأثرية، حيث لاحظنا أن مسارات القنوات الأثرية غالبا ما تغزوها البناءات، مما يشكل خطرا حقيقيا على الموروث الثقافي الوطني.

اتضح أن مسار تيبازة المحتمل هو فرضية ضعيفة لان طبيعة المسار لا تسمح بإنشاء قناة هناك. أما بالنسبة لتهودة فان مقارنة احداثيات اثار القناة توضح أن هذه الأخير تتعطف شرقا ولا تنبع من موقع السد الحالي كما افترض باستشيه.

من خلال دراسة المسارات القنوات انه خلال وجهة نظر هيدروليكية أنه من الممكن تحديد مواقع محتملة لمنشآت هيدروليكية مثل الجسور كما هو الحال بالنسبة لقناة شرشال، الأنفاق كنفق مضيق العابد، مشات المرور من ميل إلى آخر كما هو الحال في قناة جميلة. وتبقى الأعمال الميدانية لازمة لإثبات هذه الاحتمالات.

## قائمة المبيليوغرافيا:

1. BIREBENT, J., 1964, *Aquae romanae*, Recherches d'hydraulique romaine dans l'Est algérien, Alger.
2. CHANSON, H., 2002, «Certains aspects de la conception hydraulique des aqueducs romains», in *La Houille blanche*, 6, 7, pp. 01-16.
3. LEVEAU, P., 2009, «L'alimentation hydraulique des villes de la Méditerranée Romaine entre abondance et gestion de pénurie», in *V<sup>ème</sup> rencontre Internationale Monaco méditerranée*, Association Monégasque pour la Connaissance des Arts, Monaco.
4. REMINI, B.; AMMARI, A., 2019, «L'eau dans les villes romaines quelques cas Algériens», in *LARHYSS Journal*, 16, 1, pp. 81-101.