

## Etude géophysique du tracé de la digue du futur barrage de Yakouta au Burkina Faso. Complémentarité des méthodes électriques et radar en milieu dunaire.

A. Nindaoua Savadogo<sup>(1)</sup>, M. Descloitres<sup>(2)</sup>, S. Nakolendousse<sup>(1)</sup>, C. Camerlynck<sup>(3)</sup>,  
P. Bazie<sup>(1)</sup>, Y. Le Troquer<sup>(2)</sup> et Y. Koussoube<sup>(1,2)</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire d'hydrogéologie, Université de Ouagadougou

<sup>2</sup> Unité de Recherche 027 GEOVAST, IRD Ouagadougou

<sup>3</sup> UMR 7619 Sisyphé, Université Pierre et Marie Curie, Paris

**Abstract:** An integrated geophysical survey as been carried out on the future dam site of Yakouta, Burkina Faso. The objectives were to evaluate the ability of multi-electrode 2D imaging and Ground Penetrating Radar (GPR) at 50 MHz to investigate the sand dune where the dam foundations will lean. The results emphasize the complementarity of the two methods : 2D electrical imaging is able to detect the depth to the clays and bedrock, while GPR details the sand stratification as well as the presence of a wet zone inside the dune.

---

### Introduction

Situé dans le Sahel à 300 km de Ouagadougou, l'exutoire de la rivière Gondébo est pressenti pour être le site du barrage de Yakouta. Par cet exutoire transitent les eaux d'un bassin versant de 50 km<sup>2</sup> et ne recevant que 400 mm de pluie annuelle entre juillet et septembre. La rivière vient traverser à Yakouta une dune d'allongement Est-Ouest. Ce site présente un encaissement d'une vingtaine de mètres, exceptionnel pour cette région, qui pourrait permettre la création d'une retenue de plus de 20 millions de m<sup>3</sup>. C'est dire l'importance de l'ouvrage dans son contexte climatique et socio-économique. Il devrait appuyer l'élevage, assurer l'alimentation en eau de la ville de Dori ainsi que l'irrigation de 200 hectares de cultures.

L'objet de cet article est de présenter les résultats préliminaires des prospections géophysiques. Cette étude contribue aussi au débat concernant le dimensionnement des fondations dans ce contexte dunaire où *l'étanchéité du futur ouvrage est le problème majeur*.

### Géologie et méthodes d'étude

Le levé géologique ainsi que les puits et les sondages carottés de reconnaissance montrent que le barrage repose en rive gauche sur un granite et en rive droite sur des micaschistes. Les deux entités sont séparées par une zone de faiblesse faillée et injectée par un filon de quartz que l'on ne voit affleurer qu'au nord-est et au sud-ouest (figure 1). L'ensemble de ces éléments est recouvert par des altérites sur lesquelles reposent les alluvions du cours d'eau et les sables éoliens. Cette géologie laisse

augurer des problèmes d'étanchéité liés aux dunes et aux fractures. Les sables pourraient aussi poser des problèmes de stabilité une fois gorgés d'eau.

Plusieurs méthodes géophysiques ont été déployées :

- un profil électromagnétique MaxMin,
- un trainé électrique Schlumberger (AB = 200 m et MN = 20 m).
- un profil multi-électrodes Wenner à 64 électrodes (écartement inter-électrode de 4 m). Cette technique a été testée pour la première fois dans l'étude d'un site de barrage au Burkina Faso.
- enfin un profil radar à 50 MHz a été mis en œuvre pour évaluer l'épaisseur des dunes, mettre en évidence leur stratification et la présence éventuelle d'une nappe.

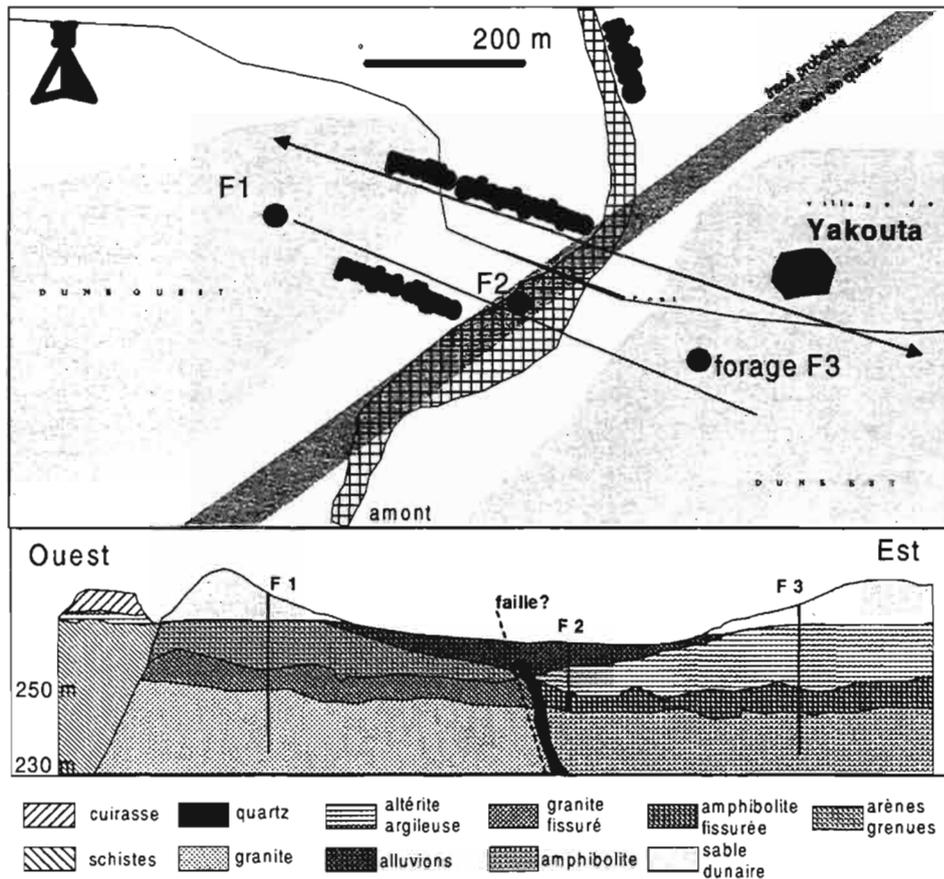


Figure 1. Plan de situation et esquisse géologique du site de Yakouta

## Résultats

### Trainés :

Les profils de résistivité apparente et des composantes en phase et en quadrature (figure 2) présentent trois tendances principales :

- de 0 à 300 m, les courbes sont marquées par un palier de 100 Ohm.m et par une augmentation de la valeur de la composante en phase.
- de 300 à 600 m, la chute de la résistivité apparente caractérise la faille principale séparant les deux unités géologiques. La présence d'un pont en béton avec armatures métalliques entre les stations 300 et 500 m a influencé les mesures MaxMin (composante en phase). Un pic de résistivité dans la zone conductrice pourrait indiquer la présence de filon de quartz, mais les mesures électriques 2D montrent simplement à cet endroit une remontée abrupte du bedrock.
- de 600 jusqu'à 1100 m on observe un deuxième palier de résistivité de l'ordre de 200 ohm.m, correspondant au domaine granitique et aux arènes moins conductrices. Cette zone est également caractérisée par des chutes de la résistivité apparente pouvant correspondre à des failles.

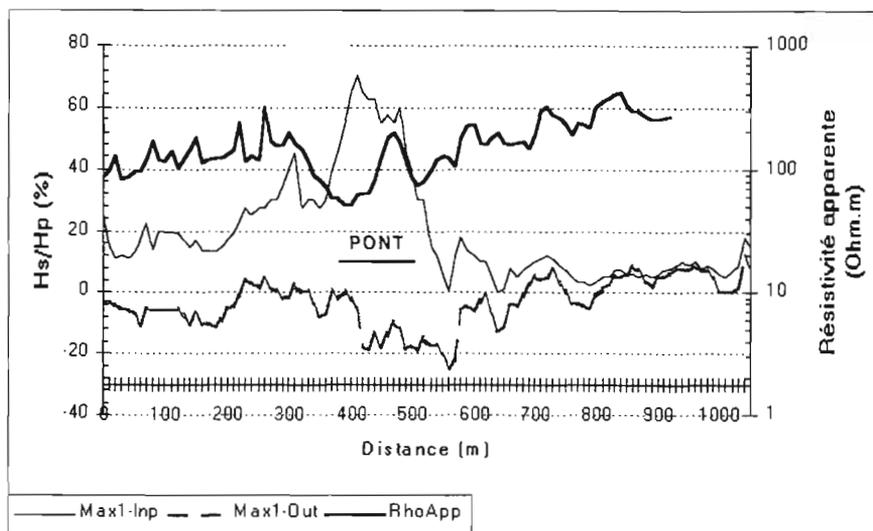


Figure 2 : Profils de résistivité apparente et des composantes en phase et en quadrature.

### Coupe électrique 2D :

La figure 3a présente le résultat du calcul d'inversion par le logiciel RES2DINV. La profondeur d'investigation du dispositif est estimée à 35 - 40 mètres. La gamme des résistivités calculées s'étend de 20 à 1000 ohm.m traduisant une grande variabilité tant latérale que verticale des terrains rencontrés. Cette coupe électrique 2D permet de quantifier les premières informations apportées par les traînés et de confirmer la présence des éléments suivants :

- une formation de sables dunaires (résistivité supérieure à 1500 Ohm.m) probablement assez secs sur les deux versants, reposent sur une frange d'altération conductrice (argileuse ou argilo-sableuse) dont le toit reste relativement horizontal et situé à une altitude égale à celle du fond de la vallée.
- une faille majeure entre 380 et 470 m encadrée par des remontées verticales du socle jusqu'à moins 30 mètres de profondeur. Cette faille marque la limite entre le domaine granitique et le domaine des amphibolites reconnus par les sondages de reconnaissance.
- une remontée du bedrock sur plus de 400 mètres entre 470 et 870. Cette zone correspond au domaine granitique. Les résistivités calculées à l'ouest au sein de l'ensemble dunaire montrent des valeurs très élevées (> 8000 ohm.m) caractéristiques de sables extrêmement pauvres en particules argileuses (la prospection a été faite en saison des pluies et le sable était humide dès 50 cm de profondeur). Si cette interprétation se vérifie, cela rend ce versant probablement particulièrement poreux et par conséquent vulnérable aux infiltrations lors de la mise en charge de l'ouvrage.
- un approfondissement important du toit du bedrock au delà de 870 m avec une extension latérale minimum de 50m : il s'agirait d'une faille assez importante affectant le domaine granitique.

### Radar géologique

La figure 3b représente les résultats d'un profil géophysique radar à 50 MHz réalisé sur la partie ouest du tracé de la digue. Les fréquences 100 et 50 MHz ont été utilisées pour cette prospection. Seuls les résultats à 50 MHz sont présentés ici, car cette fréquence procure une investigation nettement plus profonde (environ 15 à 20 m) que 100 MHz (inférieure à 10 m) tout en conservant suffisamment de résolution. L'image radar montre clairement les éléments suivants :

- le réflecteur majeur est situé entre 7 et 20 mètres de profondeur. Il marque la transition entre les sables et les argiles d'altération. Dans la partie est, il est possible que ce réflecteur coïncide avec la nappe phréatique.
- entre ce réflecteur de base et la surface, on distingue à l'ouest la stratification des dépôts éoliens successifs avec suffisamment de résolution pour en déterminer le pendage relatif vers l'ouest sur cette coupe. Une particularité importante est nettement visible sur cette coupe : le

réflecteur marque une inflexion à 1000 m où on observe une atténuation importante des ondes correspondant sans doute à une zone d'humidité au sein de la dune.

## Conclusions

Cette étude géophysique a permis de préciser la géométrie des terrains en présence, terrains dont la nature a été identifiée par les premiers sondages de reconnaissance. La complémentarité des techniques utilisées permet de retenir les éléments principaux suivants :

- la prospection électrique et électromagnétique en traîné permet une implantation optimale des mesures électriques 2D.

- la coupe électrique 2D confirme et précise la présence d'une faille majeure repérée par les traînés et sur les photographies aériennes. Elle permet aussi de quantifier la profondeur du bedrock et par conséquent apporte un élément important pour le dimensionnement des éventuelles parois moulées qui seraient mises en place. Elle ne permet pas en revanche de repérer la présence du filon de quartz car celui-ci est probablement très fracturé et ne présenterait pas de contraste électrique suffisant par rapport à son encaissant. Ce filon est cependant un élément extrêmement important pour la construction de l'ouvrage. Son repérage ne pourra être fait qu'en sondage mécanique.

- le radar à 50 MHz permet une reconnaissance fine des dépôts sableux. Cet outil, inefficace dans la zone du bas fond en raison de la présence des terrains argileux, se révèle en revanche beaucoup plus précis que la prospection électrique 2D pour caractériser les dépôts éoliens et la présence probable de zones humides ou saturées au sein de la dune.

Enfin, il est important de noter que ces méthodes géophysiques, particulièrement la prospection électrique 2D et le radar géologique à 50 MHz, pourront être des techniques d'auscultation de la dune une fois le barrage mis en eau.

## Références

Hottin O. et Ouedraogo O. F., 1975 - Carte géologique à 1/1.000.000 de la République de Haute-Volta. Direction de la Géologie et des Mines, Ouagadougou, 58 p.

Barker R. D., 1995 - Recent applications of electrical imaging surveys in United Kingdom. Proceedings of the 4th Workshop, "High resolution Geoelectrics", University of Leipzig, pp. 1-15.

Savado A. Nindaoua, Nakolemdousse S. et Diallo S., 1997 - Etude comparée de l'apport des méthodes électromagnétiques dans l'implantation des forages à gros débits dans les régions de socle cristallin du Burkina Faso. *Journal of African Earth Science*, Volume 24, No 1/2, pp. 169-181.

