

## ANALYSE DES RESISTANCES DE PRISES DE TERRE DES RESEAUX ELECTRIQUES DE CERTAINES LOCALITES EN COTE D'IVOIRE

### [ ANALYSIS OF THE RESISTANCES OF GROUNDING CONNECTORS OF THE ELECTRICITY NETWORKS IN SOME CITIES OF IVORY COAST ]

*Kadiolotien SORO<sup>1</sup>, Aka TANOH<sup>2</sup>, and Amidou BETIE<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Doctorant à l'Ecole Doctorale Polytechnique / UMRI Electricité et Electronique Appliquée BP 1093 Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>Maitre de Conférence à Institut National Polytechnique Houphouët Boigny, BP 1093 Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

---

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** This paper is about grounding resistances next to the grounding systems of electric pylons and transformation stations in several localities of Ivory Coast. The data of grounding resistances got next to CIE facilitated drawing of curves and their analysis. The low resistances values from  $1\Omega$  to  $2\Omega$  of ground in some localities show that the electricity network is safe, on the other hand the high values more than  $10\Omega$  in other area show that it is necessary to plan appropriate grounding systems to protect the high voltage electricity network. To solve problem, we suggest techniques of reduction of these grounding resistances. The relevance of this paper is to contribute to the improvement of the grounding systems to protect high voltage electricity networks.

**KEYWORDS:** Grounding resistance, Earthing, Electricity network and High Voltage.

**RÉSUMÉ:** Cet article est une contribution dans l'étude des résistances de mises à la terre des pylônes électriques et des postes de transformation de plusieurs localités de la Côte d'Ivoire. Les données de résistances de terre recueillies auprès de la Compagnie Ivoirienne d'Electricité, nous ont permis de construire plusieurs courbes et de les analyser. Les faibles valeurs de résistances de terre entre  $1\Omega$  à  $2\Omega$  dans certaines localités montrent que le réseau électrique est en sécurité, par contre les valeurs élevées et supérieures à  $10\Omega$  dans d'autres zones montrent qu'il faut prévoir des systèmes de mises à la terre adéquats pour sécuriser le réseau électrique Haute Tension. Pour résoudre ce problème, nous avons proposé les techniques de réduction de résistances de terre. La pertinence de cet article après analyse, c'est de proposer des solutions pour améliorer les systèmes de mises à la terre en vue de protéger les réseaux électriques Haute Tension.

**MOTS-CLEFS:** Resistance de terre, Mise à la terre, Réseau électrique et Haute Tension.

## 1 INTRODUCTION

L'accès à l'électricité repose sur la production, le transport et la distribution de l'électricité. Ces deux derniers sont des maillons essentiels de la fourniture d'électricité. Ils exigent certaines normes de qualité et de sécurité. Pour garantir les meilleures conditions de transport et de distribution, il est très important de sécuriser le réseau électrique haute tension.

Pour sécuriser le réseau électrique haute tension, il est nécessaire de réduire les résistances de terre au niveau des prises de terre à des valeurs inférieures à  $10\Omega$ .

Il nous semble donc utile de nous intéresser aux valeurs de résistances de terre des prises de terres du réseau électrique haute tension dans plusieurs localités de Côte d'Ivoire en vue de les analyser.

A travers cet article, nous analyserons les résistances de terre aux niveaux des prises de terre ou des systèmes de mises à la terre dans plusieurs localités de Côte d'Ivoire.

L'article présente également la technique de mesure des résistances de terre. Enfin, nous aborderons les techniques de réduction des résistances de terre.

## **2 MATERIEL ET METHODE**

### **2.1 MATÉRIEL**

L'appareil de mesure utilisé est le **MEGGER DET4TD2**. Il permet de mesurer des résistances de terre à 2, 3 ou 4 piquets avec une précision de  $2\% \pm 3$  digits. Dans notre cas, c'est la méthode de chute de potentiel basée sur 2 piquets qui sera privilégié.



**Fig. 1. MEGGER DET4TD2 [Source Manuel Descriptif DET4TD2]**

### **2.2 MÉTHODE**

Il est important de rappeler que la mesure de terre de référence se fait avec 2 piquets. Cette mesure est référencée dans toutes les normes de contrôle d'une installation électrique et permet de réaliser une mesure fiable de la résistance de terre.

Le principe de mesure consiste à faire circuler à l'aide d'un générateur de courant **G**, un courant alternatif (*i*) à travers la prise auxiliaire H dite « prise d'injection courant », le retour se réalisant par la prise de terre E.

On mesure la tension **V** entre les prises E et le point du sol où le potentiel est nul au moyen d'une autre prise auxiliaire S dite « prise de potentiel 0 V ». Le quotient entre la tension ainsi mesurée et le courant constant injecté (*i*), donne la résistance

recherchée. 
$$R_E = \frac{U_{ES}}{I_{EH}}$$

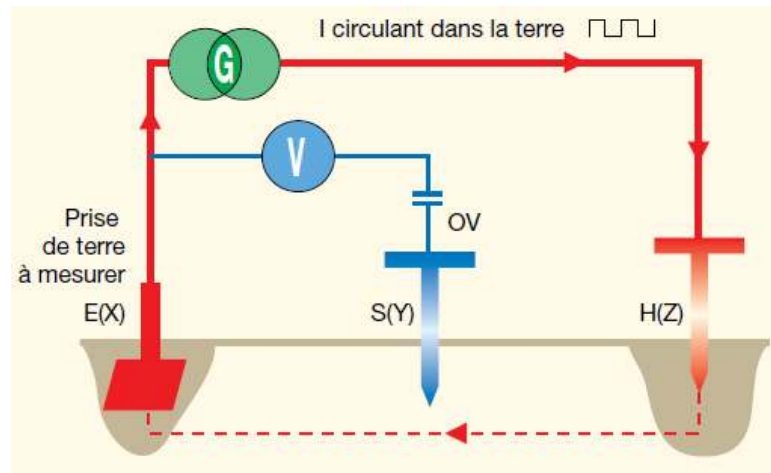


Fig. 2. Méthode de chute de potentiel [Source Manuel Chauvin Arnoux]

L'écoulement d'un courant de défaut se fait d'abord à travers les résistances de contact de la prise de terre. Plus on s'éloigne de la prise de terre, plus le nombre des résistances de contact en parallèle tend vers l'infini et constitue une résistance équivalente quasiment nulle.

À partir de cette limite, quel que soit le courant de défaut, le potentiel est nul. Il existe donc autour de chaque prise de terre, traversée par un courant, une zone d'influence dont on ignore la forme et l'étendue.

Lors des mesures, il faut s'appliquer à planter la prise auxiliaire S dite « prise de potentiel 0 V » à l'extérieur des zones d'influences des prises auxiliaires traversée par le courant (i).

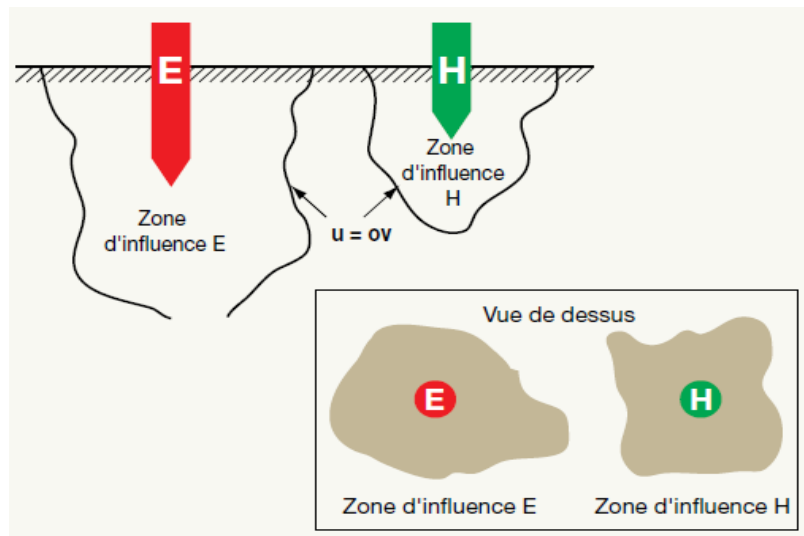


Fig. 3. Zone d'influence des prises de terre

### 3 RESULTATS ET DISCUSSIONS

#### 3.1 ANALYSES DES DONNÉES DE RÉSISTANCES DE TERRE

La collecte des données de résistances de terre de plusieurs zones de Côte d'Ivoire auprès de la CIE [1] nous a permis de construire les courbes suivantes.

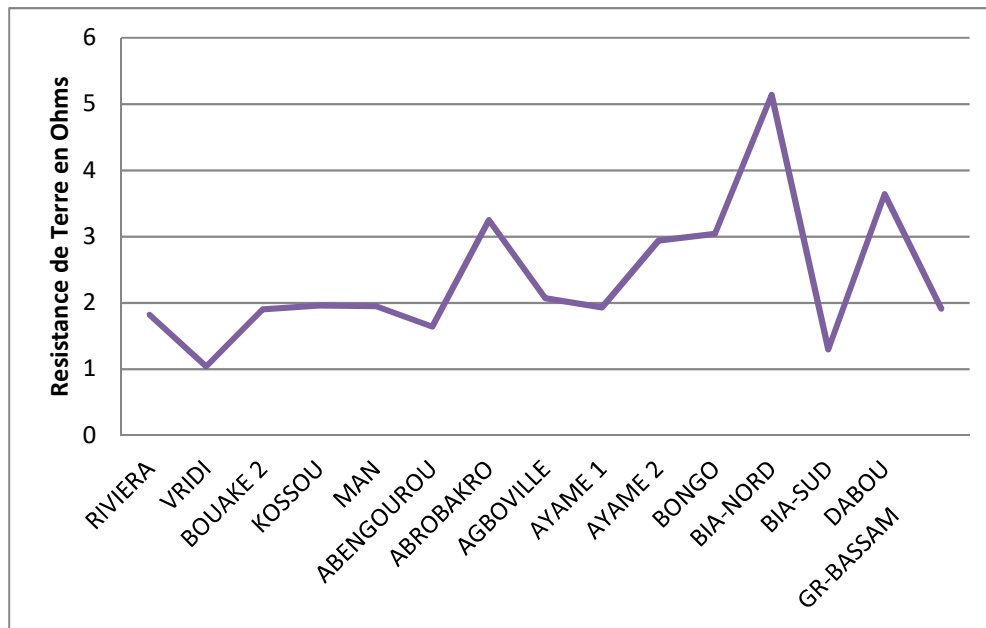


Fig. 4. Courbes des valeurs de résistance de terre des Postes HTB

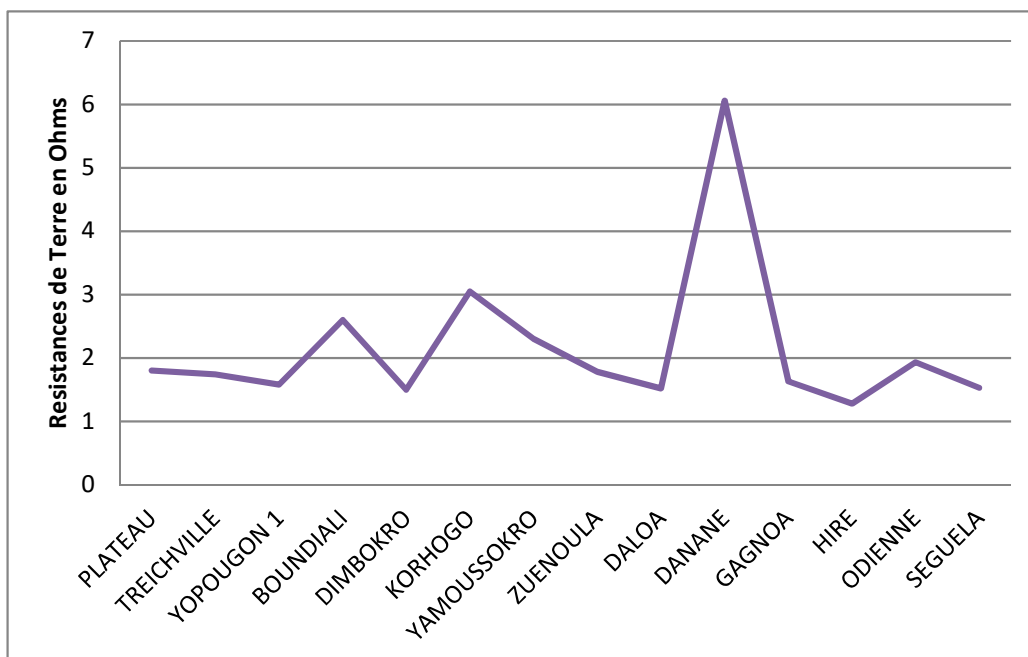


Fig. 5. Valeurs de résistance de terre des Postes HTB

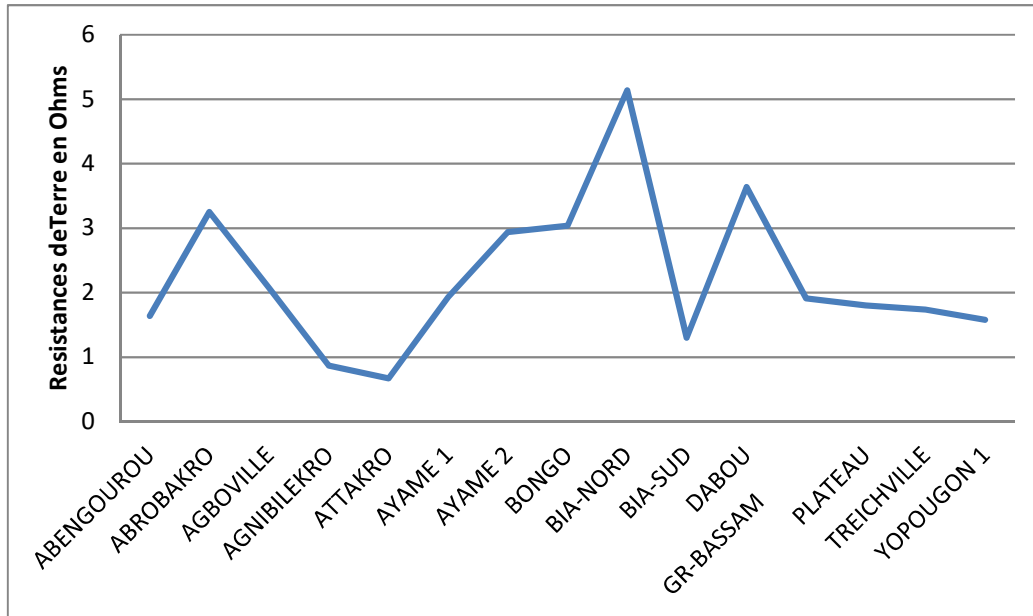


Fig. 6. Résistances du réseau de terre des postes de transformations 90kV

Sur la figure 6 dans la zone de Bia-Nord où  $R_T=5,1\Omega$  et sur la figure 5 dans la zone de Danané où  $R_T=6,1\Omega$  se trouvent les résistances de terre élevées. Elles traduisent le fait qu'un courant de foudre ou un courant extérieur au réseau va s'écouler plus lentement dans la terre au niveau des prises de terre que dans les autres zones.

La zone de Danané à l'ouest de la Côte d'Ivoire montre un pic de résistance de terre de  $6\Omega$

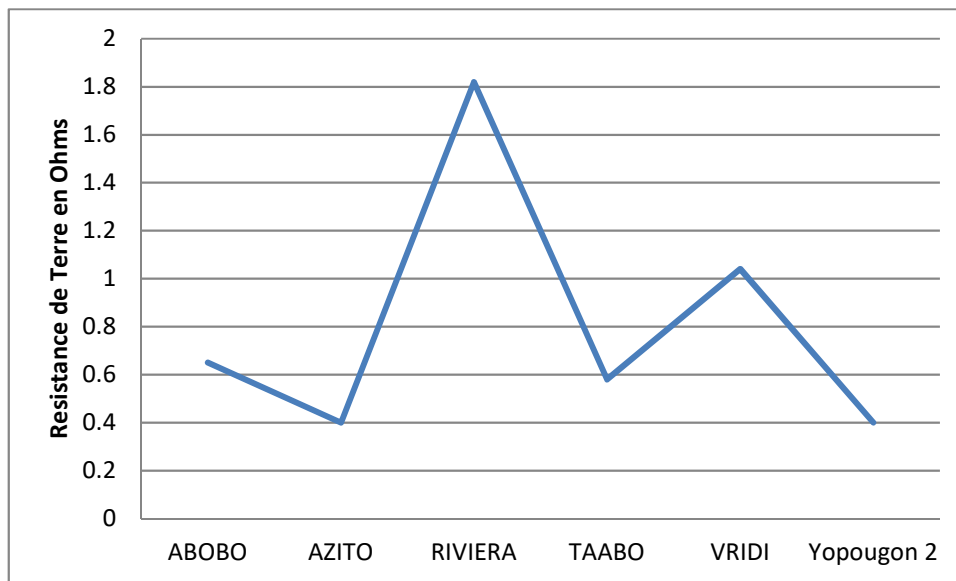
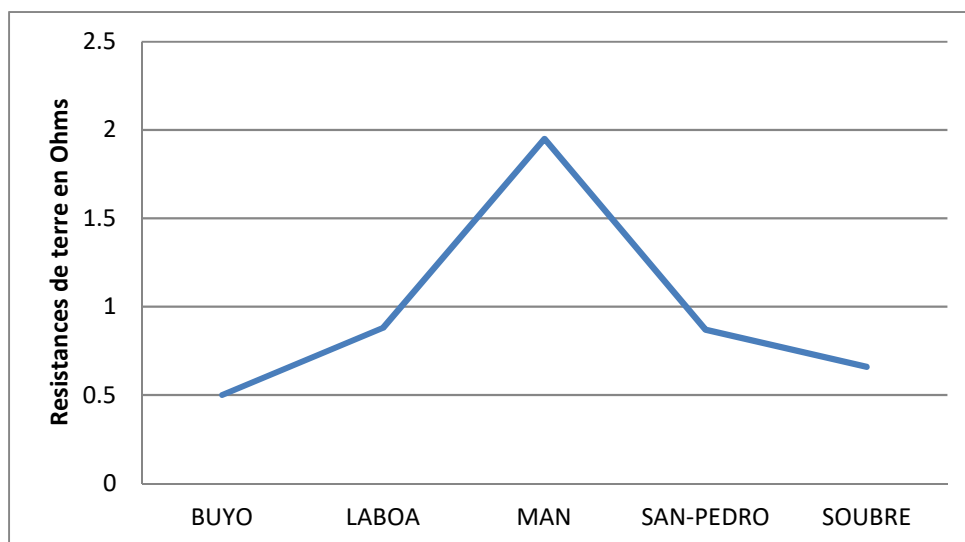


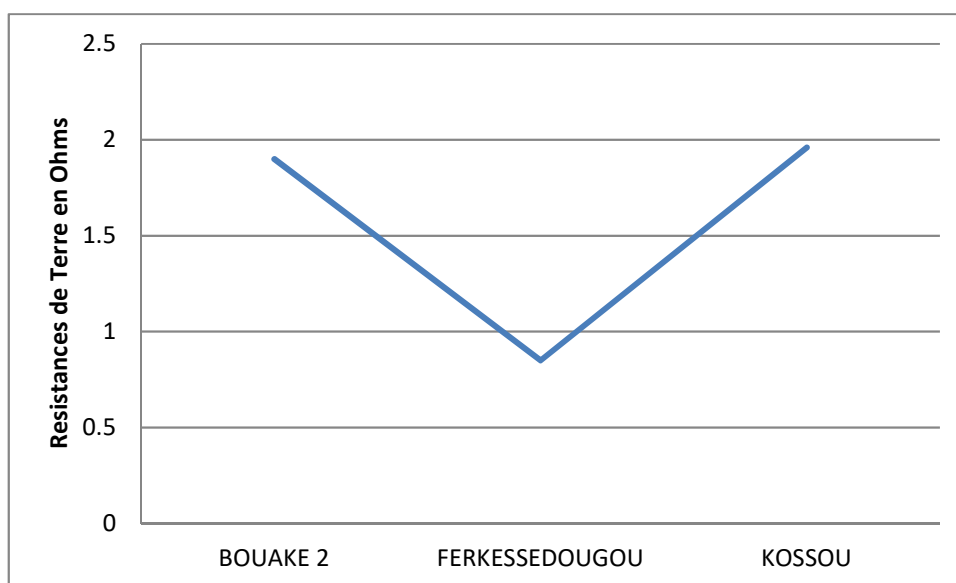
Fig. 7. Résistances du réseau de terre des postes de transformations 225kV

Dans la ville d'Abidjan, sur la figure 7 les résistance de terre sont faibles et varient entre  $0,4\Omega$  à Azito et  $1,8\Omega$  à Riviera.

Ces valeurs dans la ville d'abidjan sont bonnes pour la securité du reseaux électriques d'autant plus que les courants extérieurs aux reseaux électriques peuvent s'écouler facilement dans la terre.

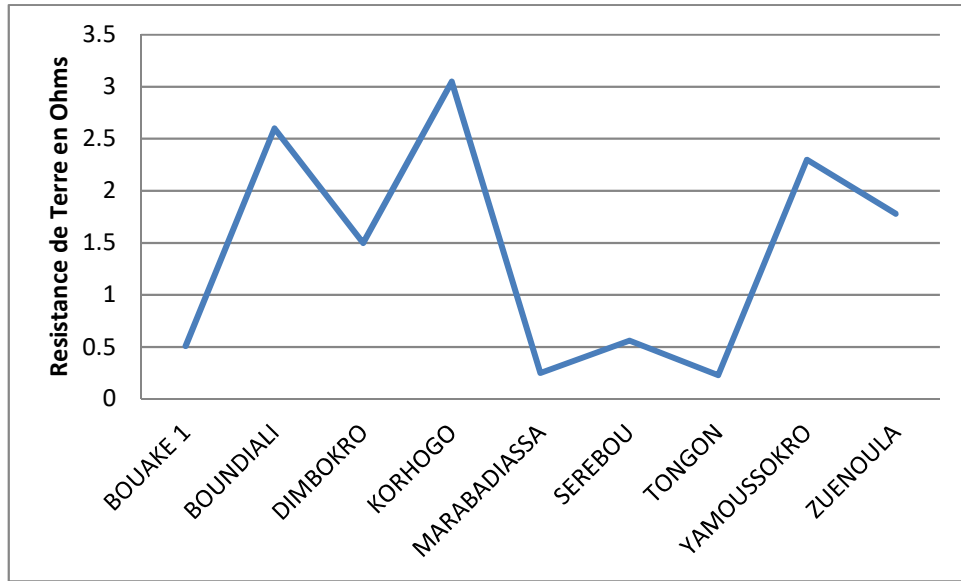


**Fig. 8.** Résistances du réseau de terre des postes de transformations 225kV DRTET



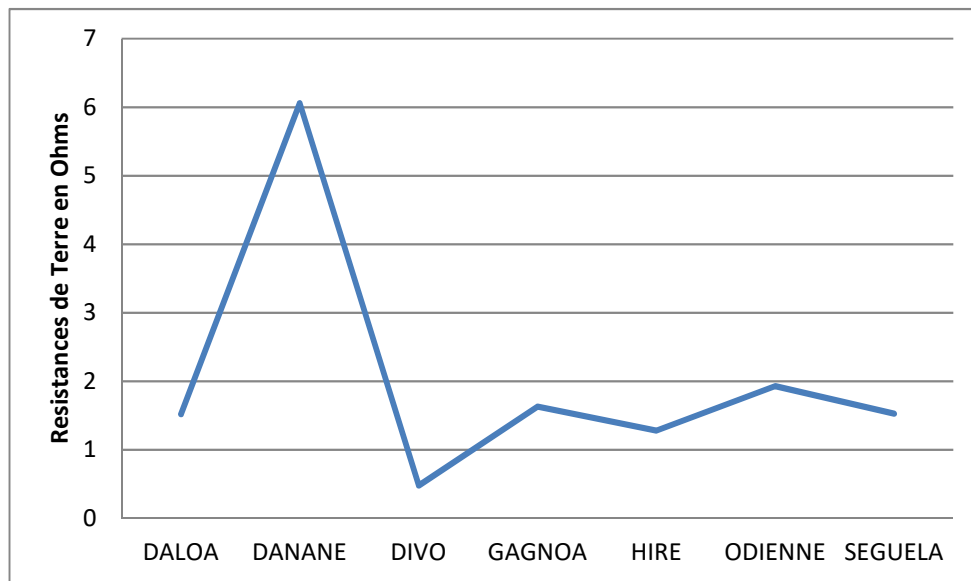
**Fig. 9.** Résistances du réseau de terre des postes de transformations 225kV DRTET Bouaké

Pour les postes de transformation 225kV DRTET Bouaké2, Ferkessédougou et Kossou à la figure 9, les valeurs sont bonnes pour la sécurité des postes de transformation.



**Fig. 10. Résistances du réseau de terre des postes de transformations 90kV DRTET**

Au niveau des postes de transformation de Korhogo à la figure 10, la valeur la plus élevée de résistance de terre est  $3\Omega$ , donc très bonne pour la sécurité du réseau.



**Fig. 11. Résistances du réseau de terre des postes de transformations 90kV**

Au niveau de cette ligne des postes de transformation sur la figure 11, la valeur la plus élevée à Danané est  $6\Omega$ . Cette valeur reste relativement faible. Cependant elle pourrait retenir notre attention pour l'amélioration des systèmes de mises à la terre.

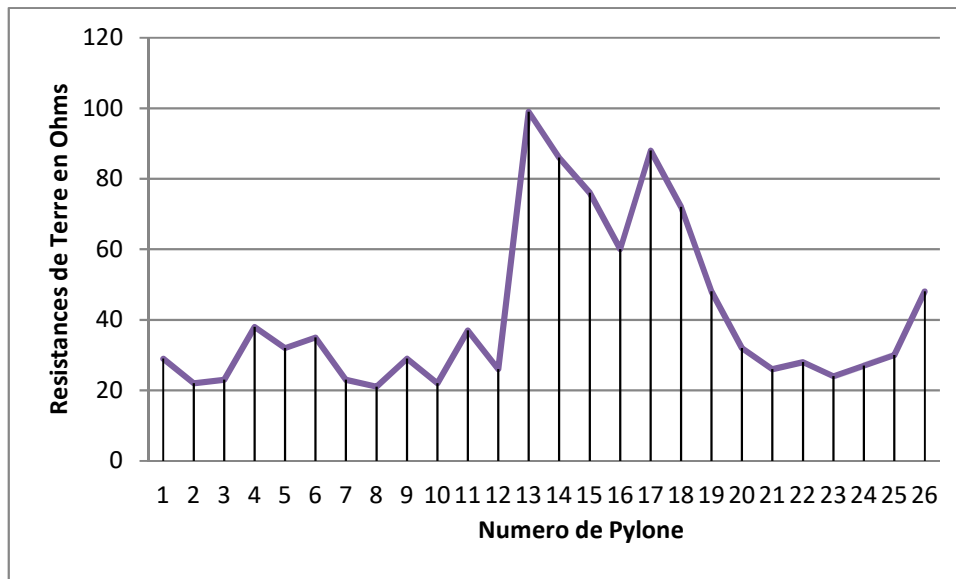


Fig. 12. Courbes de résistances de terre de 26 pylônes de la ligne 90kV Abobo-Dabou

Au niveau de cette ligne 90kV des localités d'Abobo à Dabou à la figure 12, les résistances de terre varient entre 22Ω et 100Ω. La plus faible des valeurs est 22Ω et la valeur la plus élevée est 100Ω. Les valeurs les plus élevées de résistances de terre sont entre 60Ω et 100Ω.

Aucune de ces valeurs ne se rapprochent de 10Ω, qui est selon certaines normes la valeur de référence de sécurité des résistances de mises à la terre à ne pas dépasser.

### 3.2 TECHNIQUE PRATIQUE DE RÉDUCTION DES RÉISTANCES DE PRISES DE TERRE

Cette technique permet d'entourer l'électrode de terre d'une couche de matière peu résistive, tel que présenté sur la figure ci-dessous.

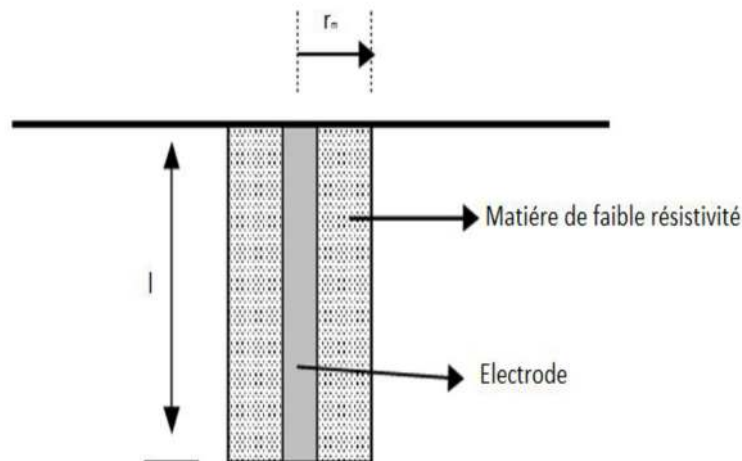


Fig. 13. Ajout d'une matière de faible résistivité autour de l'électrode

Cette matière ne devra pas causer une corrosion aux piquets. Plusieurs produits de faible résistivité sont utilisés, la bentonite par exemple, ou encore le charbon de bois dans les régions tropicales.

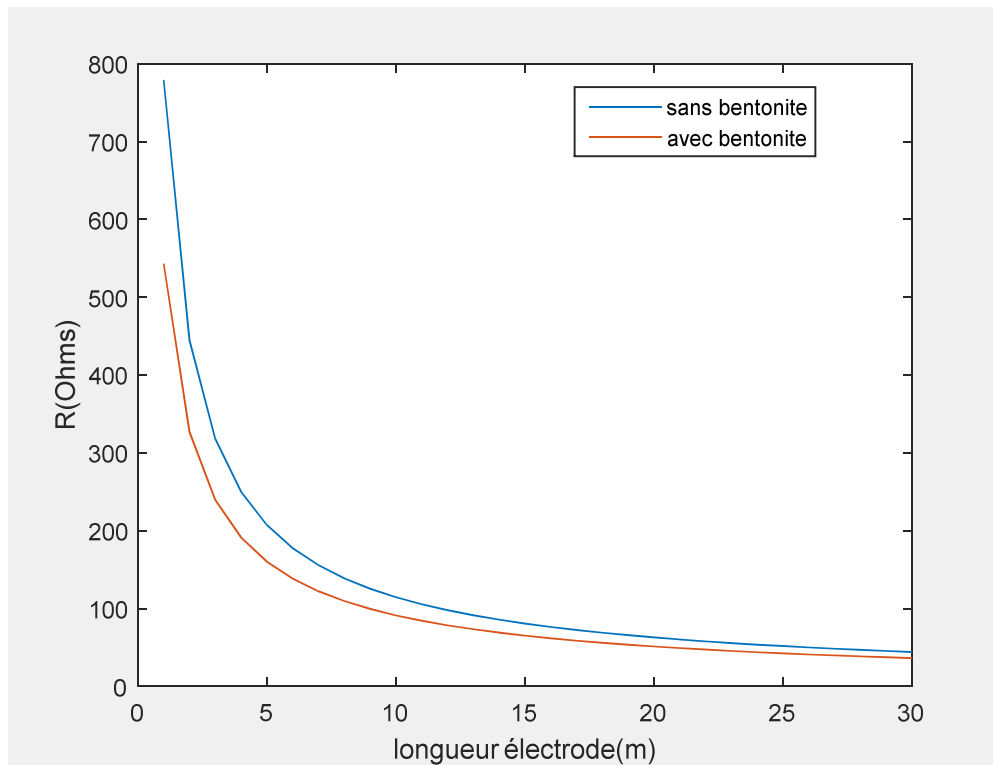


La figure 14 représente la variation de la résistance de terre en fonction de la longueur de l'électrode de terre sans et avec la couche de bentonite, cette courbe est tracée pour une électrode verticale en cuivre de 2 à 30 m de longueur et de rayon 0.015m, dans un sol de résistivité 1000  $\Omega$ .m. La résistivité de la matière entourant l'électrode étant de 10  $\Omega$ .m.

La réduction de résistance justifie l'intérêt de la bentonite. Une relation analytique ci-dessous, utilisée par Fagan et Lee a été donnée, pour évaluer la résistance d'une telle électrode verticale:

$$R_m = \frac{1}{2\pi l} \left[ \rho_m \ln \left( \frac{r_m}{r} \right) + \rho \left( \ln \left( \frac{4l}{r_m} \right) - 1 \right) \right] \quad (1)$$

$l$  est la longueur du piquet,  $\rho$  la résistivité du sol,  $\rho_m$  est la résistivité de la matière autour de l'électrode,  $r=0.015m$  le rayon de l'électrode et  $r_m=0.05m$  le rayon de la matière autour de l'électrode.



**Fig. 14. Caractéristiques  $R=f(l)$  sans et avec la couche de bentonite**

La résistivité électrique du charbon de bois a été évaluée et plusieurs références en donnent des résultats. Lev Weiner indique que les mesures effectuées sur un échantillon de la poudre de charbon de bois avaient donné une résistivité assez faible de quelques ohmmètres, dépendant de l'espèce du bois utilisée pour fabriquer le charbon de bois. Il est donc intéressant de faire usage de la poudre de charbon de bois autour des piquets de terre car la résistivité diminue avec la diminution de la taille des grains. Qingbo Meng, Jinliang He et F. P. Dawalibi [2] proposent une nouvelle technique pour réduire la résistance de sol.

Cette méthode nécessite trois étapes:

- faire des trous profonds dans le sol;
- faire des fissures dans le sol à l'aide des explosifs dans les trous;
- remplir les trous avec des matériaux de faible résistivité sous pression

### 3.3 EVALUATION ANALYTIQUE DES RÉSISTANCES DE MISES À LA TERRE DES ÉLECTRODES CYLINDRIQUES

Cette méthode peut être utile dans le cadre de l'optimisation des résistances de mises à la terre.

Pour un sol de résistivité  $\rho=1000\Omega.m$  et de rayon  $r=0.015m$ , les courbes ci-dessous montrent comment varient les résistances de mises à la terre en fonction de la longueur des électrodes.

Les courbes sont obtenues par simulation des formules suivantes.

$$\text{Rudenberg : } R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln\left(\frac{2l}{r}\right) \quad (2)$$

$$\text{Dwight Sunde : } R = \frac{\rho}{2\pi l} \left( \ln\left(\frac{4l}{r}\right) - 1 \right) \quad (3)$$

$$\text{Liew Darveniza : } R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln\left(\frac{r+l}{r}\right) \quad (4)$$

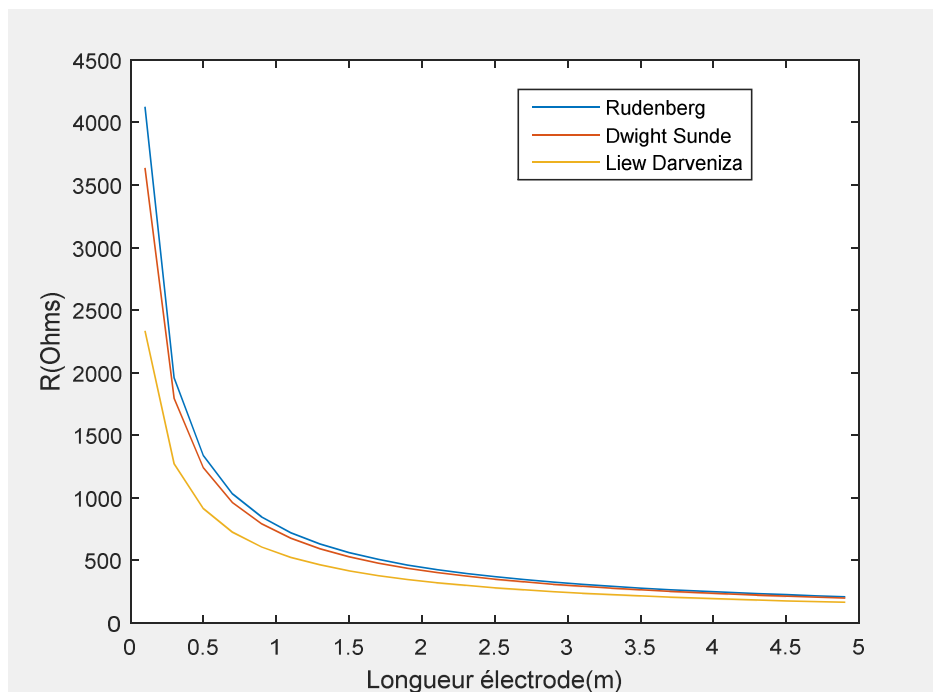


Fig. 15. Résistance de mises à la terre en fonction de la longueur de l'électrode verticale

Cette méthode permet de voir à travers ces 3 formules [2], celle qui réduit mieux les résistances de mises à la terre. A partir de ces trois courbes, la formule qui permet de mieux optimiser les résistances de mises à la terre est celle de Liew Darveniza.

## 4 CONCLUSION

Tout au long de cet article, nous avons évalué et analysé les résistances de mises à la terre obtenues auprès de la CIE. Dans plusieurs localités de Côte d'Ivoire, les résistances de mises à la terre sont inférieures à  $10\Omega$ . Ce qui est rassurant pour la sécurité des réseaux électriques haute tension car la valeur ne pas dépasser selon certaines normes est  $10\Omega$ .

Cependant, nous observons des valeurs un peu élevées à l'ouest dans la localité de Danané. Ces valeurs de résistance de terre sont encore plus élevées au niveau de la ligne 90kV Abobo-Dabou.

Pour résoudre les problèmes d'optimisation des résistances de terre, nous avons proposé la technique de l'utilisation de matière de faible résistivité autour des prises de terre telle que la bentonite ou le charbon de bois afin d'atteindre nos objectifs pour protéger le réseau électrique haute tension

En plus de cette solution, nous proposons aussi à travers une méthode analytique l'optimisation des résistances de terre à travers la formule Liew Darveniza qui montre clairement que les prises de terre doivent être enterré à une profondeur de plus de 5 mètres pour sécuriser le réseau électrique Haute Tension.

#### REMERCIEMENTS

Nous remercions la Compagnie Ivoirienne d'Electricité pour sa collaboration et pour la mise à disposition des données de résistances de terre. Les remarques de Professeur Aka TANOH et de Docteur Amidou BETIE nous ont été utiles tout au long de ce travail. Nous tenons à les remercier également pour leur contribution.

#### RÉFÉRENCES

- [1] CIE, "Base de données des résistances des terres", Abidjan (2014)
- [2] J. P. NZURU NSEKERE, "Contribution à l'analyse et à la réalisation des mises à la terre des installations électriques dans les régions tropicales", Thèse de Doctorat Université de Liège, Belgique, (Février 2009)
- [3] X. LEGRAND, "Modélisation des systèmes de mise à la terre des lignes électriques soumis à des transitoires de foudre", Thèse de Doctorat Ecole Doctorale Electronique, Electrotechnique, Automatique de Lyon, (Décembre 2007)
- [4] Z. A. ZIDANE, "Modélisation et simulation des prises de terre dans les systèmes électriques", Magister Université Ferhat Abbas / Setif Ufas Algérie, (Mai 2012)