

Influence de la qualité du sol sur la stabilité des bâtiments à Abidjan

**Mamery Adama SERIFOU^{1*}, Ouaga Jean Bruce Nataniel GBOGA², Oumar DIARRA¹,
Athanas KONIN² et Edjikeme EMERUWA¹**

¹ *Université Félix Houphouët Boigny, Unité de Formation et de Recherche des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Laboratoire des Sciences du Sol, de l'Eau et des Géomatériaux, 22 BP 582, Abidjan, Côte D'Ivoire*

² *Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny, Laboratoire du Génie Civil, des Sciences Géographiques et des Géosciences, BP 1093, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire*

(Reçu le 14 Août 2024 ; Accepté le 11 Octobre 2024)

* Correspondance, courriel : smadamsdedjen@yahoo.fr

Résumé

Depuis quelques années, la ville d'Abidjan est confrontée à un phénomène récurrent qui est l'effondrement des bâtiments. La présente étude s'inscrit dans la recherche de solutions aux problèmes des sinistres des bâtiments qui tendent à devenir endémiques à Abidjan. L'objectif a été d'établir un lien de causalité entre la qualité des sols d'assise et les effondrements répétitifs des bâtiments du parc immobilier abidjanais. Pour ce faire, des enquêtes ont été menées dans la ville d'Abidjan afin d'identifier les zones touchées par l'effondrement des bâtiments et ensuite, des échantillons de sol ont été prélevés pour la mise en évidence de la qualité des sols d'assise à Abidjan à travers des essais géotechniques au laboratoire. Ainsi, des études de caractérisation physiques (analyses granulométriques et limite d'Atterberg) pour l'identification des échantillons et mécanique (essai œdométrique) pour déterminer la résistance et degré de tassement des sols. Les résultats de l'enquête ont montré que la zone la plus affectée par ce phénomène d'effondrement était la zone nord de la ville d'Abidjan. Ce désastre a touché principalement les bâtiments en hauteur. Aussi, l'analyse des profils a montré que le profil d'Abidjan nord était composé de trois (3) couches et six (6) couches pour Abidjan sud. On y rencontre respectivement au nord un sable argileux avec un indice des vides élevé et au sud un sable avec un indice des vides faibles. De plus, en termes de tassement le profil d'Abidjan sud a eu des caractéristiques bien meilleures que le profil d'Abidjan nord pour la bonne tenue des fondations.

Mots-clés : *effondrement, stabilité des bâtiments, tassement, Abidjan.*

Abstract

Influence of soil quality on building stability in Abidjan

For several years, the city of Abidjan has been faced with a recurring phenomenon which is the collapse of buildings. This study seeks solutions to the recurring building collapses that have become increasingly common in Abidjan. The objective was to establish a causal relationship between soil quality and the frequent collapses observed in the city's real estate sector. To achieve this, a survey was conducted to identify areas affected by building collapses, and soil samples were collected to assess the soil quality in Abidjan through

geotechnical testing in the laboratory. The study involved physical characterization (granulometric analysis and Atterberg limits) to identify the samples and mechanical characterization (oedometer test) to determine soil resistance and the degree of settlement. The results show that the northern part of Abidjan is the most affected by building collapses, particularly in multi-story buildings. Additionally, the analysis of soil profiles indicates that North Abidjan consists of three (3) layers, whereas South Abidjan consists of six (6) layers. The northern part has clayey sand with a high void index, while the southern part has sand with a low void index. Furthermore, in terms of settlement, the southern profile has better characteristics for stable foundations compared to the northern profile.

Keywords : *collapse, building stability, settlement, soil profile, Abidjan.*

1. Introduction

Des logements de qualité et des infrastructures de base pour tous, la durabilité des constructions dans des contextes d'urbanisation galopante sont parmi les grands défis mondiaux des États [1]. Ainsi, le secteur du bâtiment est l'un des secteurs stratégiques pour le développement durable des nations. La Côte d'Ivoire qui ambitionne d'être un pays émergent se doit de s'inscrire dans cet élan de développement mondial. En effet, la Côte d'Ivoire, la ville d'Abidjan particulièrement dans son élan d'urbanisation accéléré et avec un taux de croissance de 3,7 % entre 1998 et 2014, a vu sa population passée de 3 125 890 habitants à 4 395 243 habitants [2, 3]. Face à cette urbanisation, la ville d'Abidjan s'est inscrite dans le développement de ses infrastructures afin de répondre aux besoins en logement des populations [4]. Cependant, depuis l'année 2014, l'on assiste à des effondrements répétitifs des bâtiments en hauteur sur le parc immobilier d'Abidjan, dû à diverses causes [5, 6, 7]. L'une des causes responsables de l'écroulement des immeubles à Abidjan est la non-adaptabilité des fondations au site géologique qui va les supporter durablement [5]. La stabilité d'un ouvrage est intimement liée aux caractéristiques géotechniques du sol de fondation et l'aptitude qu'a le sol de supporter la décente de charge de l'ouvrage [8, 9]. Il convient donc de ne pas négliger cet aspect dans le problème d'effondrement des bâtiments à Abidjan. En effet, connaître la qualité des sols de fondation passe par la reconnaissance géotechnique avec la détermination de certains paramètres tels que la compressibilité du sol et le taux de tassements. Aussi, plusieurs études de ce domaine [10, 11], montrent que l'amplitude des tassements peut aller de quelques millimètres à quelques mètres, suivant la nature du terrain, l'indice des vides du sol et les charges qui lui sont appliquées. Alors, Il est important de déterminer la qualité des couches sous-jacentes du sol afin de prévenir des tassements différentiels importants qui peuvent influencer la stabilité des bâtiments [12 - 14]. C'est dans cette optique, que des méthodes de calcul de la compressibilité et du tassement des sols de fondation ont été développées progressivement depuis le début du vingtième siècle [15]. L'objectif de cette étude est d'identifier la zone de la ville touchée par l'effondrement de bâtiment et d'établir un lien de causalité entre la qualité des sols d'assise et les effondrements des bâtiments observés à Abidjan afin d'apporter une contribution à la résolution du problème endémique.

2. Méthodologie

2-1. Zone d'étude

Située dans la région des lagunes au sud de la Côte d'Ivoire au bord du golfe de Guinée, la ville d'Abidjan est traversée par la lagune Ebrié qui la sépare en deux zones (Abidjan nord et sud). Elle comprend 10 communes, dont les communes d'Adjamé, Yopougon, Abobo, Attécoubé, Cocody et Plateau situées au nord d'Abidjan et les communes de Treichville, Marcory, Koumassi et Port-Bouët situées au sud d'Abidjan. La ville s'étend sur

une superficie de 422 km² [16]. La **Figure 1** présente la zone d'étude et les points de prélèvements d'échantillons dans les zones nord et sud de la ville d'Abidjan.

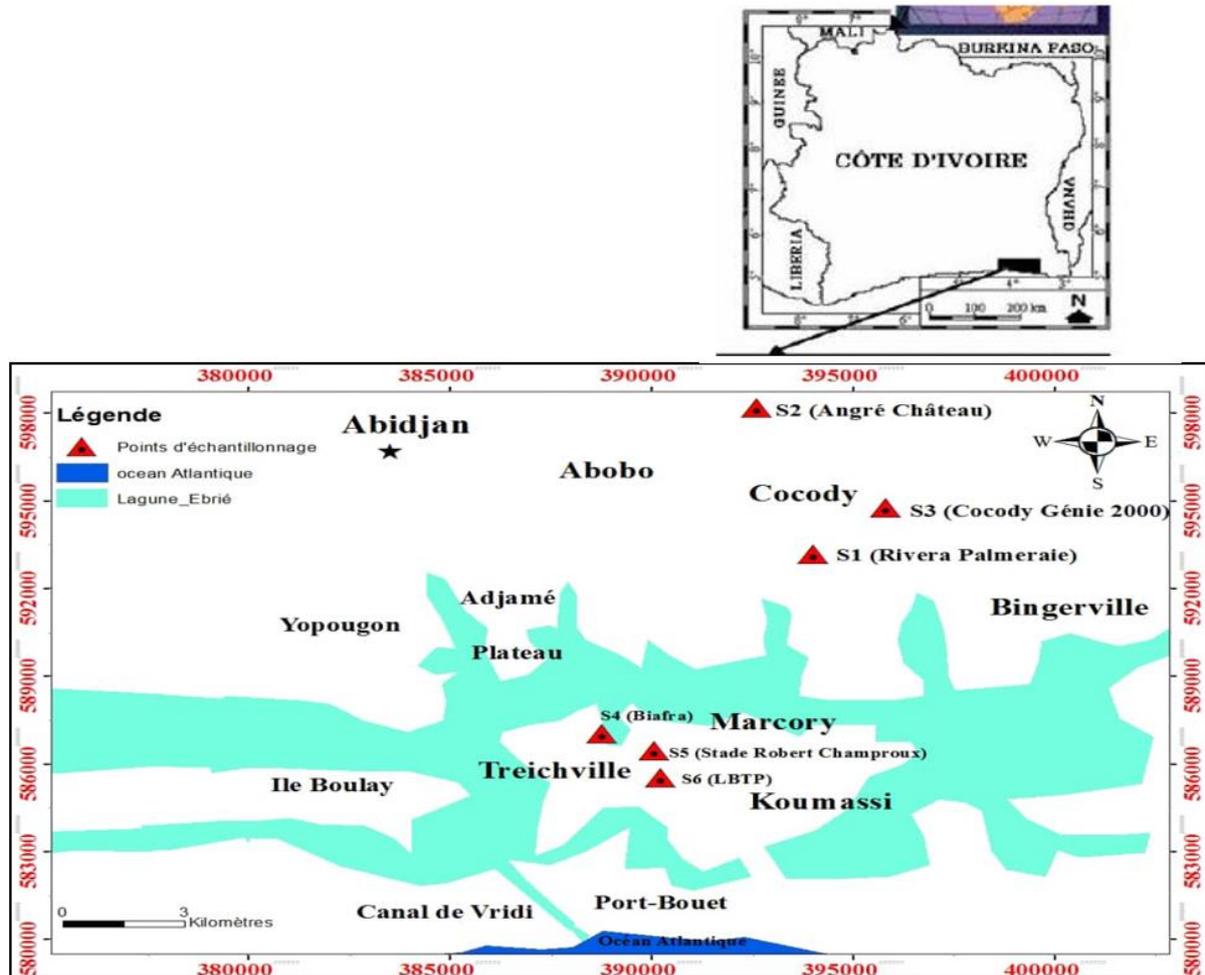


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude et des points d'échantillonnages

2-2. Méthode d'enquête

Pour cette étude, il a été mené une enquête de type transversale dans la ville d'Abidjan et des essais de caractérisation des sols de la zone nord et sud d'Abidjan durant la période du 15 mars 2019 au 30 octobre 2019. L'enquête a été menée en deux étapes. La première étape de l'enquête a consisté à localiser les zones touchées par l'effondrement des bâtiments dans la ville d'Abidjan. Les outils qui ont été utilisés sont :

- un GPS (global positioning system) pour la prise des coordonnées ;
- un appareil photo pour les prises de vue.

La deuxième étape de l'enquête, a consisté à des entretiens et des collectes d'informations auprès des acteurs du domaine de la construction afin de mieux cerner ce phénomène d'effondrement de bâtiment et d'avoir leurs avis. Cette enquête a été réalisée sur un échantillon de 60 personnes du domaine à l'aide d'un questionnaire.

2-3. Méthode de caractérisation du sol

A la suite de cette enquête, deux profils de sol ont été prélevés sur deux sites, l'un à Abidjan nord (zone d'effondrement de bâtiment) et l'autre à Abidjan sud (zone de non-effondrement de bâtiment) pour des analyses au laboratoire. Ces essais sont des essais physiques et mécaniques.

2-3-1. Analyse granulométrique

Dans cette étude, l'analyse granulométrique a été réalisée selon les normes françaises [17, 18]. Cet essai a permis de déterminer la répartition des différents grains (particules) du sol en fonction de leurs caractéristiques (poids, tailles, etc.). Pour les particules de dimension supérieure à 80 μm , la séparation se fait par tamisage. Les pourcentages de refus cumulés ont été calculés par la **Formule** suivante [17] :

$$\% \text{refus cumulés} = (R_i / M_s) * 100 \quad (1)$$

avec, R_i , la masse de refus cumulée à chaque tamis et M_s la masse de l'échantillon sec.

Les pourcentages de tamisât ont été calculés par la **Formule** suivante [17] :

$$\% \text{tamisât} = 100 - \left(\frac{R_i}{M_s} \times 100 \right) \quad (2)$$

avec, R_i , la masse de refus cumulée à chaque tamis et M_s la masse de l'échantillon sec. Les pourcentages des refus ou tamisât cumulés obtenue sont exploités sous forme de graphique (courbe granulométrique).

Pour les particules fines de dimension inférieure à 80 μm , il a été pratiqué l'essai par sédimentométrie. Cet essai complète l'analyse granulométrique par tamisage des sols. La relation entre diamètre des grains et vitesse de sédimentation est donnée par la loi de Stock suivante [18] :

$$V = g \times (\gamma_s - \gamma_w) / 18\eta \times D^2 \quad (3)$$

avec, V la vitesse de décantation de la particule (m/s) ; D le diamètre de la particule en cm ; γ_s le poids spécifique de la particule en g/cm^3 ; γ_w le poids spécifique du liquide en g/cm^3 et g l'accélération de la pesanteur. La granulométrie d'un sol peut être caractérisée par le coefficient d'uniformité (C_u) et le coefficient de courbure (C_c). Ces coefficients sont calculés par les **Formules** suivantes :

$$C = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (4)$$

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} * D_{60}} \quad (5)$$

avec, D_{60} , D_{30} et D_{10} respectivement les diamètres effectif des particules qui correspondent à 60 %, 30 % et 10 % du passant.

2-3-2. Limites d'Atterberg

Les limites d'Atterberg ont été déterminées conformément à la norme française [19]. La détermination des limites d'Atterberg se pratique sur la fraction qui passe à travers le tamis de 400 μm . Cet essai a permis de déterminer l'indice de plasticité du sol qui caractérise son argilosité. L'indice de plasticité (I_p) se déduit des limites par la différence entre la limite de liquidité (W_L) et la limite de plasticité (W_P). Il est donné par la **Formule** suivante [19] :

$$I_p = W_L - W_P \quad (6)$$

2-3-3. Essai œdométrique

Pour déterminer la résistance et le taux de tassement des profils de sol sélectionnés, il a été effectué l'essai œdométrique selon la norme française [20]. Cet essai mécanique a consisté à mesurer le tassement des échantillons de sol prélevés. Les résultats ont permis d'établir, pour un échantillon donné, la courbe de compressibilité, qui indique le tassement total en fonction du logarithme de la contrainte appliquée. Les taux de tassement sont donnés par les **Formules** suivantes [20] :

✓ Sol normalement consolidé

$$\Delta H = \frac{H}{1} + e0 \left(Cc1 \log \sigma'v0 + \frac{\sigma vz}{\sigma'p} \right) \tag{7}$$

✓ Sol surconsolidé

$$\Delta H = \frac{H}{1} + e0 \left(Cr \log \frac{\sigma'p}{\sigma'v0} + Cc1 \log \sigma'v0 + \frac{\sigma vz}{\sigma'p} \right) \tag{8}$$

avec, H l'épaisseur de la couche de sol compressible ; Cc1 l'indice de compression ; e0 l'indice des vides initial (avant consolidation) ; $\sigma'v0$ la contrainte verticale effective initiale au milieu de la couche ; σvz l'accroissement de contrainte apporté par la fondation au milieu de la couche et $\sigma'p$ la pression de préconsolidation.

3. Résultats et discussion

3-1. Données d'enquêtes

3-1-1. Localisation des sites d'effondrement de bâtiment à Abidjan

La **Figure 2** montre la localisation des bâtiments effondrés à Abidjan et il est visible que seule la zone nord est véritablement touchée par le phénomène d'effondrement de bâtiment. Les communes à forte densité de nouvelles constructions comme Cocody et Yopougon sont les plus touchés par ce désastre.

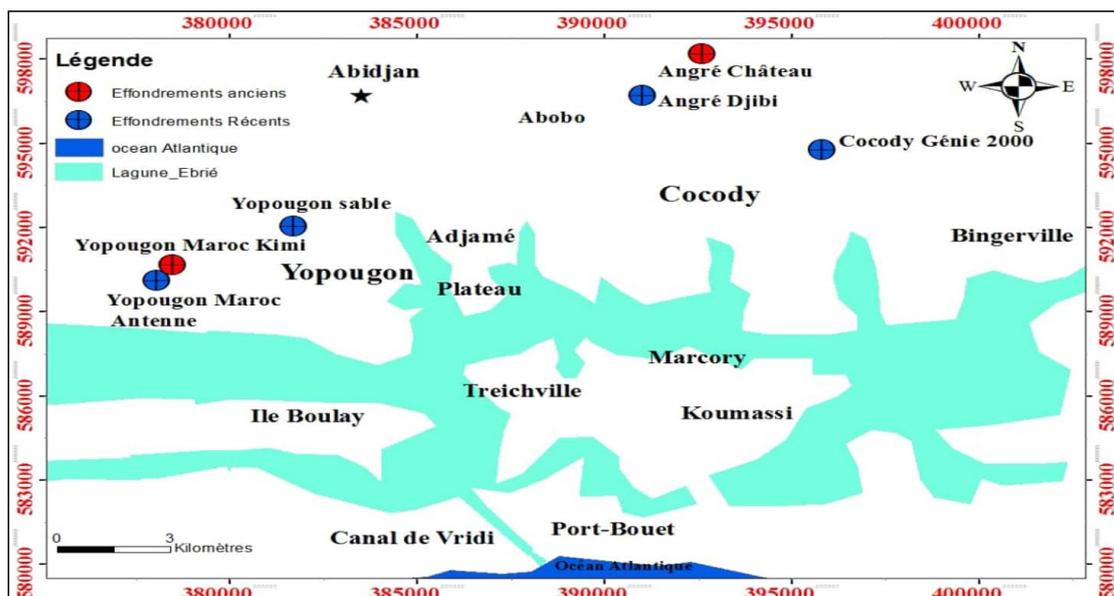


Figure 2 : Localisation des bâtiments effondrés à Abidjan

3-1-2. Visite de la zone nord d'Abidjan

La **Figure 3** présente l'effondrement total d'un bâtiment R+5 en construction à Cocody Angré Djibi. La cause éventuelle de cet accident dans cette zone pourrait être expliquée par le fait que le sol était en pente et assez nivelé avec des traces de passage d'eau. Les eaux de ruissellement peuvent creuser au niveau des fondations, déstabiliser l'ouvrage et provoquer son effondrement.



Figure 3 : Bâtiment R+5 effondré à Cocody-Angré Djibi

Comme le montre la **Figure 4**, une partie d'un immeuble (R+3 vu la hauteur) en construction s'est effondrée sur des appartements situés à proximité, au quartier Maroc-Antenne. À l'origine le bâtiment effondré était une maison basse et sans étude préalable. Le propriétaire a demandé au constructeur d'ajouter deux (2) niveaux (R+2) puis un troisième (3) niveau. Ainsi, lors de l'élévation du troisième niveau, un des poteaux soutenant le bâtiment s'est enfoncé dans le sol, puis s'en est suivi l'effondrement du bâtiment.



Figure 4 : Bâtiment R+3 effondré à Yopougon-Maroc

Il est observé sur la **Figure 5** un bâtiment R+3 effondré. À la suite d'une expertise in situ, il ressort que la fondation était ancrée dans le sol à 80 cm. Ainsi, lors d'un prélèvement à la tarière, il a été constaté que la couche de terre arable avait une épaisseur de 71 cm. Ce qui révèle que la fondation était ancrée dans le sol organique très perméable et compressible, ce qui a sans doute occasionné l'effondrement brutal et total du bâtiment.



Figure 5 : Bâtiment R+3 effondré à Cocody Angré Château

Comme le montrent ces figures, la zone nord de la ville d'Abidjan est touchée de plein fouet par le phénomène d'effondrement de bâtiment.

3-1-3. Visite de la zone sud d'Abidjan

Cette zone se situe au sud de la faille des lagunes et elle abrite une nappe phréatique dont le niveau piézométrique est souvent très proche de la surface du sol [21].

Dans cette zone, le phénomène d'effondrement des bâtiments n'a pas été observé. Comme le montrent les **Figures 6 et 7**, ce sont plutôt des bâtiments de grande hauteur qui sont en cours de construction, surtout dans les communes de Marcory et Treichville.



Figure 6 : Mosquée Mohamed VI en construction à Treichville



Figure 7 : Immeuble R+10 à Marcory Zone 4 C

3-1-4. Répartition graphique des résultats de l'enquête auprès des acteurs du domaine

Ces graphiques montrent la répartition en pourcentage de différentes réponses recueillies lors de l'enquête auprès des acteurs du domaine de la construction. La **Figure 8** montre bien que les fondations superficielles sont les plus exécutées à Abidjan nord, tandis qu'à Abidjan sud, on rencontre plus les fondations profondes et semi-profondes. Pour les fondations superficielles, les radiers sont beaucoup plus exécutés à Abidjan sud tandis qu'à Abidjan nord ce sont les semelles isolées et filantes.

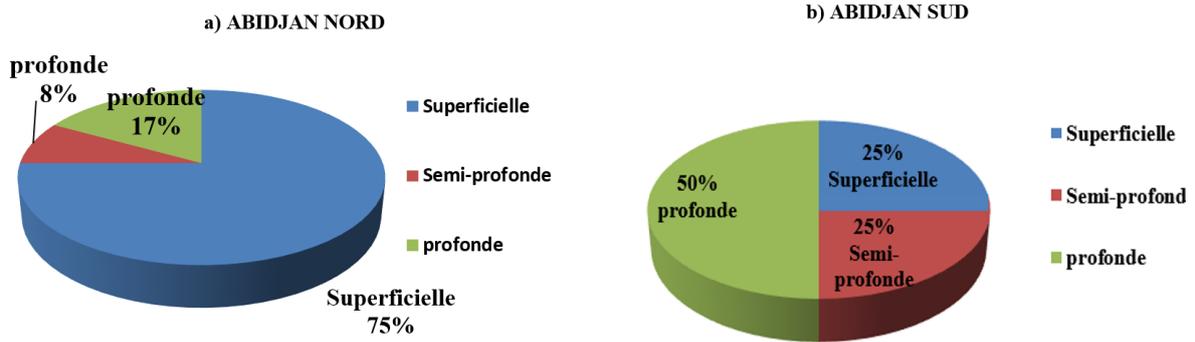


Figure 8 : Répartition graphique des types de fondation exécutée à Abidjan

La **Figure 9** montre la répartition graphique des bâtiments effondrés à Abidjan. Abidjan nord est touché par l’effondrement de bâtiments avec des pourcentages de réponses qui varient entre 0 et 100 %, tandis qu’à Abidjan sud, on n’observe pas d’effondrement de bâtiment.

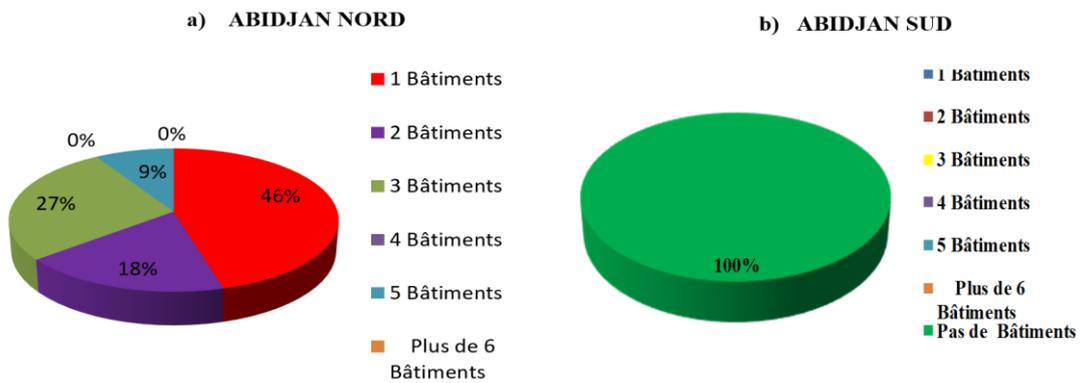


Figure 9 : Répartition graphique des bâtiments effondrés à Abidjan

La **Figure 10** montre bien que les bâtiments touchés par l’effondrement sont tous des maisons en hauteur de type (R+).

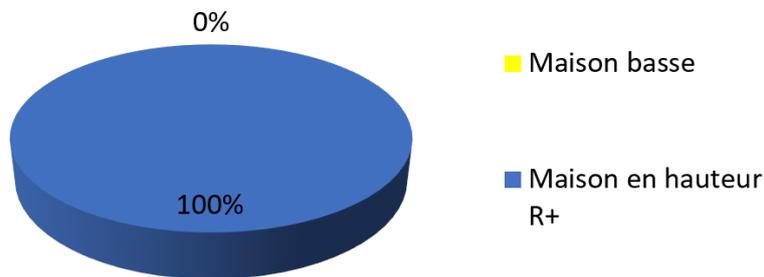


Figure 10 : Répartition graphique du type de bâtiment touché par l’effondrement

Pendant la construction les constructeurs ont signifié qu’ils ne rencontraient pas la nappe phréatique à Abidjan nord tandis qu’à Abidjan sud, ils rencontraient la nappe phréatique à partir d’un ou deux mètres de profondeur (**Figure 11**), ce qui est conforme à nos observations lors du prélèvement d’échantillons à la tarière.

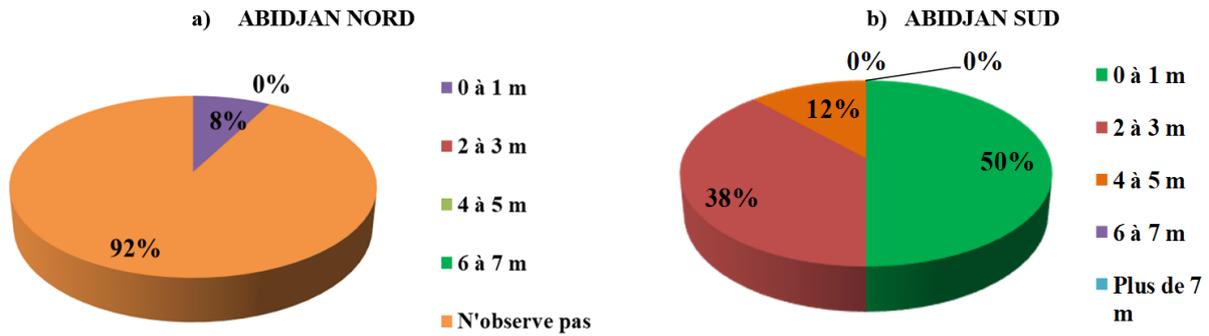


Figure 11 : Répartition graphique du niveau de la nappe phréatique à Abidjan

Les constructeurs ont signifié qu'il était plus facile de construire dans la zone nord que dans la zone sud, aussi certains ont affirmé qu'ils prenaient plus de précaution en faisant des études géotechniques avant de construire plus dans la zone sud que dans la zone nord du fait de la difficulté de construction (Figure 12). La zone sud d'Abidjan abrite une nappe phréatique dont le niveau d'eau est proche de la surface du sol, ce qui rend difficile la construction dans cette zone [21].

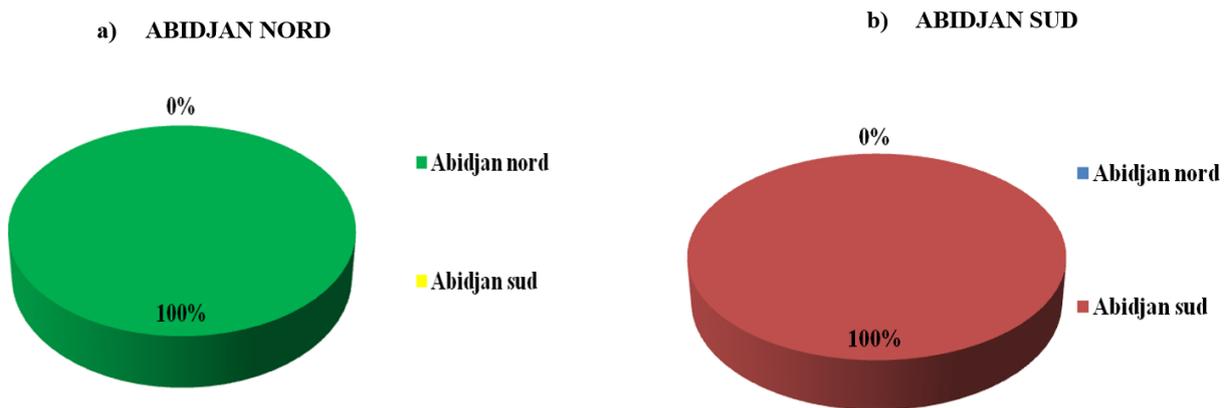


Figure 12 : Répartition graphique de la zone facilement constructible et de la zone où les constructeurs prennent le plus de précaution avant les travaux

3-2. Analyse des profils d'Abidjan nord et Abidjan sud

3-2-1. Profil lithologique

La Figure 13 présente les profils de sol rencontrés à Abidjan nord (Profil A) et Abidjan sud (Profil B), qui sont constitués d'une succession de couches de sol de différentes natures grâce à la couleur et à la composition.

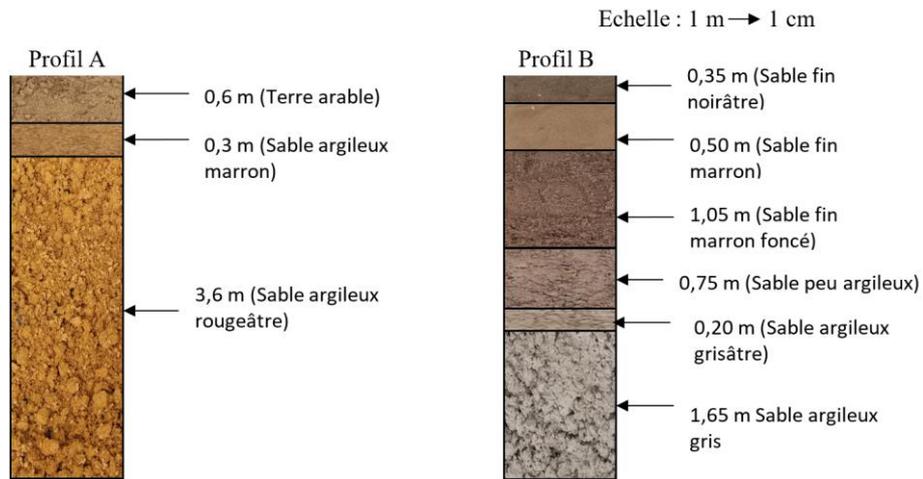


Figure 13 : Profils de sol rencontrés à Abidjan nord (profil A) et Abidjan sud (profil B)

3-2-2. Données Granulométriques

Les normes françaises [17, 18] ont permis d'effectuer les essais granulométriques et les **Figures 14** et **15** résument les résultats de cette analyse du profil d'Abidjan nord et sud.

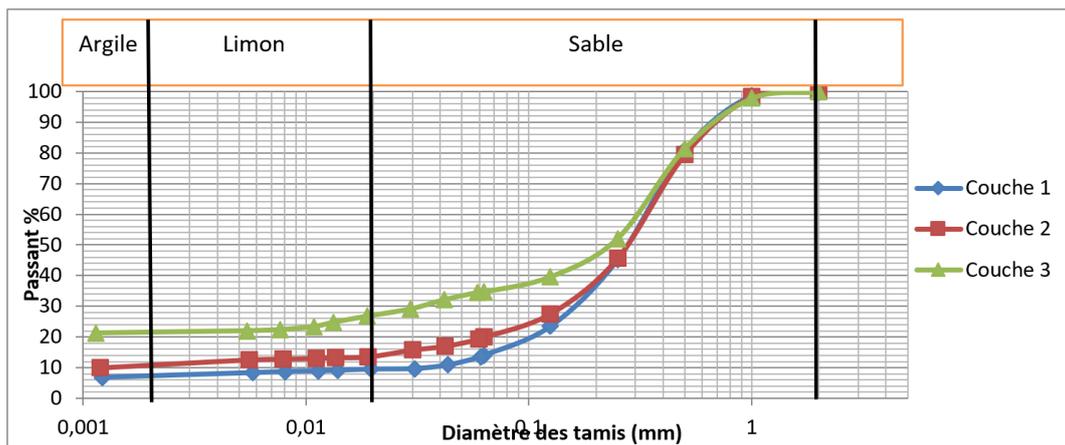


Figure 14 : Courbe granulométrique Abidjan nord

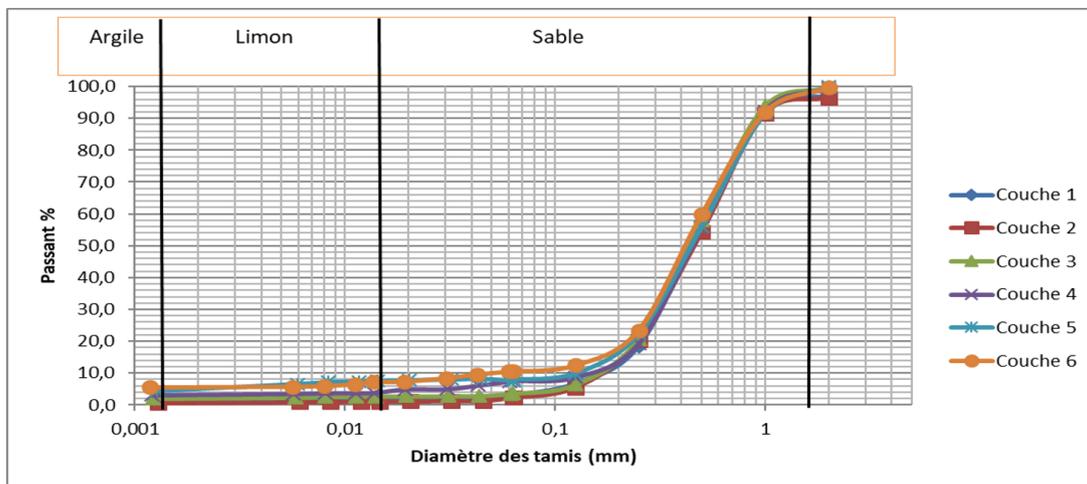


Figure 15 : Courbe granulométrique Abidjan sud

À travers les courbes de la **Figure 14** et **15**, il en ressort les pourcentages des grains des différentes couches donnés dans le **Tableau 1**.

Tableau 1 : Composition granulométrique des profils d'Abidjan

COUCHES		PARTICULES (%)			
		Gravier (2mm<Φ<20mm)	Sable 20μm<Φ<2mm)	Limon (2μm<Φ<20μm)	Argile (Φ < 2 μm)
Profil Abidjan nord	Couche 1	-	90,50	2,00	7,50
	Couche 2	-	86,00	3,00	11,00
	Couche 3	-	73,00	5,50	21,50
Profil Abidjan sud	Couche 1	2,80	95,70	0,60	0,90
	Couche 2	3,59	95,01	0,60	0,80
	Couche 3	0,30	96,70	1,00	2,00
	Couche 4	0,60	94,40	2,00	3,00
	Couche 5	0,60	91,40	3,00	5,00
	Couche 6	0,30	92,35	1,65	5,70

Ces analyses granulométriques donnent la proportion des constituants des couches en fonction de leur taille. De façon générale, pour les deux profils, la taille des particules diminue avec la profondeur. À partir des courbes granulométriques, les coefficients d'uniformité (Cu) et de courbure (Cc) sont déterminés. Les coefficients d'uniformité (Cu) et les coefficients de courbure (Cc) permettent d'apprécier la densité des couches en fonction de leurs répartitions granulométriques. Ces valeurs sont consignées dans le **Tableau 2**.

Tableau 2 : Valeurs des coefficients d'uniformité Cu et de courbure Cc

PROFILS	COUCHES	Cu	Cc	INTERPRETATIONS
Profil Abidjan nord	Couche N°1	17,00	4,25	Sol étalé et mal gradué
	Couche N°2	175,00	32,00	Sol étalé et mal gradué
	Couche N°3	-	-	-
Profil Abidjan sud	Couche N°1	2,63	0,95	Sol étalé et mal gradué
	Couche N°2	3,05	0,97	Sol étalé et mal gradué
	Couche N°3	2,77	1,00	Sol étalé et bien gradué
	Couche N°4	3,43	1,09	Sol étalé et bien gradué
	Couche N°5	4,41	1,41	Sol étalé et bien gradué
	Couche N°6	8,33	2,80	Sol étalé et bien gradué

Les coefficients d'uniformité des différentes couches sont supérieurs à deux (2) et les coefficients de courbure sont compris entre 1 et 3, excepté les couches du profil d'Abidjan nord et les deux premières couches du profil d'Abidjan sud. Le LCPC (Laboratoire Central des Ponts et Chaussée) signifie que les sols bien gradués constituent des dépôts naturels denses avec une capacité portante élevée. Les couches bien graduées et étalées montrent qu'il n'y a pas de prédominance d'une famille de grains sur une autre, dans ce cas, la courbe granulométrique descend d'une façon assez régulière, témoignant ainsi de la présence d'une grande variété de diamètres ce qui est le cas de nos couches d'Abidjan sud à partir de 0,85 m de profondeur, cependant pour les couches mal graduées, cela signifie qu'il existe une certaine prédominance entre les familles de grains, ce qui est le cas des couches d'Abidjan nord [22].

3-2-3. Classification des couches suivant le triangle textural

Comme le montre la **Figure 16**, l'analyse granulométrique de ces deux profils a permis d'avoir le pourcentage des grains dans les couches constitutives, ce qui a servi à la classification texturale des sols dans le diagramme triangulaire textural de [23].

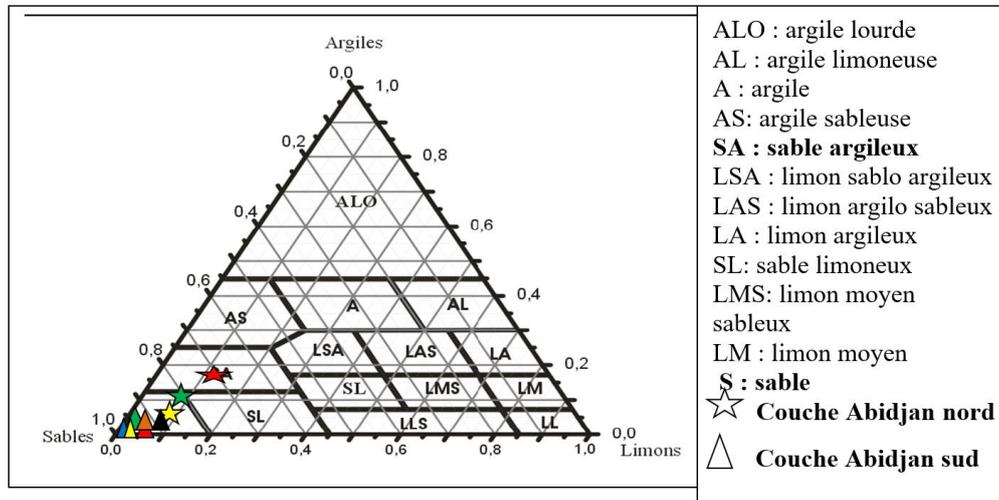


Figure 16 : Triangle textural[23]

Les couches constitutives des deux profils ont une texture sableuse à sable argileux. En effet, l'on remarque que la quantité de fine croît avec la profondeur pour ces deux profils. La couche 3 a plus de fine que les deux autres couches du profil d'Abidjan nord. Les couches du profil d'Abidjan sud ont toutes une texture sableuse. Ce caractère argileux des couches du profil d'Abidjan nord peut affecter les fondations du bâtiment, car les sols argileux ont tendance à gonfler en saison pluvieuse et se rétractent en saison de sécheresse. Ce phénomène de gonflement et de retrait peut déstabiliser les fondations et entraîner la chute du bâtiment.

3-2-4. Limite d'Atterberg

Les limites d'Atterberg se mesurent sur les mortiers dont la fraction granulométrique est inférieure à 400 μm grâce à la norme française [19]. Il a été déterminé les limites de liquidité et de plasticité des différentes couches de sol ainsi que leurs indices de plasticité. Le **Tableau 3** montre bien que seules les limites de liquidité, de plasticité et les indices de plasticité des couches d'Abidjan nord ont pu être déterminés. Cependant, ceux du profil d'Abidjan sud n'ont pas pu être déterminés, car leur pourcentage de fine ($\Phi < 80 \mu\text{m}$) est inférieur à 12 %. Ce pourcentage varie entre 3 % et 11 %. Pour les couches du profil d'Abidjan nord, qui elles par contre ont un pourcentage de fine supérieur à 12 %, on observe bien que l'indice de plasticité augmente avec la profondeur.

Tableau 3 : Limites d'Atterberg des profils d'Abidjan nord et Abidjan sud

	Couches	Limite de liquidité (%)	Limite de plasticité (%)	Indice plasticité (%)
Profil Abidjan nord	Couche 1	19	17,24	1,76
	Couche 2	24	20,59	3,41
	Couche 3	38,2	28,04	10,16
Profil Abidjan sud	Couche 1	-	-	-
	Couche 2	-	-	-
	Couche 3	-	-	-
	Couche 4	-	-	-
	Couche 5	-	-	-
	Couche 6	-	-	-

3-2-5. Essai œdométrique et calcul du taux de tassement

3-2-5-1. Essai œdométrique

En vue de déterminer le taux de tassement des couches de sol des profils d'Abidjan nord et sud il a été effectué un essai œdométrique selon la norme française [20] en laboratoire sur ces couches de sol. Les résultats de l'essai œdométrique sont consignés dans le **Tableau 4**. Ces résultats ont montré que les contraintes de préconsolidation (σ'_p) des couches de sols sont tous surconsolidé. Les couches du profil d'Abidjan nord ont des valeurs de contrainte de préconsolidation plus faible (52 à 57 KPa) que celles du profil d'Abidjan sud (60 à 63 KPa) ce qui montre bien la résistance élevée du profil d'Abidjan sud. Suivant l'indice des vides initial, on observe que ceux du profil d'Abidjan nord sont élevés (0,900 à 0,970) que ceux du profil d'Abidjan sud (0,740 à 0,890).

Tableau 4 : Données œdométriques des différentes couches

Profils	Couches	σ'_p (Kpa)	Cc ₁	Cg	Cr	e ₀	σ'_{V0} (Kpa)
Profil Abidjan nord	Couche 1	54	0,210	0,013	0,113	0,910	4,20
	Couche 2	57	0,280	0,014	0,148	0,900	10,79
	Couche 3	52	0,290	0,014	0,139	0,970	41,23
Profil Abidjan sud	Couche 1	61	0,130	0,013	0,085	0,740	2,54
	Couche 2	60	0,130	0,013	0,069	0,840	8,52
	Couche 3	62	0,150	0,012	0,078	0,860	19,29
	Couche 4	63	0,140	0,012	0,100	0,890	28,90
	Couche 5	63	0,110	0,010	0,075	0,760	31,80
	Couche 6	63	0,140	0,010	0,065	0,820	35,00

Suivant le **Tableau 5**, l'on remarque que les couches du profil d'Abidjan nord sont très compressibles. Ce comportement est dû aux valeurs des indices de vide élevées dans ces couches de sol, ce qui leur confère un caractère tassant dès qu'ils sont soumis à des sollicitations intenses [24]. Les couches du profil d'Abidjan sud sont peu compressibles, cela est dû aux valeurs des indices de vide relativement faible qui se traduit par une compressibilité moyenne par rapport aux couches d'Abidjan nord. Les sols compressibles sont caractérisés par une nature le plus souvent argileuse ce qui n'est pas le cas de ces couches sableuses d'Abidjan sud [25].

Tableau 5 : Classification selon l'indice de compression [26]

Incompressible	Cc ₁ < 0,02
Très peu compressible	0,02 < Cc ₁ < 0,05
Peu compressible	0,05 < Cc ₁ < 0,10
Moyennement compressible	0,10 < Cc ₁ < 0,20
Assez fortement compressible	0,20 < Cc ₁ < 0,30

3-2-5-2. Calcul du taux de tassement

Pour le calcul du taux de tassement, il a été pris comme référence un bâtiment R+3 dont la descente de charge sous le poteau le plus chargé est de 180 kN sur une surface de 2,89 m². Les tassements ont été déterminés à un niveau d'ancrage de 1,50 m dans le sol pour les deux profils étudiés en supposant que les contraintes dû à la surcharge restent constantes dans la couche. Les valeurs de tassement sont indiquées dans le **Tableau 6**.

Tableau 6 : Valeurs des tassements des profils d'Abidjan nord et Abidjan sud

Profils	Couches supports	ΔH (m)	ΔH total (m)
Profil Abidjan nord	Couche 3	0,15	0,15
	Couche 3	0,01	
Profil Abidjan sud	Couche 4	0,02	0,07
	Couche 5	0,01	
	Couche 6	0,03	

Après détermination du taux de tassement des différentes couches, il en ressort que le profil d'Abidjan nord donne un tassement de 15 cm et celui d'Abidjan sud donne 7 cm. Le taux de tassement au nord est presque le double de celui du sud. Ces taux de tassement des profils sont liés à leur compressibilité. Les tassements sont considérés comme admissibles lorsqu'ils peuvent être tolérés ou absorbés sans inconvénients par le bâtiment [15].

4. Conclusion

Au terme de cette étude, il en ressort que seule la zone d'Abidjan nord est touchée par le phénomène d'effondrement des bâtiments et qu'il faudra prendre des dispositions particulières dans cette zone. Cette catastrophe est en parti liée à la qualité du terrain, car les couches du profil étant assez fortement compressible avec des valeurs de pression de préconsolidation faible et un taux de tassement faisant le double de celui d'Abidjan sud posent un risque pour les constructions. Il faudra donc prendre plus de précaution sur ce site et opté pour des fondations adéquates. Les couches d'Abidjan sud étant moyennement compressible et avec des pressions de préconsolidation élevées que ceux du profil d'Abidjan nord présente des caractéristiques meilleures pour la bonne tenue des fondations.

Références

- [1] - M. HARDY, Le Secteur du Bâtiment Mauritanien : Enjeux, Orientations et potentiel de réforme : Architectures et Matériaux durables, formations adaptées et Emplois décents, Organisation internationale du Travail, Bureau de pays de l'OIT pour l'Algérie, la Libye, le Maroc, la Tunisie et la Mauritanie- Nouakchott : OIT, Publications du Bureau international du Travail, (2017) 90 p.
- [2] - K. ATTA, M. KONE et K J. KRA, La nouvelle configuration de l'habitat dans les quartiers précaires d'Abidjan : cas de jean folly, zoe bruno et sagbe, *European scientific journal édition*, Vol. 11, N°14 (2015) 191 - 203
- [3] - INS-RGPH (Institut National de la Statistique – Recensement Général de la Population et de l'Habitat), *principaux résultats préliminaires*, INS-Côte d'Ivoire, Abidjan, (2014) 26 p.
- [4] - G. THOMAS, « Concentration humaine et déficit de logements : quelles conséquences sur la ville d'Abidjan ? », *Revue Internationale du Chercheur*, Abidjan, Vol. 4, N° 3 (2023) 1 - 18
- [5] - K. AMEDEE, Effondrement des immeubles à Abidjan : Un spécialiste dénombre trois causes, Abidjan, (2014). Consulté le 31 octobre 2024, <https://www.fratmat.info/article/62948/64/effondrement-des-immeubles-%C3%A0-abidjan-un-sp%C3%A9cialiste-d%C3%A9nombre-trois-causes>
- [6] - B. IBRAHIMA, « Incidence de la qualité des matériaux sur la stabilité des bâtiments : cas de la ville d'Abidjan ». Thèse de doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, (2020) 235 p.
- [7] - K. AHUA, Immobilier : Ce qui se cache derrière les effondrements d'immeubles à Abidjan (Enquête), <https://www.fratmat.info/article/227069/societe/effondrement-dimmeubles-a-abidjan-ces-initiatives-de-bruno-kone-pour-contrer-ce-phenomene>, Abidjan, (2023), consulté le 09 novembre 2024 à 12h16
- [8] - H. PIERRE, précis de géotechnique des sols et des roches, Ed. Dunod. Bordas, Paris, (1982) 145 p.

- [9] - L. LOGAIS, La pathologie des fondations : causes des désordres et remèdes. Éditions du Moniteur, (1985) 158 p.
- [10] - L. LAGAGNA et A. LAIMOUCHE, « Influence des tassements sur la stabilité des bacs de stockage énergétique », Maitrise, Université A. MIRA, Bejaia, (2016) 107 p.
- [11] - I. RAINI, « Etude géotechnique de la stabilité des sols pour la mise en place d'une chaussée : cas d'étude Jbel Bou Rdim (NE-Fès) », Mémoire de Master, Université Sidi Mohammed Ben Abdellah, Alger, (2017) 66 p.
- [12] - R. SEDIRA, « Etude paramétrique de l'influence des caractéristiques du sol sur le dimensionnement et le comportement des fondations superficielles des bâtiments », Mémoire de Magistère en Génie Civil, Université de Mira, Bejaia, (2013) 197 p.
- [13] - C. Derardja, « Types, causes et remèdes des dégradations des constructions existantes », Mémoire de magister, Université de Biskra, Algérie, (2004) 123 p.
- [14] - C. La BORDERIE et D. Breysse, « Étude du Tassement Différentiel Sur Sols Hétérogènes », Revue européenne de génie civil, Vol. 11, Issue 4 (2007) 453 - 462 p.
- [15] - K. TERZAGHI et R. PECK, "Soil Mechanics in Engineering Practice", 2nd Edition, John Wiley, New York, (1967) 520 p.
- [16] - BNETD, « Projet de renforcement de la voirie d'Abidjan. Rapport provisoire d'EIES », Abidjan, (2014) 225 p.
- [17] - AFNOR NF P 94-056, Sol : reconnaissance et essais d'analyse granulométrique des sols, méthode par tamisage à sec après lavage, normalisation française, Paris, MARS, (1996) 16 p.
- [18] - AFNOR NF P 94-057, Sol : reconnaissance et essais d'analyse granulométrique des sols, mét normalisation française, Paris, MAI, (1992) 20 p.
- [19] - AFNOR NF P 94-051, Sol : reconnaissance et essais de détermination des limites d'Atterberg-limite à la coupelle-limite de plasticité au rouleau, normalisation française, Paris, MARS, (1993) 15 p.
- [20] - AFNOR NF EN ISO 17892-5, Reconnaissance et essais géotechnique-essai de laboratoire sur les sols - partie 5 : essai de chargement par palier à l'œdomètre, normalisation française, Paris, MARS, (2017) 20 p.
- [21] - P. TRAORE, « Contribution à l'élaboration de procédés de construction de sous-sols d'immeuble dans la nappe phréatique : cas d'Abidjan sud », Cycle ingénieur en Génie civil, ESBT Plateau, Abidjan, (2018) 110 p.
- [22] - K. OUSSEYNOU, « Étude des propriétés Hydro géotechniques des mélanges sol-boues utilisables comme matériaux fins d'une couverture avec effets de barrière capillaire », Mémoire de maitrise, Polytechnique Montréal affiliée à l'Université de Montréal, (2019) 63 - 64 p.
- [23] - N. CABANE, « Sols traités à la chaux et aux liants hydrauliques : Contribution à l'identification et à l'analyse des éléments perturbateurs de la stabilisation », Thèse de Doctorat, Ecole Nationale Supérieure des Mines Saint-Etienne, France, (2004) 189 p.
- [24] - I. RAINI, « Etude géotechnique de la stabilité des sols pour la mise en place d'une chaussée : cas d'étude Jbel Bou Rdim (NE-Fès) », Mémoire de Master, Université Sidi Mohammed Ben Abdellah, Alger, (2017) 66 p.
- [25] - F. BERRABAH, « Évaluation numérique de l'effet du renforcement par nappes de géosynthétique sur la stabilité et le tassement des remblais sur sol compressible », Thèse de Doctorat, Université Mohamed Khider, Biskra, (2015) 150 p.
- [26] - J. LERAU, Cours géotechnique 1. Institut national des sciences appliquées, Toulouse, (2006) 32 p.