

INTERNATIONAL SOCIETY FOR SOIL MECHANICS AND GEOTECHNICAL ENGINEERING



This paper was downloaded from the Online Library of the International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ISSMGE). The library is available here:

<https://www.issmge.org/publications/online-library>

This is an open-access database that archives thousands of papers published under the Auspices of the ISSMGE and maintained by the Innovation and Development Committee of ISSMGE.

Les phénomènes de retrait des argiles et marnes de la zone de DIAMNIODIO au Sénégal

The shrinkage of the clay and marl phenomena of the region of DIAMNIODIO in Senegal

Aminata CISSÉ, Papa GOUMBO Lô, C.A.K Traoré, B. Manga et M. Fall
Centre Expérimental de Recherches et d'Etudes pour l'Équipement (CEREEQ), Hann, Route du service géographique, Dakar, Sénégal, cereeq@cereeq.org

Résumé : Le caractère gonflant des sols argileux et marneux de la zone de DIAMNIODIO devant abriter la nouvelle ville est bien connu. Cependant, le gonflement est un caractère souvent associé à un autre, variant en sens inverse qui est le retrait. Les phénomènes de retrait-gonflement de certains sols argileux induisent des variations de volumes qui se manifestent par des désordres affectant principalement les ouvrages.

Les acteurs de la construction dans la zone de DIAMNIODIO sont donc confrontés aussi à ce phénomène de retrait car en réalité ces formations sont en même temps gonflantes et rétractables. La période de retrait des formations superficielles au Sénégal est beaucoup plus longue que celle de gonflement à cause d'une saison sèche allant de 8 à 9 mois. Des études ont été réalisées pour déterminer la teneur en eau de retrait conventionnelle des formations argileuses et marneuses situées entre 0 et 2.5 m de profondeur. La composante horizontale du retrait, marquée par l'ouverture de fissures est également observée sur les deux types de formations avec des teneurs en eau de départ allant du domaine liquide au domaine solide en passant par le domaine plastique. L'évolution rapide de ce retrait sur les formations exposées à l'air libre nous interpelle sur la méthodologie de réalisation des fondations dans cette zone et les dispositions constructives à prendre.

Mots clés : retrait, gonflement, argile, marne, teneur en eau, fissures

Abstract : The swelling character of the clayey soils and marl of the DIAMNIODIO region, where a new city is projected to be build, is well known. But it should be noted that this swelling phenomenon is linked with the shrinkage one. In that region, failures of constructions are therefore liable to the volumetric changes due to the shrink-swelling phenomena of some clayey soils. The period during which the phenomena of shrinkage of soils are observed, around 8 to 9 months per year, is usually longer in Senegal than the period during which the swelling soils phenomena occurred. A study was carried out on the conventional shrinkage water content of superficial soils situated between 0 and 2.5m deep. An observation has also been noted on the two types of soils, on the horizontal component of the shrinkage on the basis of the cracks apparition, for water content varying from the liquid state of the soil to the solid one. The rapid evolution of shrinkage of samples located in open air, is a cause of concern for the design and building works of foundations of infrastructures in that region.

Keywords : shrinkage, swelling, clay, marl, water content, cracks

1. INTRODUCTION

Le retrait consiste en une diminution du volume du sol due à une diminution de la quantité d'eau contenue dans le sol.

La teneur en eau pour laquelle le retrait cesse correspond à la limite de retrait.

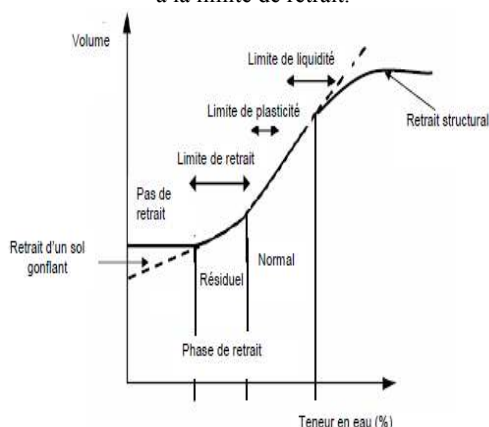


Figure 1 : Courbe de retrait classique

Le retrait évolue de manière linéaire jusqu'à une teneur en eau définie comme la limite de retrait (W_r). A partir de cette limite, le sol perd de l'eau sans grande variation de volume. On considère la limite de retrait comme l'intersection de deux segments présentant le retrait normal et l'absence de retrait. Le coefficient de retrait (R_I) est égal à la pente de la droite du

graphe qui représente la variation relative de hauteur en fonction de la teneur en eau

Une autre raison de s'intéresser au retrait des sols de Diamniadio est qu'il est un indicateur important de gonflement selon les auteurs.

De nombreux modèles visant à estimer le potentiel de gonflement sont formulées à partir des limites d'Atterberg et de paramètres qui en découlent. Le tableau suivant donne des exemples d'estimation du potentiel de gonflement en fonction de la limite de retrait.

Tableau 1 : relation entre le potentiel de gonflement et la limite de retrait (Altmeyer, 1955)

w_R (%)	<10	10 - 12	>12
Potentiel de gonflement	Fort	Critique	faible

D'autres auteurs pensent que trois paramètres sont nécessaires pour évaluer le gonflement. La classification de Holtz & Gibbs (1956) relie le potentiel de gonflement en fonction de la fraction argileuse, de l'indice de plasticité et de la limite de retrait.

La classification de Holtz & Dakshhanmurthy (1973) (citée par Djdid & Bekkouche 2001)

utilise l'indice de plasticité, la limite de liquidité et la limite de retrait (Tableau 3).

Tableau 2 : potentiel de retrait (Gibbs, 1956)

%< 2 µm	Ip (%)	w _R (%)	Pourcentage de retrait	Potentiel de retrait
> 28	> 35	< 10	> 30	Très élevé
20 – 13	25 – 40	7 – 10	20 – 30	élevé
13 - 23	15 -30	10 – 15	10 - 30	Modéré

Tableau 3 : potentiel de retrait (Holtz & Dakshammurthy, 1973)

Potentiel de gonflement	Ip (%)	w _R (%)	w _L (%)
faible	< 18	> 15	20 – 35
Modéré	15 – 25	10 – 15	35 – 50
Fort	25 - 35	7 - 12	50 – 70

2. ETUDE DU RETRAIT DES FORMATIONS DE DIAMNIADIO

2.1 Matériel et méthodes

L'étude portera sur les formations rencontrées entre 0 et 2.5 m de profondeur. Les matériaux ont été prélevés par méthode manuelle avec ouverture de puits et prélèvement direct d'échantillons. A la suite de cela, des essais d'identification ont été effectués dans le but de déterminer les types de formations en place. Ensuite, trois à quatre essais de retrait par dessiccation sont réalisés sur deux d'échantillons de chaque type de matériaux selon la norme XP P94-060-1. Les résultats obtenus seront couplés d'une observation visuelle sur les 2 types de formations rencontrées entre 0 et 2.5 m, faisant l'objet de retrait important, dont la composante horizontale est bien illustrée par l'ouverture d'un réseau de fissures de dimensions variables.

2.2 Résultats des essais d'identification et classification

2.2.1 Identification des formations

Les puits ont été ouverts à Diamniadio, dans l'emprise d'APROSI.

Coupes lithologiques obtenues aux droits des puits manuels et échantillonnage.

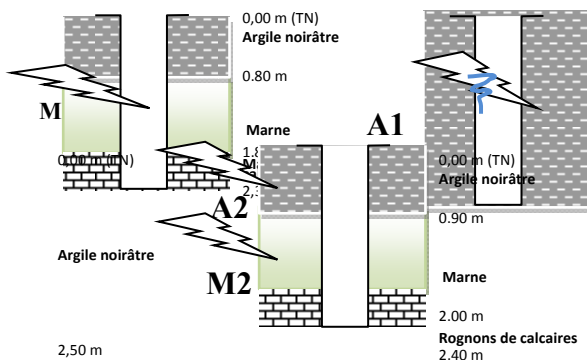


Figure 2 : coupes lithologiques des puits manuels et échantillonnage

L'étude a porté sur deux échantillons d'argile (A1 et A2) et deux échantillons de marne (M1 et M2).

2.2.2 Classification des sols étudiés

Les résultats des essais d'identification obtenus sur les sols prélevés ont été exploités. Il s'agit de la granulométrie, sédimentométrie, limites d'Atterberg, essais au bleu de méthylène et teneur en eau naturelle. La classification GTR (NF P 11-300) de ces formations montre que les argiles appartiennent à la classe A3 alors que les marnes, plus plastiques, appartiennent à la classe A4. L'insertion de ces formations dans le diagramme de Casagrande révèle leur appartenance dans le domaine des argiles peu plastiques (Ap) pour les matériaux argileux et dans le domaine des argiles très plastiques (At) pour les matériaux marneux.

2.3 Résultat obtenus avec les essais de dessiccation pour la détermination de la limite de retrait conventionnelle

La description de cet essai est détaillée dans la norme expérimentale XP P94-060-1.

L'essai consiste à préparer, à partir d'un échantillon de sol, une pâte constituée des éléments passant au tamis de 400 µm et à soumettre des éprouvettes de volume initial connu de cette pâte à dessiccation à l'air libre, puis à l'étuve où une mesure du volume est faite. La perte de volume de la prise d'essai entre son état initial et son état sec est par convention égale au volume d'eau de masse volumique connue perdue jusqu'à la limite de retrait.

Les résultats obtenus sur les quatre échantillons étudiés sont transmis dans les figures 3 à 6.

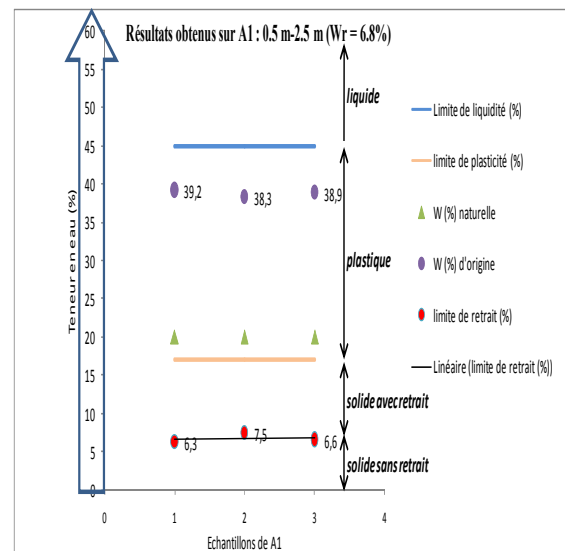


Figure 3 : résultats des limites de retrait obtenus sur A1

Avec un Ip de 28, et une valeur au bleu de méthylène de 2.75g/100 g de matériau, le sol A1 présente une limite de retrait variant entre 6.3 et 7.5% avec une valeur moyenne de 6.8%.

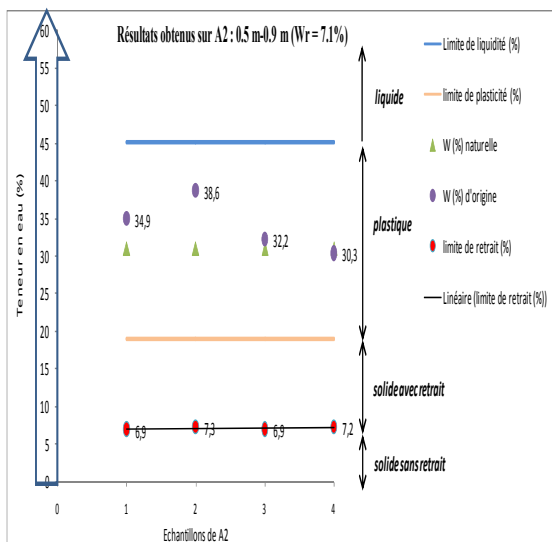


Figure 4 : résultats des limites de retrait obtenus sur A2

Avec un I_p de 26, et une valeur au bleu de méthylène de 2.36 g/100 g de matériau, le sol A2 présente une limite de retrait variant entre 6.9 et 7.3% avec une valeur moyenne de 7.1%.

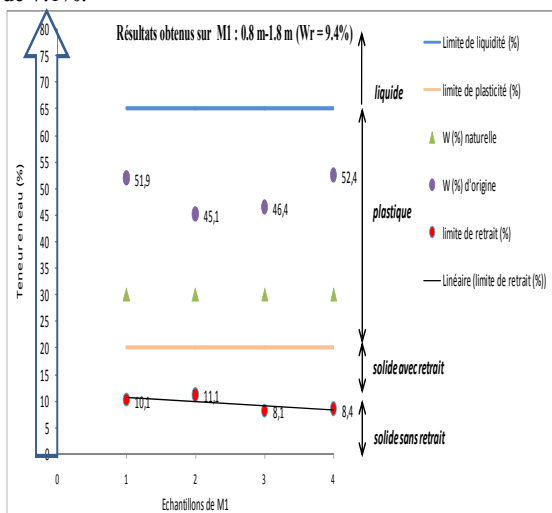


Figure 5 : résultats des limites de retrait obtenus sur M1

Présentant un domaine plastique plus étendu que les sols argileux avec un I_p de 45 et une valeur au bleu plus faible (1.75 g de bleu/ 100g de matériau), la marne M1 a montré une limite de retrait variant entre 8.1 et 11.1% ; sa valeur moyenne étant de 9.4%

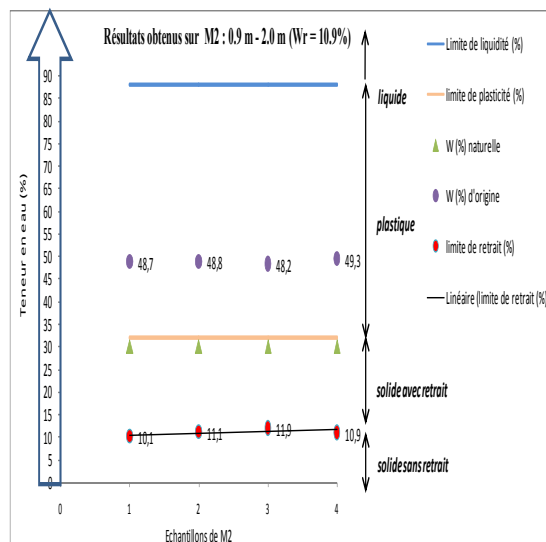


Figure 6 : résultats des limites de retrait obtenus sur M2

La marne M2 présente le domaine plastique le plus étendu de tous les sols étudiés avec un I_p de 56 et une valeur au bleu de méthylène de 1.95 g/100 g de matériau. Sa limite de retrait est un peu plus élevée que celle obtenue sur le sol M1 et varie entre 10.1 et 11.9% ; sa valeur moyenne étant de 10.9 %.

2.4 Variation de volume des échantillons

Les figures 7 et 8 suivantes, illustrent les variations de volume observées sur les échantillons testés.

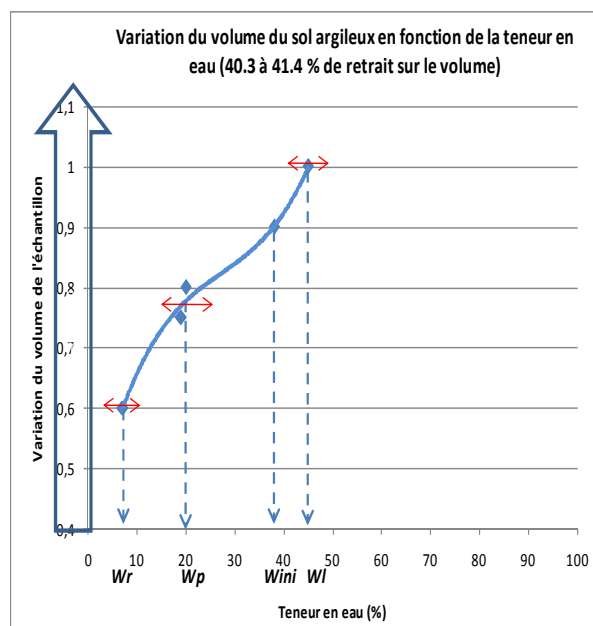


Figure 7 : diminution de volume de l'argile

Une diminution du volume de 40% est notée sur le sol argileux.

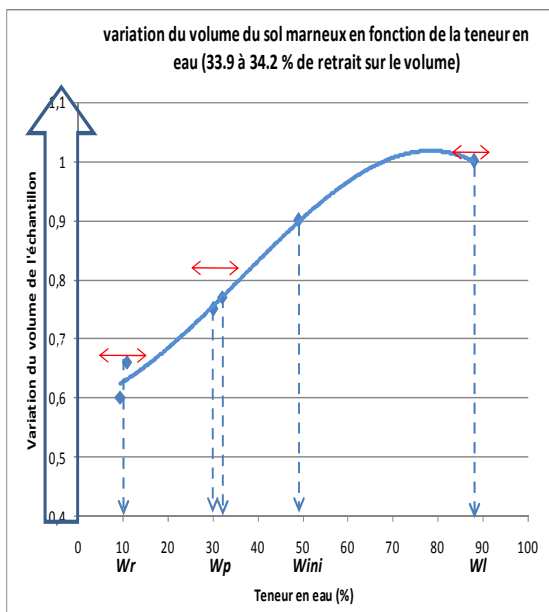


Figure 8 : diminution de volume de la marne

Sur la marne, le volume des échantillons a connu une diminution de 33.9 à 34.2%.

3. DISCUSSION

Les sols prélevés entre 0 et 2.5 m de profondeur, présentent des limites de retrait faibles, marquant leur complexité. Les argiles présentent une limite de retrait moyenne comprise entre 6.8 et 7.1%.

Pour les formations marneuses, la limite de retrait reste faible (9.4 à 10.9) malgré qu'elle soit supérieure à celle trouvée sur l'argile. Ces formations sont plus plastiques que celles argileuses mais moins rétractables.

Toutefois, les deux formations testées, présentent toutes des limites de retrait faibles et ne seraient stables que quand leurs teneurs en eau restent stables (condition incertaine) ou restent inférieures aux limites de retrait. En effet, l'échantillonnage étant fait en octobre, nous avons trouvé les sols dans un état de teneur en eau dépassant largement ces limites (20 à 31%).

Sur le puits 2, l'eau des pluies a été trouvée à une profondeur de 2.5 m et continue sa lente percolation à travers des formations presque imperméables.

Le chemin inverse à l'humidification qu'est le séchage prend départ automatiquement après ce dernier et sera forcément accompagné de variations importantes de volume.

D'après l'étude d'Altmeyer (Altmeyer, 1955), les argiles présentent un potentiel de gonflement élevé avec leurs limites de retrait inférieures à 10% alors que les marnes ont un potentiel critique à fort.

L'estimation des variations de volume obtenues sur les échantillons étudiés montre que les marnes ont perdu 33.9 à 34.2% de leur volume alors que pour les argiles, la perte de volume varie entre 40 et 41%. Malgré que les formations marneuses présentent un domaine plastique plus étendu, elles perdent légèrement moins de volume que les argiles.

2.4 Résultats obtenus sur les observations visuelles : illustrations du retrait horizontal

Le retrait conventionnel permet d'estimer la teneur en eau en deçà de laquelle les variations de volume de

l'échantillon restent faibles. Il est déterminé au laboratoire et reste cependant une grandeur expérimentale. Pour se rapprocher de la réalité, nous avons procédé à des observations sur des échantillons d'argile et de marne, placés dans leur domaine liquide et plastique et ensuite soumis à un séchage naturel sans étuvage. Des pesées successives ont été effectuées ainsi que des évaluations de l'épaisseur des fissures. Les tableaux suivants transmettent les résultats obtenus sur les échantillons d'argile et de marne.

En partant du domaine liquide au domaine plastique, l'argile développe des fissures de petites dimensions dont les épaisseurs sont d'environ 0.8mm. A une teneur en eau de 22.6%, toujours dans le domaine plastique, les fissures augmentent de dimensions et passent à 4 mm d'ouverture. D'autres plus petites se développent et atteignent 1, 2 et 3 mm. Dans le domaine solide avec retrait, les ouvertures augmentent de dimensions avec 5 mm pour la fissure majeure, 2 à 3 mm pour les autres. A 5% de teneur en eau, les fissures n'évoluent plus étant donné que la limite de retrait est atteinte

En partant du domaine plastique avec une teneur en eau de 32.6%, le matériau présente dans le même domaine, avec une teneur en eau de 27% une fissure d'une épaisseur de 2 mm. A une teneur en eau de 17%, dans le domaine solide avec retrait, les fissures augmentent de dimensions et passent à 4 mm. Un décollement du matériau est observé. A 5,5% de teneur en eau, dans le domaine solide sans retrait, les ouvertures atteignent 6 mm. En deçà de cette humidité, la fissuration se stabilise. Nous remarquons que les fissures développées par le matériau initialement porté dans un domaine liquide sont plus nombreuses, plus anarchiques mais de plus faibles dimensions que celles d'un matériau porté initialement dans un domaine plastique.

Partant du domaine liquide avec 67% de teneur en eau, la marne présente dans le domaine plastique à 31.6% d'eau une fissure de 2 mm à l'intérieur du matériau. Avec une teneur en eau plus faible de 25.7%, les fissures continuent à se développer. A 15% de teneur en eau, dans le domaine solide avec retrait, les fissures augmentent en nombre et en épaisseur. A 5% la fissuration se stabilise.

Le matériau, porté initialement dans le domaine plastique, présente des fissures moins nombreuses mais plus épaisses. Comme pour l'argile, un décollement du matériau est également observé.

4. CONCLUSION

La détermination de la limite de retrait conventionnelle dans le laboratoire du CEREEQ a donné des valeurs moyennes comprises entre 6.8 et 7.1% pour l'argile et 9.4 et 10.9% pour la marne. Ces formations prélevées entre 0 et 2.5 m de profondeur, étaient dans le domaine plastique au moment de l'étude (teneur en eau comprise entre la limite de liquidité et de plasticité). Ceci prouve que la stabilisation de l'humidité dans un tel milieu, dépendant de plusieurs facteurs, n'est pas une évidence. Pourtant, si cette condition n'est pas assurée, les matériaux doivent être dans un domaine solide sans retrait avec des teneurs en eau inférieures à celles de retrait trouvées, pour être exemptes de toutes variations importantes de volume. La mesure de la limite de retrait a été accompagnée d'importantes variations de volume, allant de 33.9 et 34.2% pour la marne et 40.3 et 41.4% pour l'argile. La

diminution du volume des échantillons se faisant suivant le plan vertical et horizontal, une observation a été effectuée sur des éprouvettes d'argile et de marne portées initialement dans les domaines liquide et plastique et séchées à l'air libre. La composante horizontale du retrait a fait apparaître des fissures de répartitions et dimensions variables et parfois importantes. Cette phase, illustre l'importance du retrait développé par ces formations.

REFERENCES

- 1) ALTMeyer, W.T., 1955. *Discussion of engineering properties of expansive clays*. Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, American Society of Testing and Materials, vol. 81, n°SM2, pp. 17-19.
- 2) HOLTZ, W.G. & GIBBS, H.J., 1956. *Engineering properties of expansive soils*. ASCE, Volume 121, pp. 641-677.
- 3) DJEDID, A. & BEKKOUICHE, A., 2001. *Identification and prediction of the swelling behavior of some soils from Tlemcen region of Algeria*. Bulletin des laboratoires des Ponts et Chaussées, REF. 4375, pp 69-77.
- 4) AFNOR- norme XP P94-060-1 de décembre 1997 – détermination conventionnelle de la limite de retrait sur le passant à 400 µm d'un matériau.
- 5) AFNOR- norme NF P 11-300 - Classification GTR des sols.
- 6) Dossier n° 14/1/7150 CEREEQ / 2014- 2015.
- 7) Dossier n° 14/1/7179 CEREEQ / 2014-2015.
- 8) Dossier n°15/2/7275 CEREEQ / 2015.