

Influence de l'essence sur le degré de l'affaissement des sols

RACHID BENKADJA¹

¹Département d'hydraulique – Faculté des sciences et sciences de l'ingénieur – Université Mohammed Boudiaf de M'sila, Algeria. (e-mail: r_benkadja@yahoo.fr)

Résumé : Les sols affaissables sont des sols qui se trouvent le plus souvent dans les zones arides et semi arides où l'industrie pétrolière est parfois très développée. Le transport de l'essence vers les stations de service ou les stations de pompage est assuré par des camions citernes ou des pipelines. En cas d'accident ou de fuite du produit transporté, le sol, qui était à l'origine stable, pourrait changer de comportement par suite d'inondation et pourrait subir des effondrements et des changements dans sa structure

Cette recherche expérimentale consiste à étudier les effets de l'essence sur trois types de sols reconstitués, en comparaison avec celle de l'eau. Ces sols sont composés de sable et de particules fines (inférieures à 80µm) en différentes proportions, pour lesquels l'application des différents critères d'effondrement montre que ceux-ci sont affaissables.

L'affaissement par inondation en eau est plus rapide et plus dangereux que dans le cas de l'essence.

Dans le cas d'une inondation par l'essence, la suffusion ne se produit pas au même degré que dans le cas d'une inondation par l'eau

Abstract: The collapsible soils are found particularly in arid and semi arid areas where sometimes petroleum industry is very developed. These hydrocarbons (oils) are transported by lorries towards the service stations or pump stations. In case of a leak, these soils crossed by the latter will collapse.

This paper illustrates the influence of hydrocarbons (oils), comparatively to that of water, on the potential and the degree of collapse to three types of reconstituted soils.

The collapse by water flooding is faster and is more dangerous than in case of hydrocarbons.

In the flooding by the hydrocarbon liquids, the suffusion phenomenon does not occur with the same degree as in the flooding by water.

Mots clés: affaissement, consolidation, géotechnique, essence, sols.

Key words: collapse, consolidation, geotechnical engineering, oil, soils.

INTRODUCTION

Les sols de type affaissable se trouvent notamment dans les régions arides et semi arides qui connaissent parfois une industrie en hydrocarbure très développée et où le pétrole et ses dérivés sont transportés, vers les stations de pompage et les raffineries, par des pipelines. En cas de fuite ou d'accidents, les sols traversés par ces liquides, susceptibles de subir des affaissements, pourraient être inondés et changer de comportement.

Les sols, dans leur état naturel, ne sont pas toujours stables. Ils résistent pour supporter les surcharges appliquées mais parfois peuvent provoquer des affaissements importants. Ce qui provoque, par conséquent, des risques dans la construction des édifices et les terrassements des routes. Les sols de type affaissable sont définis comme des structures partiellement saturées, pouvant subir un réaménagement radical de leurs particules, suivi d'une grande diminution et brusque de leur volume après leur inondation à l'eau, avec ou sans surcharge. Il s'agit des sols naturels tels que les dépôts éoliens, les dépôts alluvionnaires ou les sols résiduels.

Les travaux consacrés à l'influence de la nature du liquide d'inondation tel que l'eau, l'essence et le pétrole ont été étudiés pour la première fois sur un seul type de sol reconstitué composé de sable et de particules fines, respectivement de 80 et 20%, par Ayadat, Benkadja et al., (2002).

L'objectif de cet article est d'illustrer:

- l'influence de l'essence sur le potentiel et le degré d'affaissement de trois types de sols reconstitués composés par différentes proportions en sable et particules fines;
- d'établir une comparaison entre les paramètres influant sur le taux d'effondrement en utilisant les inondations en eau et en essence avec différentes teneurs en eau et différentes énergie de compactage;
- et enfin d'expliquer le mécanisme du phénomène de l'affaissement qui est provoqué par l'essence.

MATERIAUX ET ESSAIS

Les matériaux utilisés sont : le sable de dune et les argiles rouges.

Les essais ont été menés sur 3 sols reconstitués composés de sable et d'argiles (particules fines inférieures à 80 µm) en différentes proportions : Le sol reconstitué S1 est composé de 80% de sable et 20% de particules fines (PF); le sol S2 est formé de 65% de sable et 35% de PF et le sol S3 de 50% de sable et 50% de PF.

Les courbes granulométriques et les caractéristiques géotechniques des trois sols sont représentées respectivement sur la figure 1 et tableau 1.

Tableau 1. Caractéristiques géotechniques des trois sols reconstitués

Sols	Coef. Uniformité (Cu)	Coef. de Courbure (Cc)	Module de finesse (Mf)	Limite de liquidité (W _L %)	Limite de plasticité (W _p %)	Densité des grains
S1	24,96	8,02	0,979	16,7	9,36	2,45
S2	55,12	0,61	0,803	23,5	12,98	2,64
S3	90,06	0,37	0,64	28,9	16	2,76

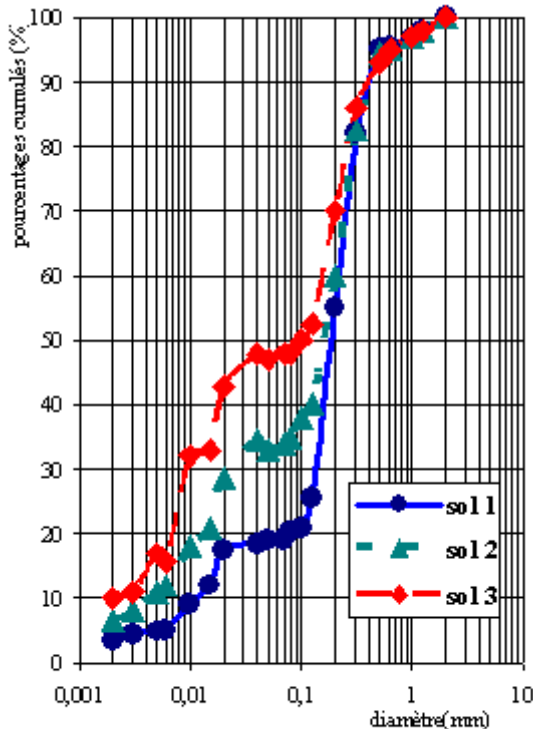


Figure 1: Courbes granulométriques des trois sols reconstitués

La méthodologie de travail consiste à reconstituer un sol avec une certaine teneur en eau et densité sèche et le charger dans la cellule de l'oedomètre. Le matériau est compacté en deux couches au moyen d'un appareillage de compactage conçu au laboratoire et a été décrit dans des travaux antérieurs, Ayadat et Belouahri, (1996) et Benkadja (2004).

On effectue ensuite les essais de compressibilité décrit par Jennings et Knight (1975) qui consistent à charger le sol reconstitué progressivement jusqu'à 200 kPa à laquelle, on procède après stabilisation, à l'inondation de l'échantillon par l'eau ou l'essence. Pendant l'inondation, le tassement de l'éprouvette a été relevé à différents intervalles de temps. La déformation axiale de l'échantillon (tassement) a été mesurée par un comparateur ayant une précision de 1 μ m.

Le programme des essais a été effectué sur des sols reconstitués décrits précédemment, à différentes teneurs en eau (2, 4 et 6%), différentes énergies de compactage: 10, 25 et 40 coups/couche (soit respectivement: $E_c = 0,004$ kJ; 0,010 kJ et 0,016 kJ) et différents liquides d'inondation (eau distillée et essence)

L'essence utilisé est artificiellement coloré, volatile, léger et distillant à partir de 40°C.

RESULTATS ET DISCUSSION

Influence de l'eau sur le potentiel d'affaissement

Une série d'essai a été réalisée afin vérifier si ces sols sont vraiment affaissables et possèdent les propriétés connus des sols affaissables naturels. D'après la classification de Jennings et Knight (1975), l'affaissement ne se produit pas pour le potentiel d'affaissement (CP) inférieur à 1%.

Les résultats correspondant aux essais effectués sur les sols reconstitués inondés par l'eau montre que pour le sol S1, le potentiel d'affaissement CP varie de 3,54 à 17,95 % ; pour le sol S2 le CP varie de 14,72 à 23,15% et le CP du S3 varie de 13,6 à 24,2%. En comparaison avec les valeurs guides proposées par Jennings et Knight (1975), ces sols peuvent être classés dans l'état de «problème modéré à problème très grave» et ceci quelque soit le degré de compactage et la teneur en eau.

Pour le sol S1, le potentiel d'affaissement décroît quasi-linéairement lorsqu'on augmente l'énergie de compactage et la teneur en eau (figures 2 et 3). Inversement, pour les sols S2 et S3, le potentiel CP augmente lorsqu'on augmente l'énergie de compactage et la teneur en eau.

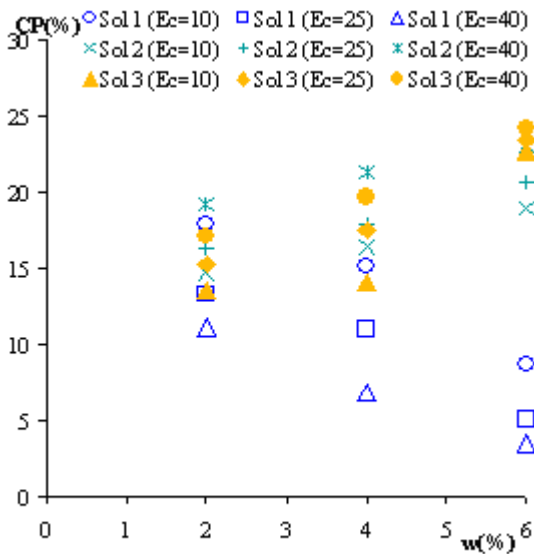


Figure 2: Variation de CP en fonction de W(%) pour différentes Ec

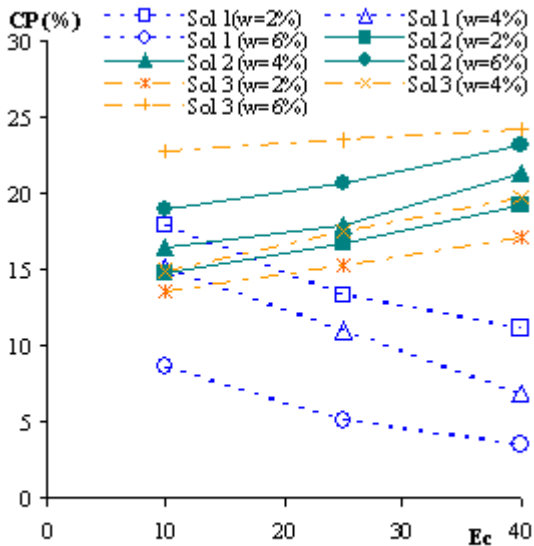


Figure 3: Influence de Ec sur le CP pour différentes teneurs en eau

On remarque que seul le sol S1 où le pourcentage en particules fines est faible, présente, lors d'une inondation en eau, un potentiel d'affaissement qui diminue lorsqu'on augmente la teneur en eau ou l'énergie de compactage. Par contre, pour les sols S2 et S3, où le pourcentage en particules fines est plus important, le potentiel d'affaissement augmente proportionnellement avec la teneur en eau et l'énergie de compactage. Cette augmentation du potentiel de l'affaissement est due au déplacement des particules fines d'un niveau à un autre (phénomène de suffusion). Cette migration dépend généralement de la granulométrie du sol, de sa compacité et de la charge hydraulique de saturation, Ayadat et al, (1998).

On conclue donc que plus le pourcentage en particules fines augmente dans un sol reconstitué, le potentiel d'affaissement devient important et l'effondrement devient dangereux.

Inondation par l'essence

L'influence de l'essence se manifeste par des valeurs du potentiel CP plus faibles par rapport à celle de l'eau. Elles varient de 2,13 à 13,25% pour le sol 1, de 6,98 à 12,32% pour le sol 2 et de 9,6 à 14,72% pour le sol S3. D'après la classification de Jennings et Knight (1975), ces sols peuvent être classés, dans ce cas, dans la rubrique de «troubles à troubles sévères». On remarque que les valeurs du potentiel d'affaissement sont plus faibles par rapport à celles obtenues par l'inondation en eau. Cependant, l'effondrement causé par l'essence est moins grave que celui de l'eau.

Dans le cas du sol 1 : l'influence de la variation de la teneur en eau pour les différentes énergies de compactage, (fig.4) permet de constater que le potentiel CP décroît quasi linéairement et l'affaissement se manifeste pour n'importe quelle teneur en eau et pour un degré de compactage pris dans l'intervalle 10 à 40 coups.

Dans le cas des sols 2 et 3 : les valeurs du potentiel de l'affaissement augmentent proportionnellement avec les teneurs en eau et les énergies de compactage (fig.4)

On peut conclure que :

- l'effondrement des trois sols se manifeste d'une manière moins grave par l'inondation en essence.
- Plus le pourcentage en particules fines augmente, les valeurs du potentiel d'affaissement augmentent et l'effondrement s'accroît quelque soit la teneur en eau et l'énergie de compactage (fig.5).

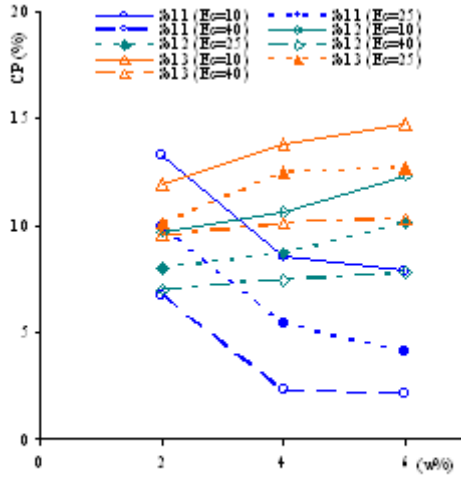


Figure 4: Variation du CP en fonction de la teneur en eau pour différents Ec

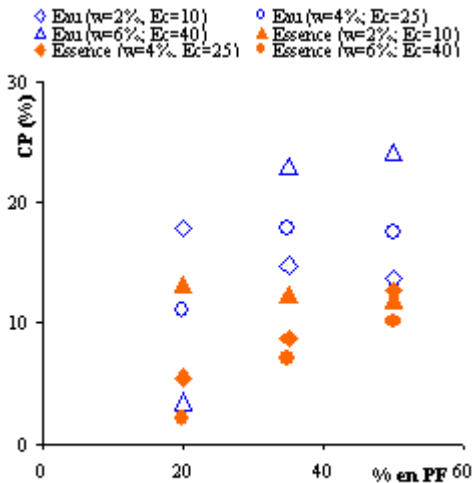


Figure 5: Valeurs du CP en fonction du % en PF pour différentes teneurs et Ec

Variation du degré d'affaissement (DC) en fonction du temps

Le degré d'affaissement DC (en %) est le rapport entre le potentiel d'affaissement à l'instant (t) et le potentiel d'affaissement final. Les variations de DC pour les différentes teneurs en eau de 2, 4 et 6% et énergies de compactages respectives de 10, 25 et 40 coups, représentées en figures 6, 7 et 8, permettent de déduire les résultats suivants :

- Pour l'inondation en eau, l'effondrement des deux sols est caractérisé par deux phases :
- 85% du phénomène de l'affaissement se manifeste dans les dix premières minutes;
- Après 10 mn, le tassement s'affaiblit et s'étale sur une durée relativement longue (faible pente).

Le phénomène de l'effondrement causé par l'eau est brusque et rapide et ceci quelque soit la teneur en eau, l'énergie de compactage et le pourcentage en particules fines.

- Pour l'inondation en essence, plus léger et plus évaporant, il est le moins influant sur le tassement et le moins rapide dans le cas du sol 1 et sol 2. 70 à 75% de l'affaissement se produit durant les 10 premières minutes. Le potentiel d'affaissement final est de l'ordre de 45 à 55% par rapport à celui de l'eau. Par contre, pour le sol 3, le phénomène d'effondrement causé par l'essence est aussi brusque et plus rapide quelque soit la teneur en eau

et l'énergie de compactage. Le pourcentage de l'affaissement atteint environ 90% dès les dix premières minutes.

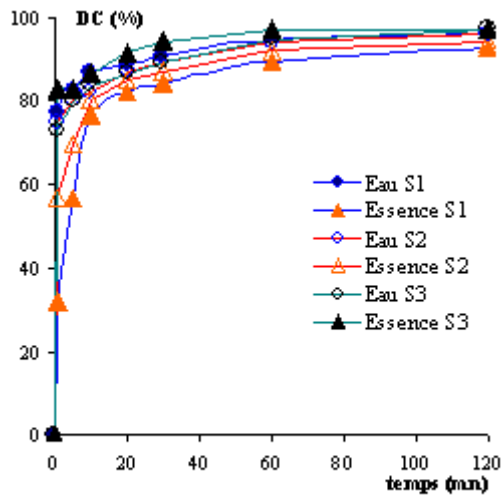


Figure 6: Variation de DC en fonction du temps pour $W=2\%$ et $E_c=10$ coups

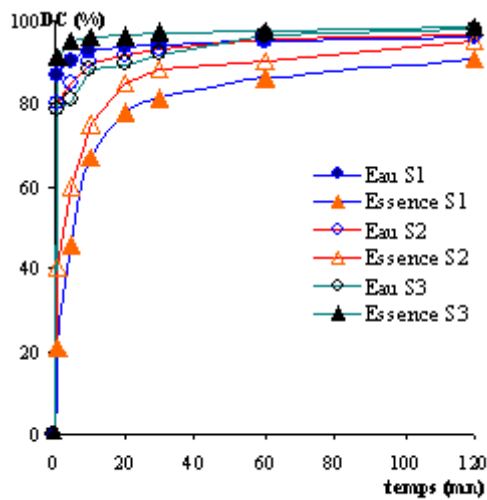


Figure 7: Variation de DC en fonction du temps pour $W=4\%$ et $E_c=25$ coups

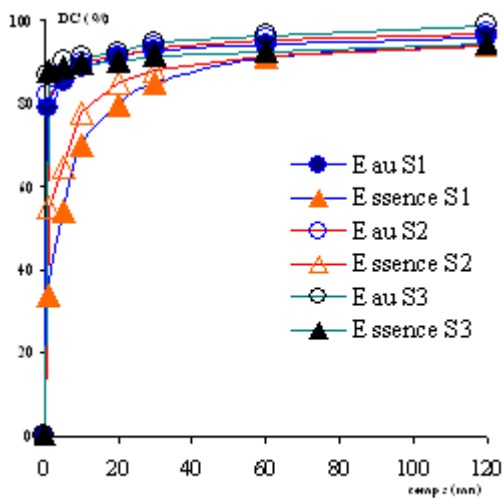


Figure 8: Variation de DC en fonction du temps pour $W=6\%$ et $E_c=40$ coups

Mécanisme proposé de l'affaissement

La différence entre les potentiels d'affaissement pour l'eau et l'essence pourrait être due principalement à deux causes :

- les liaisons inter granulaires sont assurées par des liaisons capillaires et des ponts argileux. L'eau élimine facilement ces liaisons. Par contre, l'essence, trop léger et très évaporable, ne se mélange pas facilement avec l'eau interstitielle se trouvant libre ou entourant les ponts argileux. Ce mécanisme est valable pour le sol à faible pourcentage en particules fines ;
- la suffusion (migration des particules fines) proposée, par Ayadat et al. (1998), Hanna (1990) et Istomina (1957), comme approche d'explication de la cause de l'affaissement, permet de constater que l'essence, malgré sa viscosité, pourrait aussi transporter les particules fines mais à un moindre degré que l'eau. Car on remarque que dans le cas d'une inondation en essence, plus le pourcentage en particules fines augmente, plus l'affaissement est important et le degré d'effondrement devient rapide et brusque.

CONCLUSION

Les principaux points qu'on peut tirer de cette étude sont les suivants:

- Pour une même teneur en eau, le potentiel de l'affaissement diminue lorsqu'on augmente le degré de compactage. Inversement, il augmente dans le cas des sols où le pourcentage en PF est élevé ;
- Pour une même énergie de compactage, le potentiel de l'affaissement diminue lorsqu'on augmente la teneur en eau; inversement, il croît dans le cas des sols formés d'un pourcentage en particules fines élevé;
- Le potentiel de l'affaissement par inondation en eau est le plus rapide et le plus dangereux que celui de l'essence surtout dans le cas des sols S1 et S2. Par contre, l'effondrement est au même degré pour les deux liquides d'inondation dans le cas du sol à fort pourcentage en PF ;
- Après saturation en essence, les sols ne s'effondrent pas complètement en raison d'une partie des liaisons qui restent intactes dans le cas du sol 1, mais pour les sols 2 et 3, l'effondrement est presque total.
- lors d'une inondation par l'essence, la suffusion ne se produit pas au même degré que par l'inondation en eau.

Correspondance de l'auteur: Rachid BENKADJA, BP102, BBA Essaada, 34008, Algeria.

Email: r_benkadja@yahoo.fr.

REFERENCES

- AYADAT, T., BELOUAHRI, B. 1998. La migration des particules fines comme approche d'explication du mécanisme de l'effondrement des sols. *Revue Française de Géotechnique*, n° 83, 2^e trimestre.
- AYADAT, T., BENKADJA, R. et al. 2002. Influence du mouillage par des hydrocarbures sur le taux d'affaissement des sols. *Revue marocaine de génie civil*, n° 97, janv-fev.2002, pp.26-32.
- BARDEN, L., MADEDAR, A.O., SIDES, G.R. 1969. Volume change characteristics of unsaturated clay. *Journal of SMFD, ASCE*. vol. 95, SM1, pp.33-49.
- BENKADJA, R. 2005. Influence du pétrole sur le comportement des sols affaissables. *4^{ème} symposium international sur la construction*. Université de Chlef, 22-24 novembre, Algérie.
- CLEMENCE, S.P. 1985. Collapsible soils: identification, treatment and design considerations. *Current Practices in Geotechnical Engineering*, vol. 1, Geo-Environ. Academia.
- HANDY, R.L. 1973. Collapsible loess in Iowa. *Soil Science Society of America Proceeding*. vol. 37, pp.281-284.
- JENNINGS, J.E., KNIGHT, K. 1975. A guide to construction on or with materials exhibiting additional settlement due to collapse of grain-structure. *Proc. 6th Regional Conf. for Africa*. pp.99-105.
- KNIGHT, K. 1982. Collapsing behavior of residual soils (reported by Yudhbir). *Proc. 7th Southeast Asian Geotechnical Conference. Hong Kong*. pp.915-930.
- KNIGHT, K. 1963. The origin of occurrence of collapsing soils. *Proc. 3rd Regional Conf. for Africa on SFME*. vol. 1, pp79-94.
- Lawton E.G., Fragaszy R.J., James H.H. - collapse of compacted clayed sand, *Journal of Geot. Eng. Div., ASCE*, vol. 115, n° 9, 1989, pp.1252-1267.
- Lutenegger A.J., Saber R. T. - Determination of collapse potentiel of soils, *Geot. Testing Jnl, GTJODJ*, vol. 11, n° 3, 1988, pp. 173-178.
- Prusza A., Choudry T. - Collapsibility of residual soils, *Proc. 13th congres on large dams, New Delhi, India, Q.49, R.9, 1979*, pp.117-130.