



# AVIS DE SOUTENANCE

**Ouardia SEDIKI**

## Étude des mécanismes d'instabilité et d'envol des particules en lien avec l'hydratation des sols fins

Study of instability mechanisms of particles related to the hydration of fine soils

Thèse soutenue publiquement le lundi **11 juin 2018**, à **14h**, au « **Petit amphi** » de l'UFR MIM (Bâtiment B - Rez-de-chaussée) – 3 rue Augustin Fresnel, 57073 Metz, France

Devant le jury composé de :

Jean-Marie FLEUREAU	Prof émérite, Université Paris Saclay CentraleSupélec	Examineur
Nadia SAIYOURI	Prof, Université de Bordeaux	Rapporteur
Cyrille CHAZALLON	Prof, INSA de Strasbourg	Rapporteur
Olivier CUISINIER	Dr., HDR, Université de Lorraine	Examineur
Lamine IGHIL AMEUR	Dr., Cerema de Blois	Examineur
Frédérique LARRARTE	Dr., HDR, Ifsttar de Nantes	Examineur
Andry RAZAKAMANANTSOA	Dr., Ifsttar de Nantes	Encadrant de la thèse
Mahdia HATTAB	Prof, Université de Lorraine	Directrice de thèse
Philippe GOTTELAND	Dr., Fntp	Invité
Pascal INSENGA	M., Vinci Construction Terrassement	Invité
Tangi LE BORGNE	Dr., Bouygues Travaux Publics	Invité

## **Résumé**

L'objectif de cette thèse est de caractériser les mécanismes de déstructuration en surface des sols compactés, soumis à des sollicitations cycliques de roulement. Ces chargements cycliques, générés par le trafic, sont principalement responsables de l'envol de particules fines et poussières sur les chantiers de terrassement. La présente étude est réalisée en collaboration avec la Fédération Nationale des Travaux Publics et le Syndicat Professionnel des Terrassiers de France, dans le cadre de leur engagement volontaire, qui vise à mieux contrôler les consommations en eau sur les chantiers de terrassement, utilisée pour réduire les particules fines en vol.

La première partie du rapport consiste à aborder l'évolution des propriétés des sols compactés au moyen de différentes méthodes de compactage, au laboratoire comme in-situ. La méthode de compactage par roulement a été adoptée, à l'échelle du laboratoire, afin de reproduire une rotation des tenseurs de contraintes similaire à celle appliquée in-situ. L'étude a confirmé que la méthode de compactage par roulement proposée permet, à la fois de reproduire une rotation continue du tenseur de contraintes, et de conserver un état de densité moyen proche de celui de la référence de compactage du laboratoire. L'étude microstructurale a souligné que la taille des pores inter-agrégats est gouvernée par le compactage, tandis que la taille des pores intra-agrégats est influencée par l'humidification du sol.

L'étude des mécanismes de déstructuration de surface de sol sous sollicitations de roulement, responsables de l'envol, a été effectuée dans la seconde partie de l'étude. Cette partie met en évidence l'influence des cycles de roulement sur l'état de surface du sol compacté et son évolution. Les premiers cycles de roulement génèrent un détachement d'agréats de grande taille, puis, sous l'effet des passages répétitifs, ces agrégats se décomposent en plus petits agrégats, voire en particules fines sujettes à l'envol. La déstructuration de surface est liée aux conditions de mise en œuvre, à l'état de compacité, au processus du séchage, ainsi qu'au type de sol.

La troisième partie de la thèse porte sur l'étude du potentiel d'adsorption et d'infiltration de l'eau dans les sols non consolidés lors de leur arrosage par brumisation. Des corrélations entre la surface spécifique et le potentiel d'adsorption avec la conductivité hydraulique du sol ont été établies. L'analyse de la structure de la surface via le traitement d'images a démontré le phénomène d'agrégation sous humidification, qui est fonction de la composition granulométrique et minéralogique du sol. Sur la base de l'étude d'adsorption et d'infiltration, un paramètre d'arrosage est proposé pour lier les propriétés hydrauliques du sol avec le matériel d'arrosage in-situ.

**Mots clés :** Sols fins non saturés, cohésion, compactage, déstructuration de surface, succion.

## **Abstract**

The aim of this thesis is to characterize the soil surface degradation mechanisms of compacted soils subjected to cyclic rolling solicitations. These cyclic loadings generated by traffic are the main responsible of dust emission during earthworks. The present study was carried out in collaboration with “Fédération Nationale des Travaux Publics” and “Syndicat Professionnel des Terrassiers de France”, as part of their voluntary commitment to better control the water consumption during earthworks implementation, and particularly for dust abatement.

The first part of the report deals with the evolution of soil compaction properties obtained by using different compaction methods, at laboratory and in-situ scales. The rolling compaction method has been considered, at laboratory scale in order to reproduce a stress tensor rotation similar to that applied in-situ. The study confirmed that the proposed rolling compaction method allows both to reproduce a continuous rotation of the stress tensor, and to maintain an average density state close to that of the laboratory compaction reference. The microstructural study highlighted that inter-aggregate pore size is governed by compaction, while intra-aggregate pore size is influenced by soil humidification.

The study of mechanisms of soil surface degradation under rolling loads, responsible for the dust emission, was carried out in the second part of the study. This part demonstrates the influence of rolling cycles on the soil surface state of compacted soil and its evolution. The first rolling cycles generates a pullout aggregates, and then, under the effect of repetitive passages, these aggregates break down into smaller aggregates, or even fine particles with high dust emission potential. Soil surface degradation occurs to be linked to the implementation conditions, the compaction degree, the drying process as well as the type of soil.

The third part of the study deals with the water adsorption and infiltration potential of unconsolidated soils during spraying phase by water mist. Correlations between soil specific surface area and adsorption potential with the hydraulic conductivity of the soil have been established. The analysis of the surface structure via image processing demonstrated the aggregation phenomenon under humidification, which is a function of the granulometric and mineralogical composition of the soil. Based on the adsorption and infiltration study, a spraying parameter is proposed to link the hydraulic properties of soil with the spraying system used in-situ.

**Key words:** Unsaturated fine soils, cohesion, compaction, surface destructureation, suction.