

UNIVERSITÉ — — PARIS-EST

Sciences, Ingénierie et Environnement (SIE)

THESE

**Etude de la carbonatation des dispositifs du drainage profond de
l'infrastructure ferroviaire**

Disciplinaire : Les sciences de l'environnement

JIA Neng

Thèse dirigée par ...Bruno TASSIN.....

Soutenue le ...17/12/2018.....

Jury :

**Eric GAUME, Directeur de recherche(IGPEF), IFSTTAR Nantes, Rapporteur
Olivier FOUCHE, MCF HDR, CNAM, Rapporteur
Régis MOILLERON, PR, UPEC, Examineur
Mathilde KOSCIELNY, Expert SNCF, Examinatrice
Bruno TASSIN, Directeur de recherche ENPC, Directeur de la thèse
François PREVOT, MCF, Université Paris 7, Co-encadrant**

Invité :

**Dimitri DENELEE, Directeur de recherche HDR, IMN
Nicolas CALON, Expert SNCF**

Résumé

Ce travail s'intéresse au phénomène de colmatage créé par la précipitation de la calcite dans les dispositifs des systèmes de drainage du réseau ferroviaire en particulier des lignes à grande vitesse (LGV). En effet, le colmatage de ces drains peut indirectement affecter la tenue géométrique de la voie. Maintenir les équipements hydrauliques dans leur état de fonctionnement optimal est un enjeu fort pour SNCF Réseau. L'objectif de cette recherche est de déterminer les processus et causes de l'entartrage et sa cinétique, en intégrant l'environnement naturel (géologie) et ferroviaire (matériaux anthropiques) ainsi que les types de dispositifs de drainage. La finalité de cette recherche est un double enjeu industriel: préventif et curatif.

Les dysfonctionnements de ces dispositifs que ce soit en pleine voie ou en tunnel entraînent en effet une présence d'eau dans les structures d'assise des voies ferrées pouvant provoquer une dégradation de leurs caractéristiques mécaniques, et à terme induire des défauts de nivellement de rail pouvant mener à des impacts sur les circulations. L'obstruction des dispositifs de drainage par des dépôts carbonatés précipités est une cause majeure de réduction de la fonctionnalité de ces dispositifs sur le RFN : 546,8 km de linéaire de LGV (LN1 à LN6) sont potentiellement sous cet impact. Sur certaines lignes, cet impact est important. Par exemple, on a estimé que sur 78 km (LN2) de linéaire de LGV drainée par un collecteur drainant (CD), que le colmatage des CD lié à la précipitation de dépôts carbonatés pouvait représenter jusqu'à 80 % des cas de dysfonctionnement de drainage.

Les techniques actuelles utilisées sont l'hydrocurage ou le marteau piqueur pour les dépôts très durcis mais tous les deux de faible rentabilité au vu du linéaire potentiellement colmaté. Afin de proposer des solutions innovantes de conception ou de traitement adaptées, l'étude des mécanismes en jeu a fait l'objet d'une campagne de mesures de plus de deux ans sur un site pilote de LGV (Chauconin, 77) instrumenté à cet effet permettant l'analyse des paramètres physico-chimiques de l'eau drainée ainsi que celle des dépôts précipités dans leur contexte géologique, géotechnique et hydrométéorologique. Cette approche a été complétée par l'étude de 8 sites complémentaires choisis en pleine voie et en tunnels à l'échelle de RFN et présentant une diversité de contextes environnementaux et ferroviaires.

Le modèle hydrogéochimique développé ensuite sur cette base offre la possibilité de reproduire les processus observés sur le site de Chauconin: processus physique (Pluie-Débit) et processus physico-chimique (Modèle

Transfert-Réaction), et de quantifier les quantités de dépôts prévisibles à terme dans les dispositifs. Ce modèle conceptuel est basé sur un modèle hydrologique empirique de deux réservoir de terrain en couplant les processus transport et réaction (dissolution – précipitation).

Les premières analyses d'eau et de matériaux encaissants sur le site de Chauconin montrent que, en absence d'une nappe drainée, celle-ci est riche en calcium et sulfates. L'analyse fine des matériaux montre qu'une partie des matériaux rapportés utilisés dans la fondation de la plateforme ferroviaire contient du gypse dont la dissolution par l'eau d'infiltration pourrait expliquer la composition de l'eau du drainage. Les eaux sur les sites supplémentaire que soit avec une présence de nappe permanent ou temporelle, sont essentiellement calcium carbonate. La composition de ces eaux est cohérente avec la géologie calcaire.

Le modèle développé peut être extensible à d'autres sites ferroviaires comme tunnels. A ce stade de notre travail de recherche, nous proposons donc un outil d'aide à la décision à double objectif : diagnostic du risque de précipitation de calcite et justification du choix des typologies de solutions techniques préventives ou curatives.

Abstract

This thesis focuses on the clogging phenomenon linked to the precipitation of calcite in high-speed line (HSL) drainage systems. Indeed, the clogging of these drains can affect the geometric behavior of the track. Maintaining hydraulic devices in its optimal operating condition is a major challenge for SNCF Réseau. The objective of this research is to determine the processes and causes of calcite formation and its kinetics, by integrating the natural environment (geology) and railway context (anthropogenic materials) as well as the types of drainage devices. The purpose of this research has double industrial goals: preventive and curative.

The dysfunction of the devices of the HSL drainage systems, whether along the track or in the tunnel, cause the presence of water in the foundation of the tracks, which can lead to a degradation of their mechanical characteristics, and in the long term induce rail levelling that can lead to impacts on traffic. The clogging of drainage devices by precipitated carbonate deposits is a major cause of reducing the functionality of these devices on the French Railway Networks (RFN): 546.8 km of HSL (Line 1 to 6) are potentially under this impact. In some ways, this impact is essential. For example, it has been estimated that over 78 km (HSL 2) of HSL equipped with draining collector, that the clogging of the devices related to the precipitation of carbonate deposits could represent up to 80% of cases of drainage dysfunction.

The current techniques used are the hydrocuring or the jackhammer for very hardened deposits but both of low profitability in view of the potentially clogged kilometers. In order to propose innovative design or treatment solutions adapted to the different site contexts, the study of the mechanisms involved was the subject of a site monitoring lasting more than two years at a HSL pilot site (Chauconin, 77) instrumented for this purpose allowing the analysis of the physico-chemical parameters of the drained water as well as that of precipitated deposits in their geological, geotechnical and hydrometeorological context. This approach was complemented by the study of 8 other complementary sites selected in full-scale of RFN including tunnels under variant geology as well as covering all existing drainage devices in the railway infrastructure.

The hydrogeochemical model developed on this basis offers the possibility of reproducing the processes observed on the Chauconin site: the physical process (Rain-Flow) and the physicochemical process (Transfer-Reaction Model) according to their context in order to quantify predictably the deposits

in the drainages devices. This conceptual model is based on an empirical hydrology model of two ground reservoir by coupling the processes of transfer and reaction (dissolution - precipitation).

The first analysis of water and surrounding materials on the Chauconin site show that, in the absence of a drained aquifer, this drained water is rich in calcium and sulphates. The detailed analysis of the materials shows that some of the reported materials used in the foundation of the railway platform contain gypsum whose dissolution by infiltration water could explain the composition of the drained water. The waters on the additional sites with a presence of permanent or temporal aquifer are essentially calcium carbonate. These drained waters are consistent with their calcareous or Gypsums geology.

The developed conceptual model could be expanded to other railway sites as tunnel. At this stage of our research work, we propose a conceptual decision-making tool with two objectives: diagnosis the calcite precipitation and justification of the choice of typologies of solutions.