

## Capsule no. 18, novembre 2014

**L'ocre de fer : vraiment pas une bonne affaire! <sup>a</sup>**par **Sonia Desjardins <sup>b</sup>****Les dépôts d'ocre, une importante problématique**

Depuis les années 1980, le drainage a connu un véritable essor au Québec. Les raisons de cet essor dans le domaine résidentiel sont surtout liées à la construction d'habitations en zone inondable et au désir des propriétaires d'aménager leur sous-sol. Au même moment, le drainage des terres agricoles est devenu indispensable en raison de l'intensification de l'agriculture, de l'augmentation du poids de la machinerie et des changements climatiques qui ont contribué à modifier le profil des sols.

La formation d'un dépôt d'ocre dans une conduite est un grave problème pour l'efficacité du drainage. Non seulement le dépôt obstrue le drain, mais il colmate également le remblai autour du drain, ce qui empêche éventuellement l'eau d'être évacuée. Cette obstruction des drains cause des dommages majeurs aux résidences, notamment des inondations dans les sous-sols et l'apparition de moisissures dues à l'inondation ou à l'humidité qu'elle a créée. À ce jour, il n'existe aucun moyen permettant de contrôler à long terme les dépôts d'ocre ayant un potentiel élevé de colmatage. On sait que certains types de bactéries, dites « ferrugineuses », sont impliqués dans la formation de ces dépôts. Les solutions pour remédier au problème devront donc modifier l'équilibre physico-chimique du sol afin

de nuire au développement de ces bactéries, mais sans mettre en péril la qualité de l'eau de la nappe phréatique ou sans altérer les conditions propices aux cultures agricoles.

L'accumulation d'un dépôt d'ocre (figure 1) pose également de graves problèmes pour le drainage des terres agricoles pouvant causer de très mauvaises récoltes et l'enlèvement de la machinerie. Le remplacement des drains est la solution actuellement utilisée pour régler le problème.

Le problème d'obstruction des systèmes de drainage par des dépôts d'ocre ferreuse est mondial. Au Canada, il cause des dommages très importants, en partie dus au fait que les sous-sols des résidences sont aménagés.



Figure 1 : Dépôt d'ocre dans un drain agricole.

<sup>a</sup> Cette capsule est disponible en ligne à l'adresse suivante : [www.ete.inrs.ca/ete/publications#CapsulesINRSciences](http://www.ete.inrs.ca/ete/publications#CapsulesINRSciences)

<sup>b</sup> Étudiante au doctorat au Centre Eau Terre Environnement de l'INRS sous la direction du Pr. Jean-François Blais et la codirection du Pr. Guy Mercier. Contact: [sonia.desjardins@ete.inrs.ca](mailto:sonia.desjardins@ete.inrs.ca)

## Comment se forme un dépôt d'ocre?

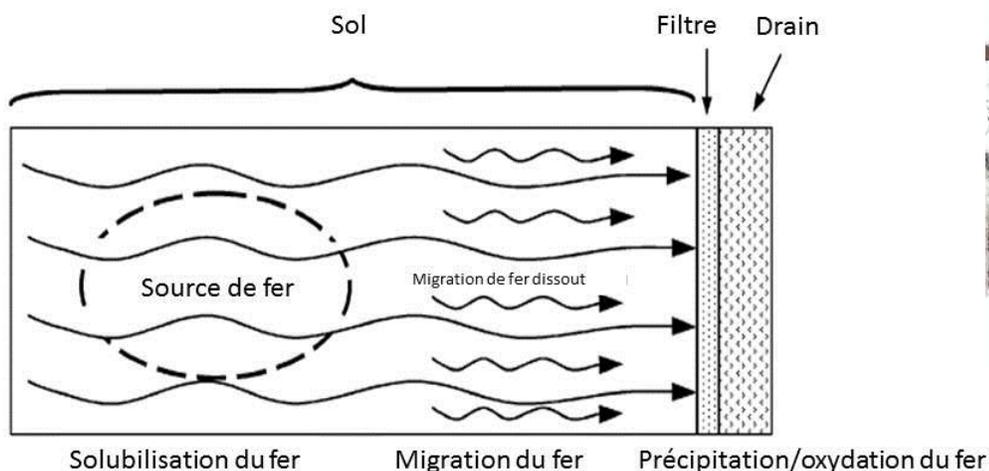
Un dépôt d'ocre est un dépôt orangé d'hydroxyde ou d'oxyde de fer. Il est constitué essentiellement d'eau, de fer et de matière organique. Le processus de colmatage des drains se déroule en trois étapes principales : la réduction, la migration et la précipitation du fer (figure 2).

1) La réduction du fer : Dans le sol, le fer est retrouvé principalement sous deux formes, ferrique ( $\text{Fe}^{3+}$ ) et ferreux ( $\text{Fe}^{2+}$ ). Lorsqu'il se retrouve sous sa forme ferrique, le fer précipite à un pH d'environ 4, c'est pourquoi, sous cette forme il est rarement dissous dans l'eau. Dans les sols saturés en eau et dépourvus d'oxygène, les microorganismes extraient l'oxygène des éléments du

sol comme l'oxyde de fer ce qui entraîne la réduction de celui-ci en fer ferreux soluble.

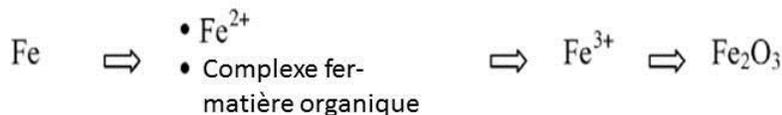
2) La migration du fer : Ce fer soluble est acheminé par la nappe phréatique vers les drains de fondation des résidences. Il est souvent transporté sous forme de complexe incluant de la matière organique.

3) La précipitation du fer : Une fois dans le drain, au contact de l'oxygène présent, le fer ferreux peut être oxydé chimiquement ou par des microorganismes en fer ferrique. Les ions ferriques peu solubles précipitent alors sous forme d'oxydes et d'hydroxydes provoquant les dépôts d'ocre.



Évolution

Géochimique :



Réaction chimique + Activité microbienne

Figure 2 : Schéma illustrant le processus de formation d'un dépôt d'ocre dans un réseau de drainage (Source : Cammarota, 2003).

Bien que la réaction chimique seule soit possible, l'oxydation du fer ferreux est fortement catalysée par la présence de bactéries ferrugineuses, c'est-à-dire transformant les ions  $Fe^{2+}$  en  $Fe^{3+}$ . En effet, 80 à 98 % de la formation d'ocre ferreuse est d'origine bactérienne. Les bactéries ferrugineuses suivantes sont souvent impliquées : *Gallionella ferruginea*, *Leptothrix ochracea*, *Sphaerotilus natans* et différentes espèces de *Naumaniella* (figure 3).

## Quel sont les moyens d'action pour prévenir, limiter ou éliminer ces dépôts ?

Plusieurs moyens de prévention et de contrôle ont été envisagés et essayés jusqu'à maintenant pour empêcher l'apparition ou l'accumulation de dépôts d'ocre dans les drains de fondation. Ces solutions impliquent toujours une modification de l'environnement physico-chimique. Certaines ont pour but de provoquer la formation des dépôts, avant que ceux-ci ne puissent atteindre les canalisations; d'autres, de retarder la formation des dépôts. Ces moyens sont efficaces à court ou moyen terme et doivent donc être recommandés périodiquement. La fréquence peut être très variable selon les cas, allant de six mois à cinq ans. Il n'existe pour l'instant aucun moyen à long terme permettant de contrôler efficacement les dépôts d'ocre ayant un potentiel élevé de colmatage.

Les différents moyens d'action développés jusqu'à maintenant peuvent être classés en deux catégories : les moyens de prévention et ceux dits « curatifs » qui comprennent des techniques mécaniques et chimiques.

Pour la prévention, tout ce qui permet de réduire la quantité d'oxygène dans le drain est efficace. L'utilisation d'un embout en Y à la sortie du drain dans le bassin

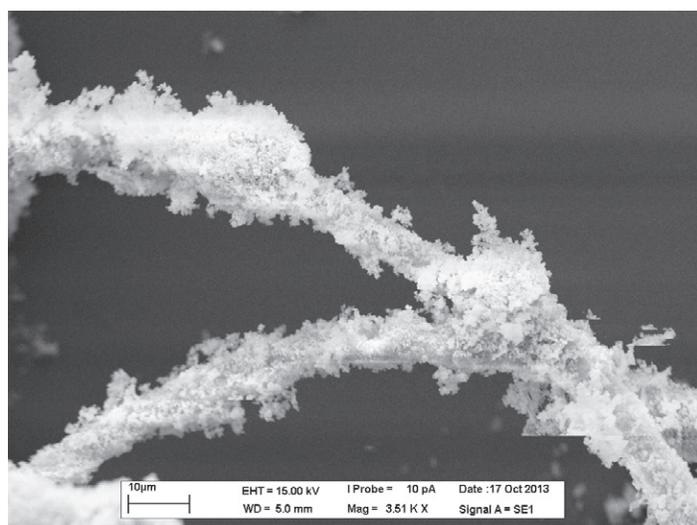
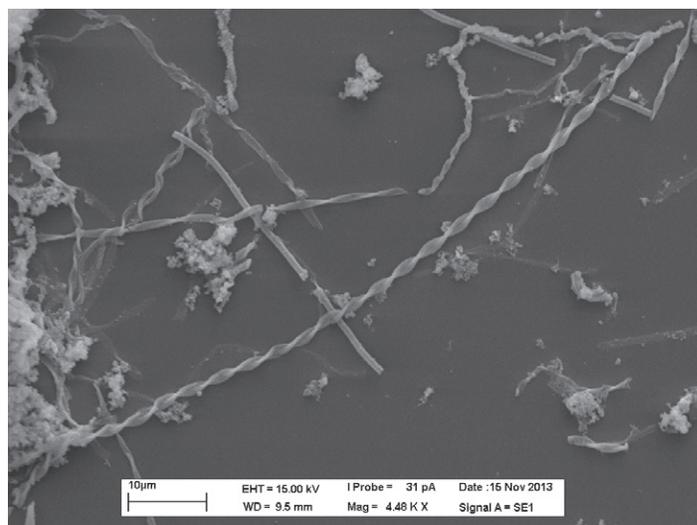
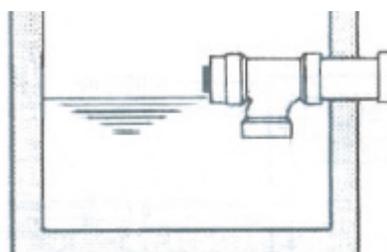


Figure 3: Bactéries ferrugineuses *Gallionella* et *Leptothrix* (haut) et *Leptothrix* avec des dépôts d'oxyde de fer (bas).

de captation est entre autres à préconiser. Une branche du Y se situe dans l'eau et l'autre en ligne droite qui donne accès au drain est fermée. Ce moyen permet de réduire et de contrôler le taux d'oxygénation du  $Fe^{2+}$  et donc de diminuer la vitesse de formation du dépôt d'ocre.

Un autre moyen de prévenir la formation d'ocre est d'installer les canalisations avec une forte pente de façon à augmenter la vitesse d'écoulement de l'eau. En effet, l'augmentation du débit empêche l'accumulation de dépôts et réduit la croissance bactérienne.

Quant aux moyens curatifs, il y a tout d'abord, le nettoyage mécanique. Ce type de nettoyage implique le passage d'un jonc, d'un furet ou d'une brosse rotative à l'intérieur du drain. Par frottement, les dépôts d'ocre sont décollés de la paroi intérieure et s'évacuent par l'exutoire si la pente est suffisante. Ce type de nettoyage ne convient pas aux dépôts consolidés et ne libère pas les orifices.

L'utilisation de furets hydrauliques qui envoient des jets d'eau à basse ou haute pression (10 à 150 bars) permet un nettoyage complet et est efficace pour débloquer les orifices du drain (figure 4). L'eau chaude (au moins 54 °C) a démontré une excellente efficacité pour arrêter la croissance des bactéries ferrugineuses et nettoyer entièrement les drains. L'eau chaude a même démontré une bonne efficacité dans les cas où l'utilisation de chlore ou d'acide a échoué. La vapeur d'eau bouillante est également tout aussi efficace. Cependant, ce type de nettoyage est coûteux, ne dure pas longtemps, en plus d'être inadapté au réseau de drainage agricole.



Figure 4: Furet hydraulique utilisé pour le nettoyage des drains.

## La norme en vigueur au Québec

Une norme est actuellement en vigueur au Québec pour la construction des réseaux de drainage résidentiel dans le but de retarder l'apparition des problèmes liés aux dépôts d'ocre. Celle-ci s'applique aux milieux propices au développement de l'ocre ferreuse. Elle indique l'inspection des drains à effectuer et fournit diverses

recommandations. Par exemple, la norme recommande l'utilisation de drains lisses et rigides en PVC qui seraient préférables pour limiter le développement de l'ocre ferreuse. On recommande des drains de 10 cm de diamètre ayant des perforations de 15 mm de diamètre (figure 5 à gauche). La norme recommande également l'installation de cheminées de regard facilitant l'accès au système de drainage pour l'inspection ou le nettoyage (figure 5 à droite).



Figure 5: Type de drains et cheminées de regard proposés par la norme.

Les drains de fondation doivent être installés avec une pente de 1 % afin de faciliter l'écoulement de l'eau. La partie supérieure du drain ne doit pas dépasser les dalles qui l'entourent. Une couche de pierre concassée nivelée doit être mise au fond de l'excavation de façon à ce que la conduite évacue l'eau loin des fondations.

La norme décrit également les paramètres physico-chimiques de l'eau à analyser: le pH, la température et la teneur en  $Fe^{2+}$ . Le tableau ci-dessous présente le potentiel de colmatage des drains en fonction de deux critères (pH et concentration en  $Fe^{2+}$ ).

Concentrations des ions $Fe^{2+}$ (mg/L)		Potentiel de formation de dépôts
pH < 7	pH > 7	
< 0,5	< 1,0	Aucun
≥ 0,5 à < 1,0	≥ 1,0 à < 3,0	Faible
≥ 1,0 à < 3,0	≥ 3,0 à < 6,0	Moyen
≥ 3,0 à < 6,0	≥ 6,0 à < 9,0	Élevé
≥ 6,0	≥ 9,0	Très élevé

La présence de bactéries ferrugineuses est également à considérer et à évaluer. Les paramètres d'une inspection visuelle des lieux sont également décrits dans la norme : la pente du terrain, le type de sol, la perméabilité de celui-ci, la direction du drainage, la topographie, la présence d'un boisé ou d'un marécage, la couleur de l'eau des fossés et la présence de dépôts d'ocre et leur aspect.

### Projet de recherche conjoint de l'INRS et de Lab'eau-air-sol



Mon projet de doctorat sur les dépôts d'ocre est réalisé en partenariat avec l'entreprise Lab'eau-air-sol. Les objectifs sont de caractériser les dépôts, de poser des diagnostics et de trouver une méthode de prévention du colmatage.

Le degré d'oxydation et de réduction du fer est fortement influencé par l'environnement physico-chimique et microbiologique du milieu. La vitesse de précipitation du fer en hydroxyde de fer dépend essentiellement du pH. La formation d'un dépôt important dans un drain situé dans un environnement favorable prend en moyenne de deux à trois ans. Le volet caractérisation du projet porte principalement sur les facteurs influençant l'état d'oxydation du fer, soit le potentiel d'oxydoréduction, le potentiel hydrogène (pH), la présence de matière organique, la teneur en oxygène dissous et en fer ferreux et la présence de bactéries ferrugineuses. La difficulté dans la recherche de solutions réside principalement dans l'adaptabilité des bactéries ferrugineuses à des conditions extrêmement variées. En effet, chaque type de bactérie s'adapte à une multitude de conditions environnementales. Les recherches effectuées jusqu'à présent ont démontré que ces bactéries ferrugineuses ont une meilleure croissance dans les sols dont le pH se situe entre 4,5 et 7 et dont la teneur en ions ferreux est au-delà de 3 mg/L.

Quant aux volets diagnostic et prévention, un banc d'essai a été mis en place dans un terrain propice au développement de dépôts d'ocre. Ce banc d'essai comporte neuf tranchées de 50 pieds de long par 5 pieds de large et ayant une profondeur de 3 pieds, qui est le niveau de la nappe phréatique à cet endroit (figure 6).



Figure 6: Tranchée du banc d'essai expérimental.

Dans ces tranchées, nous avons installé quatre drains différents recouverts de divers matériaux (figures 7 et 8). Certains des matériaux employés ont été choisis pour leurs propriétés antibactériennes, mais écologiques, et d'autres pour leur représentativité de systèmes de drainage existants. Ces bancs d'essai ont pour but d'analyser le sol et l'eau tout au long du processus de colmatage afin de vérifier si certains composés ont un effet préventif.



Figure 7: Les quatre types de drains testés.



Figure 8: Les quatre drains recouverts de différents matériaux.

Lors de la mise en place des bancs d'essai, le sol de chacune des tranchées a été analysé. Cette analyse a inclus une granulométrie pour déterminer le type de sol, la mesure du pH du sol, de son contenu en matière organique et de sa composition en éléments chimiques. Les eaux récoltées à la sortie des drains sont analysées mensuellement. Les analyses de ces échantillons incluent, entre autres, les éléments suivants :  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ , Fe total, pH, potentiel d'oxydoréduction, carbone organique dissous, cations (Al, Ca, Cr, Cu, Mg, Mn, Ni, Pb, Zn) et anions ( $\text{CO}_3$ ,  $\text{PO}_4$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{NO}_3$ ) et, évidemment, le dénombrement et l'identification des espèces bactériennes présentes.

## Résultats préliminaires et prochaines étapes

Jusqu'à présent, le pH mesuré dans toutes les tranchées est toujours demeuré près de la neutralité, soit entre 6,5 et 7,5, ce qui est dans les valeurs normales pour la nappe d'eau souterraine. Il n'y a pas de différence notable dans les valeurs de pH de l'eau d'une même tranchée au cours du temps, aucune différence d'un mois à l'autre ou entre les saisons.

Par contre, la teneur en fer ferreux ( $\text{Fe}^{2+}$ ) varie énormément. Non seulement elle varie d'une tranchée à l'autre, mais également d'un mois à l'autre. Dans une même tranchée, la teneur en  $\text{Fe}^{2+}$  peut varier de 0 à 4 mg/L. Toutefois, une tendance temporelle cyclique se dégage. Ce cycle de la teneur en  $\text{Fe}^{2+}$  débute par une teneur élevée en février-mars, suivi d'une forte augmentation en mai-juin, puis d'une forte diminution en juillet, pour remonter enfin vers octobre-novembre. Ce cycle peut s'expliquer par des variations de débit. En effet, au cours des premiers mois du printemps et de l'été, le débit d'eau dans les drains est plus élevé, d'abord à cause de la fonte des neiges, ensuite en raison de précipitations abondantes. Le mois de juillet étant le plus sec, le débit d'eau est le plus faible. Plus le débit est élevé, plus cela perturbe la croissance bactérienne occasionnant une diminution de la transformation du  $\text{Fe}^{2+}$ .

Au sujet du type de drain à préconiser, contrairement à ce que recommande la norme en vigueur, l'installation de drains lisses plutôt qu'annelés n'a pas démontré de réduction significative du colmatage par des dépôts d'ocre. La solution réside probablement plutôt dans une modification des conditions environnementales des drains.

Les résultats des analyses de l'eau des drains montrent déjà des signes de colmatage par l'ocre ferreuse, ce qui oriente nos prochaines vérifications à faire en vue de prédire le risque de colmatage. Le suivi mensuel des analyses d'eau permettra d'évaluer avec plus de justesse les principaux paramètres en cause.

## Pour en savoir plus...

### Lab'eau-air-sol

[www.labeauairsol.ca/](http://www.labeauairsol.ca/)

Chroniques semestrielles permettent de suivre l'avancement du projet décrit dans cette capsule :

[www.labeauairsol.ca/categorie/eau/depot-ocre/](http://www.labeauairsol.ca/categorie/eau/depot-ocre/)

### Résidentiel

Site de la Régie du bâtiment du Québec – Problème d'ocre ferreuse :

[www.rbq.gouv.qc.ca/citoyen/acheter-une-maison-neuve/problemes-particuliers/ocre-ferreuse.html](http://www.rbq.gouv.qc.ca/citoyen/acheter-une-maison-neuve/problemes-particuliers/ocre-ferreuse.html)

Reportage à l'émission *La Facture* de Radio-Canada le 30 mars 2010 :

[ici.radio-canada.ca/emissions/la\\_facture/2009-2010/Reportage.asp?idDoc=107581](http://ici.radio-canada.ca/emissions/la_facture/2009-2010/Reportage.asp?idDoc=107581)

Association des consommateurs pour la qualité dans la construction – recours possibles :

[acqc.ca/dossiers/depots-docre/depots-docre-ocre-ferreuse-recours/](http://acqc.ca/dossiers/depots-docre/depots-docre-ocre-ferreuse-recours/)

### Agricole

Document d'information produit par Agri-Réseau :

[www.agrireseau.qc.ca/agroenvironnement/documents/Colmatage\\_drains\\_ocre\\_de\\_fer.pdf](http://www.agrireseau.qc.ca/agroenvironnement/documents/Colmatage_drains_ocre_de_fer.pdf)