

# LES EFFETS DE LA SECHERESSE SUR LES CHAUSSEES A FAIBLE TRAFIC DANS LA REGION CENTRE

Yasmina BOUSSAFIR<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées, Blois, France

**RÉSUMÉ** – depuis 2005, le nombre de cas de fissuration des chaussées liée à la sécheresse, est en augmentation. Les fissures sont longitudinales, avec des affaissements accentués au niveau des bandes de roulement. Elles se manifestent exclusivement à proximité de végétation (haies arbustives, forêts). Les connaissances actuelles en dimensionnement de chaussées ne permet ni de s'affranchir de cet aléa ni de proposer de solutions réparatrices satisfaisantes.

## 1. Introduction

La géologie des terrains de surface de la Région Centre est composée de matériaux à dominante argileuse : les limons quaternaires en Beauce ou dans le Berry, les argiles à silex, les argiles et sables de Sologne et de l'Orléanais...

Ce contexte particulier a fait de cette région une des plus sinistrées par les phénomènes de retrait-gonflement des sols après les épisodes de sécheresse de 1976, de 1989 à 1992 et pour la plus récente celle de 2002 à 2003 (figure 1 et 2).

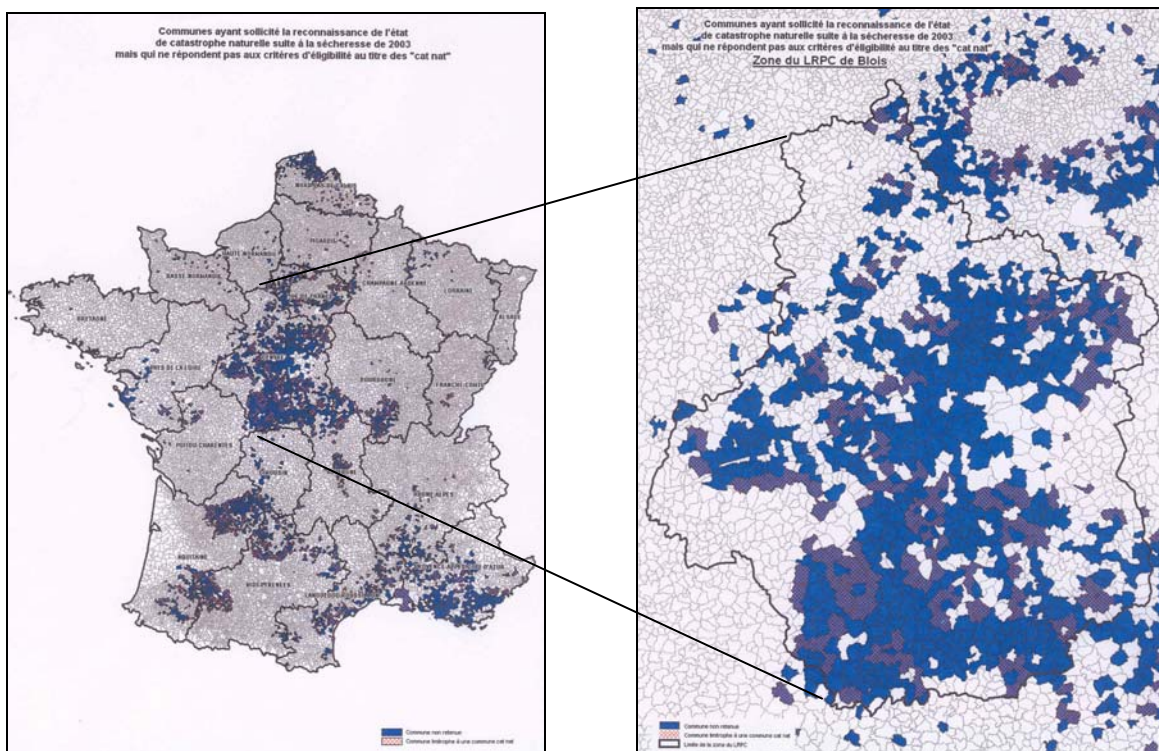


Figure 1. carte de France des départements sinistrés par la sécheresse de 2002-2005  
Figure 2. détail de la région Centre

Les phénomènes de retrait-gonflement des sols se manifestent classiquement sur le bâti par des déformations et des fissurations des murs, des décolllements, des tassements et autres pathologies décrites dans la littérature. Depuis deux ans, ces mêmes phénomènes de retrait des sols causés par la sécheresse affectent également les chaussées avec une ampleur non négligeable.

## 2. Description des phénomènes

La sécheresse a un impact sur les structures de chaussées par le biais du retrait des sols supports. Ce phénomène se manifeste assez classiquement par une fissuration longitudinale, très peu ramifiée et proche de la bande de roulement en rive de chaussée. Les largeurs de fissures sont souvent supérieures à 5mm (souvent 2 à 3 cm), et les profondeurs dépassent les 10 centimètres (figure 3).



Figure 3. exemple de fissure de retrait sur chaussée en profil mixte (St Satur (18)– RD 955)

Figure 4. exemple de fissuration en zone boisée - RD 134 – Jouy (28)

Ces fissures se manifestent exclusivement à proximité de zones boisées ou arbustives. Dans tous les cas suivis en 2004 et 2005, il a été constaté une concordance entre la présence de végétation, même très isolée ou de taille réduite, et la manifestation du retrait. En zone boisée, le phénomène est encore plus prononcé (figure 4 et 5)

Les gestionnaires d'ouvrages s'inquiètent souvent de ces fissures impressionnantes. Ils s'inquiètent d'autant plus que ces fissures s'accompagnent souvent de tassement côté rive (figure 6).



Figure 5 et 6. exemple de tassement de part et d'autre d'une fissure de retrait (VC6 à Choussy - 41 - )

### 3. Rappel des mécanismes de retrait

Le phénomène de retrait des sols est un phénomène bien décrit. Les sols fins, communément appelé argiles, marnes, limons ... en géotechnique routière contiennent une proportion variable de minéraux argileux (au vrai sens du terme, correspondant à des phyllosilicates).

Ces minéraux, de par leur structure interfoliaire ont la faculté de pouvoir procéder à des échanges d'ions ou de molécules. Selon le type de structure et donc le type d'argile, la capacité d'échange s'accompagne d'une variation volumique : très faible voire nulle dans le cas des kaolinites et des illites, ces variations deviennent très importantes pour le groupe des smectites (parmi lesquelles on trouve les montmorillonites, les saponites...) qui contiennent des molécules d'eau entre les feuillets.

La perte d'eau se traduit par une diminution volumique du sol et par un retrait se manifestant par des fissures dites de retrait.

Traditionnellement le retrait peut se quantifier par la mesure de la limite de retrait ( $w_R$ ). Il s'agit d'une des limites d'Atterberg, mesurée d'après la norme XP P94-060-1 : la limite de retrait correspond à la teneur en eau au delà de laquelle la diminution de teneur en eau ne s'accompagne plus d'une variation volumique.

### 4- Étude des sols

Dans les cas ayant fait l'objet d'étude et de reconnaissance de sol, il a été réalisé des profils hydriques et des analyses de sols selon le Guide des Terrassements Routiers de 1992.

#### 4.1 Analyse des teneurs en eau

Nous présentons ci-dessous (figure 7 et 8) quelques résultats de sondages.

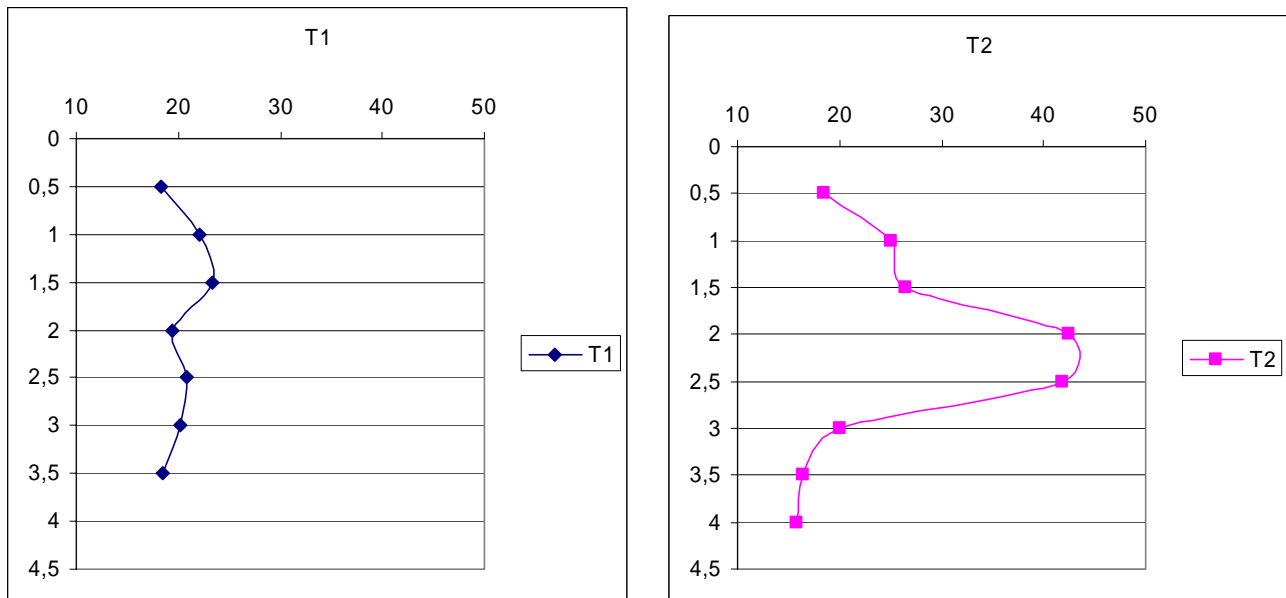


Figure 7 et 8. profil hydrique des sondages T1 et T2 réalisés sur la RN 76 à Blet (18)

L'analyse des teneurs en eau<sup>1</sup> seules ne permet pas d'analyser correctement les phénomènes et notamment de justifier de la sécheresse d'un sol. Il est nécessaire de comparer

<sup>1</sup> La teneur en eau est mesurée en étuve selon la norme NF P 94-105

la mesure de teneur en eau à une référence permettant de situer l'état hydrique du sol. Pour cela, l'utilisation des limites d'Atterberg<sup>2</sup> est parfaitement adaptée avec les valeurs suivantes :

- la limite de plasticité  $w_P$ , qui permet de situer l'état hydrique dit « moyen »
- la limite de liquidité  $w_L$  qui permet d'évaluer l'indice de plasticité du sol  $IP$  ( $IP = w_L - w_P$ )
- la limite de retrait  $w_R$  qui correspond à la teneur en eau au-delà de laquelle le sol ne peut plus diminuer de volume

La comparaison de la teneur en eau avec la limite de plasticité permet de mieux caractériser l'état hydrique du sol. Ci-dessous les mêmes sondages en calculant  $(w_p - w_n)/w_p \times 100$  (voir figures 9 et 10).

Sur ces graphes, bien que la forme des courbes reste similaire à la courbes des teneurs en eau, on peut par contre visualiser une information supplémentaire : celle de la position de la teneur en eau naturelle par rapport à la limite de plasticité.

La partie de la courbe située à gauche de l'axe des Y correspond aux sols secs. A l'inverse la partie de la courbe située à droite correspond aux sols humides. Autour de l'axe des Y, le sol est à l'état hydrique moyen.

C'est ainsi que l'on s'aperçoit que les sols sont dans des états hydriques secs sur de grandes profondeurs souvent jusqu'à -3m sous le niveau de la chaussée.

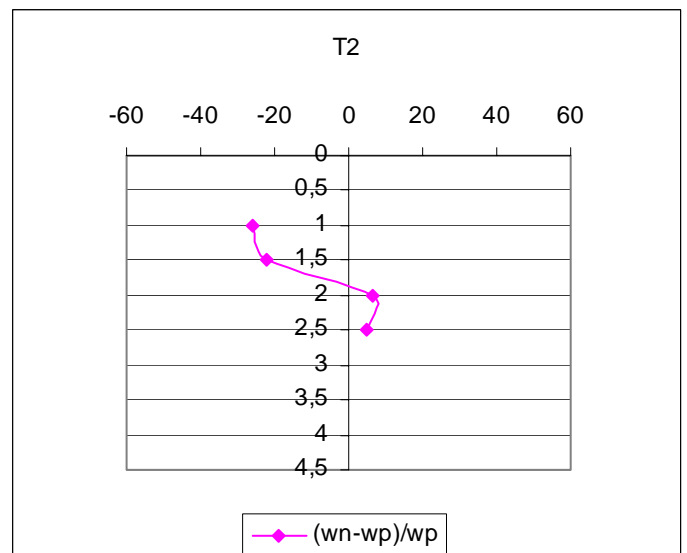
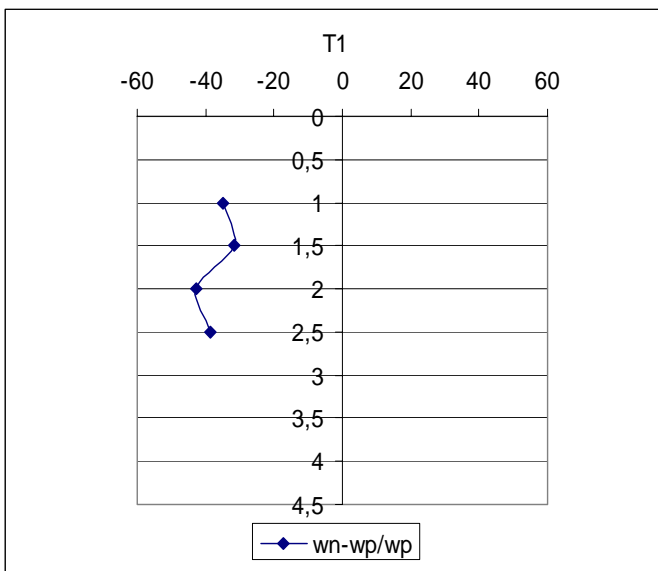


figure 9 et 10 : comparaison des teneurs en eau des sols des sondages T1 et T2 par rapport à leur limite de plasticité

Le même exercice a été effectué pour un sondage réalisé à Jouy (28) : le profil hydrique obtenu par la mesure de la teneur en eau seule a été comparé au profil mettant en évidence la variation de la teneur en eau naturelle par rapport à la limite de plasticité  $w_P$  et également par rapport à la limite de retrait  $w_R$ . Les trois graphiques sont présentés en figures 11, 12 et 13.

<sup>2</sup> Les limites d'Atterberg sont mesurées selon les normes NF P 94-051 et 94-052-1

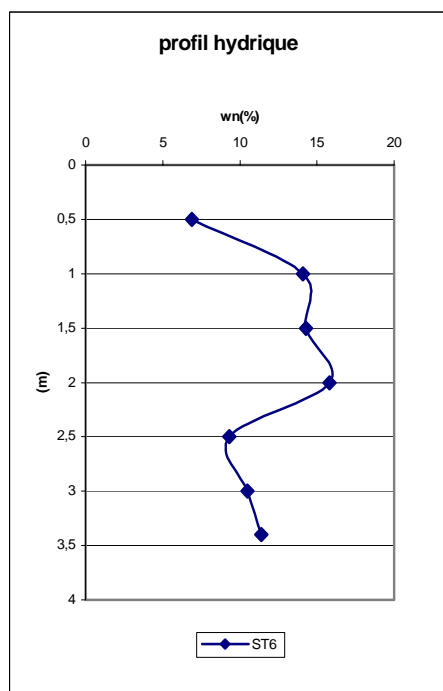


Figure 11. profil des teneurs en eau naturelles (sondage ST6 – Jouy, RD 134)

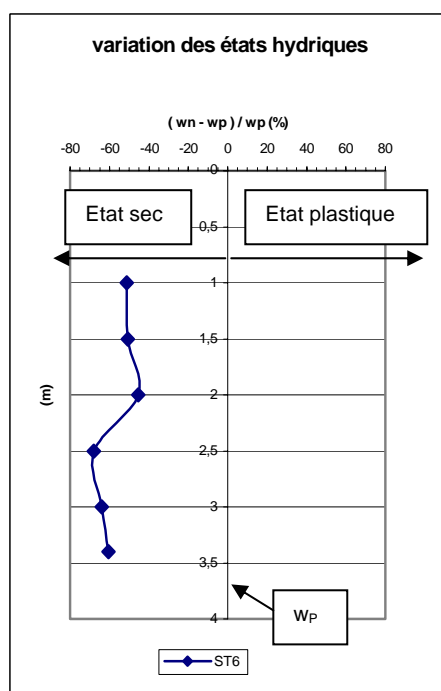


Figure 12. profil des variations de teneur en eau par rapport à la limite de plasticité  $w_p$

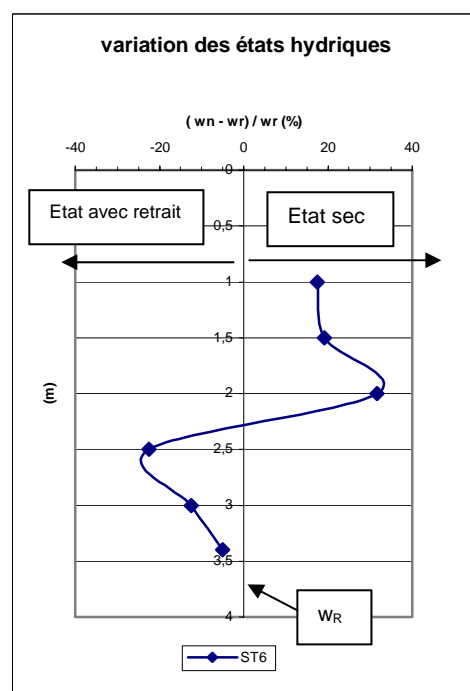


Figure 13. profil des variations de teneur en eau par rapport à la limite de retrait  $w_R$

Sur la figure 12, la courbe est nettement située à gauche de l'axe des ordonnées, ce qui permet de dire que les sols sont secs jusqu'à 3,5 mètres sous le terrain naturel. La courbe de la figure 13 permet en plus de visualiser l'état du sol par rapport à la limite de retrait du sol  $w_R$ . Il est remarquable de constater que les sols situés au delà de 2 mètres sont au-delà du retrait théorique.

Cette constatation est généralisable à de nombreux cas : la réhydratation des sols par les eaux météoriques et les eaux de surfaces, ne permettent pas de compenser le déficit hydrique acquis au cours des sécheresses successives, sécheresses accentuées par la dernière en date, celle de 2003. Cet état de sécheresse des sols atteint des profondeurs au moins égales à 3 mètres sous le niveau de la chaussée.

## 4.2 Analyse des sols

Les sols rencontrés sont des sols fins, le plus souvent classés A2, A3 et A4 selon la norme NF P 11-300. Ce sont des sols réputés sensibles aux variations de teneur en eau car la proportion d'éléments argileux y est importante. En effet, les passants à 80 $\mu$ m (maille de tamis usuellement retenue pour l'identification des sols en géotechnique routière) sont souvent supérieurs à 60%.

Pour analyser les désordres consécutifs à la sécheresse, la détermination des limites d'Atterberg reste un élément facile à mettre en œuvre, représentatif et donnant des paramètres significatifs pour les interprétations.

Du point de vue méthodologique, il apparaît que les profils hydriques avec des teneurs en eau réalisées tous les 50 cm sont nécessaires, et qu'ils doivent aussi s'accompagner des identifications de sols correspondantes. Compte-tenu du nombre d'essais que cela représente, il appartient au géotechnicien qui effectue la coupe de sol, de bien regrouper les familles de sol globalement similaires afin de cibler les essais nécessaires. Malgré tout, 2 mesures des limites d'Atterberg par sondages semblent un minimum.

### **4.3 La végétation**

La végétation a un effet indiscutable sur l'apparition de la fissuration des chaussées. La littérature fait référence à un classement des espèces végétales en fonction de leur agressivité. Sur les cas étudiés par le Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées de Blois, l'exercice d'identification des espèces végétales n'a pas été menée de manière rigoureuse. Les espèces rencontrées sont des chênes, des noyers, des aubépines, des frênes...

La distance entre la chaussée et le couvert végétal n'a pas non plus été évaluée. Or ce point peut être un élément décisif dans les futures recommandations en matière de disposition constructives constructives : en effet, les fissurations ne se manifestent qu'à proximité de végétation arbustive ou arborée.

Dans la littérature il est souvent fait référence à une distance d'action des racine de l'ordre de 1 à 1,5 fois la hauteur de l'arbre ou des massifs buissonniers

## **5. Le dimensionnement de chaussée**

### **5.1. Généralités**

Dans les méthodes de dimensionnement des chaussées françaises, on intègre le mètre de sol immédiatement sous la première couche de chaussée, qui correspond à ce qu'on dénomme la Partie Supérieure des Terrassements (P.S.T.), et on évalue son comportement dans le long terme par un classement détaillé dans le Guide de Réalisation des Remblais et des Couches de Forme de 1992 (G.T.R.92). Ce volume de sol, en l'état dans les zones en déblai ainsi qu'en profil rasant, ou rapporté dans les zones en remblai, joue un rôle dans la portance des sols.

Le classement de la P.S.T. permet ensuite de dimensionner la couche de forme afin de compenser les faiblesses du sol. Ainsi même des sols de faible portance comme des argiles de type A2, A3 (voire même quelquefois A4), peuvent se trouver directement sous la structure de chaussée.

Dans les études de diagnostic de fissuration des chaussées il semblait nécessaire de caractériser les sols constituant la P.S.T., et il est vite apparu que ce sont ces sols très plastiques qui étaient à l'origine des problèmes, sur des épaisseurs dépassant largement le volume de sol dimensionné en tant que P.S.T. (puisque l'état de sécheresse des sols se situe au moins sur les 3 premiers mètres immédiatement sous la structure de chaussée).

A cela, il faut également un facteur déclenchant qui se trouve être la présence de végétation arborée. En cas de sécheresse prononcée, le réseau racinaire va chercher l'eau du sol par succion jusque sous la chaussée, car la structure relativement peu perméable des bitumes maintient un certain degré d'humidité dans le sol support (comme pour les bâtiments).

### **5.1 Des pistes à approfondir pour les voies neuves**

Actuellement le dimensionnement des chaussées n'intègre pas le risque de déformation par retrait – gonflement des sols. Compte-tenu de l'évolution actuelle du climat, ce risque deviendra dans nos régions où les sols sont à forte dominante argileuse, un risque de plus en plus à prendre en compte, comme on a pu prendre en compte le risque du gel dans les années 1970.

Les quelques cas étudiés font apparaître certains éléments simples que l'on peut d'ores et déjà prendre en compte pour le dimensionnement et le pré-diagnostic :

- l'identification des sols (par les limites d'Atterberg) doit être réalisé au moins 3 mètres sous le niveau théorique de l'arase des terrassements en cas de présence de sols fins sensibles à l'eau,
- ces identifications s'accompagnent de mesures de teneurs en eau naturelles tous les 50cm si possible afin de dresser les profils hydriques,
- les profils de teneurs en eau doivent être interprétés pour définir l'état hydrique des sols.

Si la voie neuve doit traverser une zone boisée, la présence de végétation aura une influence sur le comportement du sol : la disparition partielle des arbres après la construction de la chaussée entraînera naturellement une modification des états hydriques des sols plus ou moins importante : selon la météorologie future il pourra y avoir humidification ou déshydratation des sols jusqu'à atteindre un état d'équilibre, en général proche de la plasticité. Dans le cas où les arbres restent à une distance relativement proche de la chaussée, et en cas de sécheresse prononcée, le risque de retrait et de déformation des sols et de la chaussée est élevé.

Les paramètres non déterminés à ce jour pour le diagnostic sont :

- la distance de l'arbre à la chaussée au-delà de laquelle l'aléa est annulé,
- la durée de la sécheresse nécessaire au déclenchement des phénomènes,
- l'effet de la géométrie de l'ouvrage (déblai profil rasant ou remblai, angle de la pente des talus...),
- les statistiques d'évolution climatique.

## **5.2 La réfection des voies fissurées**

L'inquiétude des gestionnaires lors de l'apparition des fissurations et des affaissements est souvent atténuée après le constat qu'il s'agit de fissures de retrait des sols supports : la stabilité d'ensemble de l'ouvrage n'est pas en péril. Par contre, l'importance de la fissure met en danger les utilisateurs (surtout les deux roues). Elle est également une source d'infiltration des eaux météoriques dans la chaussée ce qui cause des chutes de portances autour des fissures puis à terme une déstructuration de la chaussée.

A ce jour, il n'existe pas de moyen de « réparer » définitivement les fissures du sol support : elles sont profondes et peuvent, une fois créées rejouer indéfiniment soit en s'élargissement soit en se refermant au gré des saisons.

Les suggestions les plus couramment émises sont :

- la réfection rapide par pontage des fissures pour imperméabiliser rapidement la surface et sécuriser les usagers
- la mise en œuvre d'une zone tampon en supprimant tous les arbres sur une distance à la chaussée supérieure à 1,5 fois la hauteur des plus hauts arbres

d'autres pistes sont aussi abordées comme :

- la mise en œuvre d'écrans étanches anti-racines,
- la mise en œuvre de dispositifs de drainage type « écran drainant de rive de chaussée » (E.D.R.C.) afin de maintenir un état hydrique constant sous la chaussée,
- la substitution des sols sensibles au retrait-gonflement.

Dans aucun de ces cas n'est abordé le problème du coût, de l'efficacité ou du dimensionnement (épaisseur, profondeurs, nature matériaux...) : tous ces points nécessitent des retours d'expérience, de la recherche complémentaire et éventuellement des chantiers testant les différentes techniques.

## **6. Conclusion**

Le Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées de Blois a depuis les années 2002 été confronté au diagnostic de fissuration de chaussée souvent faiblement dimensionnée dans la région Centre. Ces fissures ont été clairement attribuées au phénomènes de retrait des sols supports de chaussée en relation avec la proximité de végétation arborée ou arbustive.

Les fissures se présentent de manière relativement caractéristiques :

- ce sont des fissures longitudinales apparaissant à proximité d'arbuste ou d'arbre
- le plus souvent situées dans la bande de roulement en rive de chaussée

- la taille des fissures est souvent très importante : largeur comprise entre 2-3 cm (pour les plus fréquentes) jusqu'à 10cm dans les cas les plus graves
- la profondeur des fissures est souvent supérieure à 10cm
- le bord de la fissure côté rive est souvent affaissé.

La méthode de diagnostic proposée est simple et basée sur l'analyse des profils hydriques. L'élaboration de ces profils repose sur :

- la réalisation de mesures de teneur en eau naturelle avec un pas d'échantillonnage de l'ordre de 50 cm,
- la connaissance des paramètres de nature des argiles et plus précisément de ses limites d'Atterberg  $w_L$ ,  $w_P$  et  $w_R$ , respectivement la limite de liquidité, de plasticité et de retrait,
- la représentation graphique des écarts de la teneur en eau naturelle aux limites de plasticité et de retrait.

Actuellement les méthodes de dimensionnement des Parties Supérieures des Terrassements (P.S.T.) n'intègrent pas le risque de retrait-gonflement des sols supports. Compte-tenu de l'évolution de nos climats, il semble que ce risque devienne non négligeable dans les régions à dominantes « argileuses » et qu'il faille donc dès à présent proposer des pistes de recherche complémentaires et des méthodes de dimensionnement ajustées à cette nouvelle problématique.

## 7. Références bibliographiques

- Ministère de l'Environnement (1993) Sécheresse et Construction – guide de prévention. *La documentation française*, Paris, 51 pages.
- Margron P et al. (1988) La construction économique sur sols gonflants. *BRGM – REXCOOP. Ed. du BRGM. Manuels et méthodes n°14.*
- Philipponnat G. (1991) Retrait – gonflement des argiles, proposition de méthodologie. *Revue française de géotechnique n°57.* pp 5-22.
- Ministère de l'équipement (1992) Guide de Réalisation des Remblais et des Couches de Formes (GTR92), fascicule I, *LCPC – SETRA.* 98 pages.
- Ministère de l'équipement (1994) Conception et dimensionnement des structures de chaussée – guide technique. *LCPC – SETRA.*
- Renault O. et al. (2005) Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département d'Indre-et-Loire – Rapport final. *BRGM/RP-53351-FR* janvier 2005.