N° 06 - Février 2021

NEWS BÉTON

Réunion d'avancement du projet :

« Comprendre et traiter les pathologies du béton en Nouvelle-Calédonie » - n°3

OBJET : présentation de l'avancement des travaux prévus dans les lots 3.4 : « *précurseurs et facteurs d'influence de la cinétique des dégradations prématurées des bétons dues à la laumontite* », et 3.5 : « *précurseurs et facteurs d'influence de la cinétique des dégradations prématurées des bétons dues à la pyrite* ».

Cette troisième rencontre s'est essentiellement focalisée sur l'identification et le dosage de la laumontite et de la pyrite, conformément aux lots 3.4 et 3.5. Malgré les difficultés et les contraintes imposées par la situation sanitaire (limitation des accès des personnels dans les labos en particulier), un nombre important d'analyses ont été réalisées pour effectuer une étude la plus exhaustive possible.

Dans un 1er temps, les résultats sur l'analyse des granulats exploités en carrière :

- Les granulats ont été prélevés sur différentes zones des carrières, ces zones étant caractérisées par une identification minéralogique préalable par leur faciès géologique.
- Différentes techniques de laboratoire ont alors été utilisées pour identifier la laumontite et la pyrite, avec l'objectif de déterminer des méthodes efficaces pour les doser : (a) emploi de méthodes de dissolution chimique pour déterminer la composition élémentaire (en particulier le soufre total pour en déduire le pourcentage de pyrite) ; (b) utilisation de la diffraction des rayons X (DRX) sur poudre, méthode physique permettant d'identifier les différentes phases minérales présentes dans les granulats ; (c) utilisation de l'analyse thermogravimétrique (ATG) couplée à une analyse des gaz permettant d'identifier les minéraux par la perte de masse ; (d) analyse spectroscopique par infra-rouge (IR).

Si l'identification de la laumontite ne présente pas trop de difficulté, sa quantification par les techniques utilisées reste cependant très difficile pour l'instant. La raison principale est liée à la géologie très particulière des sols de Nouvelle-Calédonie, qui produit des granulats extraits des carrières sélectionnées avec des minéralogies très complexes, où de nombreuses phases différentes sont identifiées et des variations des proportions de ces phases pouvant changer très fortement. Il est donc difficile à ce stade de choisir une technique et la définir comme étant celle qui allie identification et quantification.

Cependant, une autre technique dont la mise en œuvre est très simple a été proposée, l'essai « coup de soleil ». Cette expérience consiste à maintenir à 145°C les granulats plongés dans de l'eau pendant une durée définie. La perte de masse est alors mesurée et reliée à la laumontite après analyse physico-chimique. Les paramètres de cet essai, qui permettrait à la fois une identification et un dosage de la laumontite, doivent encore être précisés et de nouveaux essais sont prévus pour la suite. Cette méthode aurait alors le mérite d'être facilement adaptable sur site.

Le cas de la pyrite est plus simple : son identification sur les granulats ne présente pas de difficultés particulières, mais elle est par contre plus complexe sur les bétons à cause de l'apport de soufre par le ciment. Il existe cependant des techniques normées de mesure de soufre dans ce cas.

FCBTP FFB GOUVERNEMENT DE LA NOUVELLE-CALÉDONIE FFB AQC SMA AUDEMARD SOBECA SBTP SOGESCO CDD SOCAM PACIFIQUE

NEWS BÉTON

La seconde partie de la réunion a été consacrée au diagnostic des carottes extraites des structures présentant des dégradations. Pour chaque structure, des carottes ont été prélevées en zone saine et en zone altérée. Elles ont ensuite été classées en quatre séries en fonction de l'ouvrage dont elles sont issues : les murs de soutènement (série 1), ponts (série 2), bordures de voiries (série 3) et résidences (série 4). Les résultats sur les trois premières séries ont été présentés. La batterie d'analyses employée sur les carottes a consisté en des mesures de porosité à l'eau, des analyses physico-chimiques (minéralisation partielle, DRX) et thermique (ATG), et de la microscopie à balayage couplée à de l'analyse élémentaire (MEB+EDS). A chaque fois la comparaison entre une zone saine et une zone altérée.

Les résultats de mesure de porosité à l'eau ont mis en évidence des valeurs plus importantes que celles habituellement rencontrées, ce qui a un impact direct sur la durabilité des ouvrages. Une longue discussion autour de ce sujet a alors été engagée pour essayer de trouver des pistes d'explication, car il semble que ces valeurs élevées mesurées sur tous les ouvrages étudiés soient spécifiques à la Nouvelle-Calédonie, même lorsque les règles de l'art semblent avoir été bien respectées. Ce constat est un véritable problème qui sera également suivi au cours de cette étude.

En premier lieu, une des difficultés rencontrées dans l'analyse de l'ensemble des carottes est la difficulté de revenir à la formulation du béton employé en utilisant les méthodes habituelles, la cause étant la nature des granulats. Pour pallier ce problème, il faudrait mettre en place une méthode alternative qui puisse intégrer les spécificités néo-calédoniennes.

Les analyses physico-chimiques et microscopiques des différentes séries ont permis de mettre en évidence des comportements de dégradation qui dépendent de la nature des granulats employés.

Dans le cas des murs de soutènement et des ponts (séries 1 et 2), que l'on se trouve en zone saine ou altérée, une microporosité importante a été observée, de la pyrite dans les granulats et dans la matrice cimentaire a été identifiée, parfois dans un état oxydé. Les analyses d'image montrent également la présence d'une ettringite non pathologique qui remplit les microporosités. Pour les séries 1 et 2, de la laumontite est détectée dans, autour des granulats et libre dans la matrice cimentaire, que ce soit dans la zone saine ou dégradée. Ainsi, ce qui semble provoquer l'altération qui débute en surface, est la combinaison de deux facteurs : la présence de laumontite en zone superficielle et l'exposition à l'environnement extérieur qui va a priori induire les cycles d'hydratation et déshydratation de la laumontite, entraînant la dégradation observée.

Dans le cas de la série 3 (bordures de voirie), si les zones saines et altérées comportent toutes de la laumontite ainsi que de la pyrite comme dans les séries précédentes, la dégradation est cette fois imputée à la présence d'ettringite pathologique, observée en nodules dans la matrice cimentaire et à l'interface granulats/matrice. Cette ettringite a pour origine probable la dissolution des pyrites et/ou résulte de la réaction sulfatique interne dans le béton.

A la suite de la présentation de ces nombreux résultats et pour conclure, une discussion s'est engagée pour proposer des pistes permettant d'expliquer les différentes cinétiques de dégradation, notamment l'influence de la présence de pyrite, soulevant la question du stockage à l'air libre des granulats avant leur utilisation, pouvant provoquer une oxydation préalable et l'apparition de sulfates indésirables. La géologie des sols calédoniens ainsi que la porosité élevée des bétons ont également été évoquées comme facteur de dégradation.