

# Les textiles dépolluants, un avenir pour le traitement des métaux lourds

Marianne Vandebossche, Mathilde Casetta, Maude Jimenez et Michel Traisnel

**Résumé** Les géotextiles possèdent une structure poreuse particulièrement adaptée aux procédés de filtration des eaux résiduaires. Cependant, ces matériaux ne peuvent pas retenir les ions métalliques. Une solution innovante et respectueuse de l'environnement consiste à fonctionnaliser par plasma froid les géotextiles avec des biomolécules aux propriétés chélatantes : les métaux sont ainsi retenus par le géotextile lors de la filtration des eaux usées.

**Mots-clés** Textiles, procédé plasma froid, adsorption, métaux lourds, dépollution.

**Abstract** **Depolluting textiles: a future for heavy metals remediation**  
Geotextiles possess a porous structure suitable for filtration processes of wastewaters. However, these materials cannot remove metal ions from polluted media. An innovating and eco-friendly solution is the functionalization of geotextiles with biomolecules able to chelate heavy metals: these metals are then trapped by the geotextile during the filtration process.

**Keywords** Textiles, cold plasma process, adsorption, heavy metals, remediation.

## La pollution par les métaux lourds

Les éléments traces métalliques, généralement appelés métaux lourds, témoignent de l'activité économique des pays industrialisés. Ainsi, l'industrie métallurgique est responsable de la présence de cadmium, de chrome et de plomb ; les transports ferroviaire et routier émettent du cuivre et du zinc, et l'industrie chimique rejette du mercure et du nickel [1]. Ces éléments traces s'accumulent dans les sédiments et y sont retenus. Par ailleurs, lorsque l'accumulation des sédiments entrave l'activité portuaire, un dragage (ramassage des sédiments au fond du plan d'eau) doit être entrepris. Une partie de ces sédiments étant polluée (5 %), un stockage à terre est nécessaire [2], ce qui peut notamment entraîner des pollutions par lessivage. Une solution intéressante serait d'éliminer les métaux et de valoriser les sédiments résiduels en technique routière ou en butte paysagère.

Le projet DEPOLTEX rassemble des partenaires industriels (IDRA Environnement, Baudalet Environnement, PGI SAS France, DYLCO, IFTH, AFITEX, NEO ECO Recycling) et des partenaires académiques (Mines de Douai, ENSAIT, ENSCL, Université Lille 1) dans le but de mettre au point un procédé de dépollution industriellement viable. Le procédé proposé repose sur l'utilisation de textiles techniques fonctionnalisés de façon à pouvoir retenir les éléments traces métalliques présents en milieu aqueux.

## Les textiles techniques

Contrairement aux textiles traditionnels, les textiles techniques ont des caractéristiques bien précises qui permettent de répondre à différents besoins spécifiques (retard au feu, anti-coupure, résistance mécanique, etc.). Ainsi, les textiles techniques doivent-ils répondre à un cahier des charges et respecter des normes précises selon le domaine d'utilisation.

Dans le cadre du projet DEPOLTEX, les textiles techniques choisis sont des géotextiles qui présentent une grande capacité de filtration et de drainage. Les géotextiles sont caractérisés par leur porosité importante, leur grande perméabilité à l'air et à l'eau, et également par leur bonne résistance mécanique. Des géotextiles à base de polypropylène (PP) ont été utilisés lors de ce projet car ce polymère est stable chimiquement. Mais ce matériau en lui-même n'est pas capable de retenir les métaux et doit donc être fonctionnalisé.

## La notion de fonctionnalisation

La fonctionnalisation a pour but de conférer une ou plusieurs propriétés supplémentaires spécifiques à la surface d'un matériau sans en modifier les propriétés intrinsèques. Ainsi, les fibres de PP peuvent être modifiées en surface afin de pouvoir retenir les métaux tout en conservant leurs propriétés mécaniques ainsi que la porosité et la perméabilité du géotextile. Pour cela, un procédé physique a été retenu : le procédé plasma froid basse pression. Le plasma désigne ici un gaz partiellement ionisé contenant des espèces réactives telles que les électrons ou les radicaux.

Un plasma d'argon crée des radicaux à la surface des fibres par un phénomène d'abrasion. Les radicaux favorisent la formation de groupements chimiques spécifiques (hydroxyles, carboxyles, peroxydes) lors de la remise à l'air libre du textile. Cette étape, plus communément appelée étape d'activation, permet de rendre le PP hydrophile, polymère hydrophobe par nature. Le géotextile étant devenu hydrophile, il peut alors être imprégné d'une solution d'acide acrylique à l'aide d'un foulard. Cet acide, ainsi greffé, polymérise sur les fibres au cours d'une nouvelle étape de traitement plasma (figure 1 p. 74). L'acide acrylique est utilisé ici comme un bras espaceur sur lequel il sera possible d'immobiliser une biomolécule d'intérêt (chitosane, cystéine,

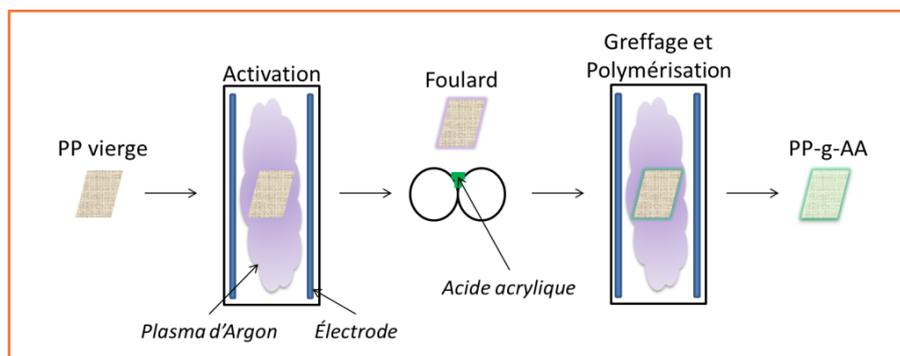


Figure 1 - Schéma du procédé de greffage de l'acide acrylique sur PP (PP-g-AA) par plasma froid basse pression radiofréquence.

PP : polypropylène ; AA : acide acrylique.

que soit la concentration en sodium dans la solution initiale, et donc quelle que soit sa force ionique. Le matériau fonctionnalisé qui a été mis au point est donc particulièrement adapté à la dépollution de milieux très salés tels que les sédiments de dragage venant des ports maritimes.

Les auteurs remercient le Fonds Européen de Développement Régional (FEADER), la Région Nord-Pas-de-Calais et le Fonds Unique Interministériel (FUI) pour le financement de leur travail, ainsi que le pôle de compétitivité UP-TEX et les partenaires du projet DEPOLTEX pour leur collaboration.

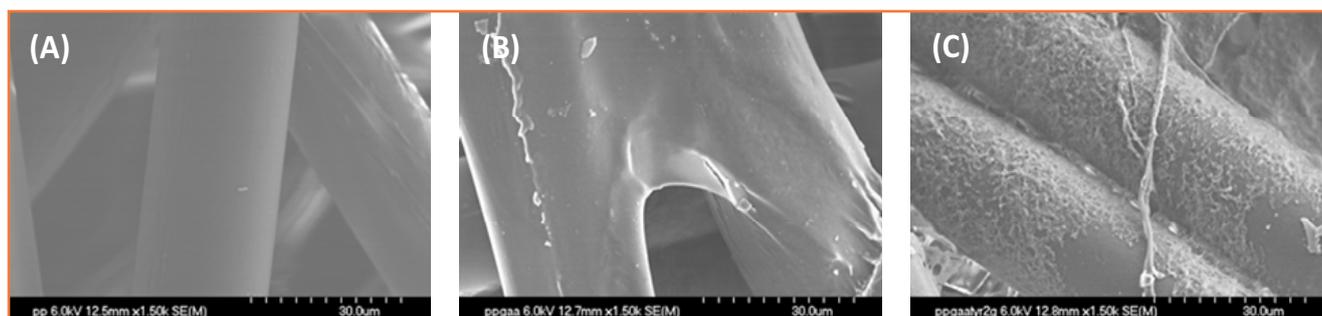


Figure 2 - Photographies par microscopie électronique à balayage (MEB) de fibres de (A) PP vierge, (B) PP greffé d'acide acrylique et (C) PP greffé d'acide acrylique et de tyrosine.

tyrosine...) capable de chélater les métaux lourds grâce à la présence de fonctions hydroxyle, carboxylique, thiol ou encore phénol [3]. La biomolécule choisie, ici la tyrosine, est immobilisée à l'aide d'un carbodiimide, utilisé comme agent de couplage. Le résultat obtenu est donné en figure 2 : la fibre de PP vierge, lisse, est recouverte d'un film d'acide acrylique après le traitement par plasma froid et devient rugueuse suite à l'immobilisation de la tyrosine.

## Les tests de dépollution

Après avoir confirmé l'obtention d'un greffage covalent de la biomolécule sur le géotextile (par des méthodes de spectrométrie infrarouge à transformée de Fourier et de spectrométrie photoélectronique à rayonnement X), la performance en dépollution de métaux est évaluée en utilisant une solution modèle de sulfate de cuivre à 1 000 mg/L. La capacité maximale d'adsorption de l'échantillon est tributaire de plusieurs facteurs comme le pH ou la température, mais elle peut aussi dépendre de la présence d'autres ions tels que  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  ou d'autres métaux lourds [4].

Dans le cas de la tyrosine, une capacité maximale d'adsorption de 45 mg de  $\text{Cu}^{2+}$  par gramme de PP est atteinte à pH = 4,5, alors que 69 mg de  $\text{Cu}^{2+}$  par gramme de PP sont retenus à pH = 5,2 (pour 1 g/L de  $\text{Cu}^{2+}$  à 20 °C). Ces textiles fonctionnalisés avec la tyrosine présentent, en plus de leur capacité à adsorber les métaux lourds, un autre avantage non négligeable : leur capacité d'adsorption est constante quelle

## Références

- [1] [www.citepa.org/fr/pollution-et-climat/polluants/metaux-lourds](http://www.citepa.org/fr/pollution-et-climat/polluants/metaux-lourds) (consulté le 07/04/14).
- [2] Proulhac N., Dragage, traitement et valorisation des sédiments – État des lieux, *Journées nationales sur la gestion terrestre des sédiments de dragage portuaires et fluviaux*, Lille, juin 2011, [www.sedilab.com](http://www.sedilab.com) (pdf consulté le 23/04/14).
- [3] Vandenbossche M., Jimenez M., Casetta M., Bellayer S., Beaurain A., Bourbigot S., Traisnel M., Chitosan-grafted nonwoven geotextile for heavy metals sorption in sediments, *React. Funct. Polym.*, **2013**, 73, p. 53.
- [4] Fu F., Wang Q., Removal of heavy metal ions from wastewaters: a review, *J. Environ. Manage.*, **2011**, 92, p. 407.



M. Vandenbossche

**Marianne Vandenbossche** est doctorante, **Mathilde Casetta** et **Maude Jimenez**, maîtres de conférences, et **Michel Traisnel**, professeur, à l'Université Lille 1, Unité Matériaux et Transformations (UMET), Ingénierie des Systèmes Polymères (ISP)\*.

\* Unité Matériaux et Transformations (UMET), Ingénierie des Systèmes Polymères (ISP), UMR CNRS 8207, ENSCL, Université Lille 1, F-59652 Villeneuve d'Ascq Cedex.  
Courriels : [mvandenb@enscl.fr](mailto:mvandenb@enscl.fr) ; [mathilde.casetta@univ-lille1.fr](mailto:mathilde.casetta@univ-lille1.fr) ; [maude.jimenez@univ-lille1.fr](mailto:maude.jimenez@univ-lille1.fr) ; [michel.traisnel@ensc-lille.fr](mailto:michel.traisnel@ensc-lille.fr)