

## SUMMARY

An oil pipeline owned by SPSE (Société du Pipeline Sud-Européen) burst in the Réserve Naturelle des Coussouls de Crau on the 7th of August, 2009. 5 hectares of the site were damaged by the spill of 4,800 m<sup>3</sup> of crude oil. Despite an emergency response pollution quickly reached the aquifer creating a film of floating hydrocarbons. The plume of dissolved pollutants is currently the main ecological and health risk.

Floating hydrocarbons recovery techniques quickly showed their limits and did not prevent oil dissolution and water contamination. It has been proven that Natural Attenuation has a strong degradation potential on the site. It is a solution currently being considered for long-term risk management. If Natural Attenuation cannot be implemented another alternative is proposed: Enhanced Natural Attenuation, also called biostimulation. It consists of providing microorganisms with nutrients and electron acceptors which are currently missing in the aquifer in order to allow efficient oil degradation. This report aims to study the feasibility of biostimulation on the site of Coussouls de Crau.

The pilot test is a Dipole Flow and Reactive Tracer Test (DFRTT) meaning it consists of a pumping well and an injection well in which water pumped is then reinjected. It is supposed to work as a closed circuit. The nitrate ion is the chosen electron acceptor because of its high solubility compared to oxygen, its easy implementation, and because it does not adsorb in soils. NaNO<sub>3</sub> is used in the pilot test. Bromide is also injected as a non-biodegradable tracer. It will allow the calculation of dilution in the system and calculation of a denitrification rate. The circuit is also enriched with phosphates.

Analytical monitoring in wells showed oil degradation, regardless of the type of pollutant. The quantity of nitrates consumed by microorganisms is estimated to be either 190 kg or 270 kg depending on which calculation method is applied. The corresponding quantity of hydrocarbons degraded is respectively 36 or 50 kg. This represents a degradation rate of either 0.52 kg/day or 0.73 kg/day. After completion of analytical monitoring, a numerical modelling should be done. Implementation of biostimulation on the scale of the site remains to be defined.

**Key words:** oil pipeline, hydrocarbons, in situ bioremediation, nitrate, Dipole Flow and Reactive Tracer Test.

## RESUME

Le 7 août 2009, un oléoduc appartenant à la société SPSE (Société du Pipeline Sud-Européen) s'est rompu au cœur de la Réserve Naturelle des Coussouls de Crau, entraînant un déversement de 4800 m<sup>3</sup> de pétrole brut sur environ 5 ha. Malgré une intervention immédiate, la pollution a rapidement atteint la nappe phréatique et une lentille de produit flottant s'est formée. La principale menace aujourd'hui vient du panache de polluants dissous dans la nappe.

Les techniques de récupération du produit flottant dans la nappe utilisées actuellement ont montré leurs limites et ne permettent pas de freiner la dissolution de pétrole et de ce fait la contamination des eaux. L'Atténuation Naturelle, dont le fort potentiel a été montré sur site, est envisagée comme solution de gestion des risques à long terme. Dans l'hypothèse où cette solution ne serait pas envisageable, une alternative est proposée : l'Atténuation Naturelle Dynamisée ou biostimulation, qui consiste à apporter à la flore indigène les nutriments et accepteurs d'électrons qui lui manquent pour permettre une dégradation efficace du pétrole. L'étude de faisabilité de biostimulation in situ sur le site des Coussouls de Crau fait l'objet de ce rapport.

L'essai pilote de biostimulation est un circuit théoriquement fermé constitué d'un puits de pompage et d'un puits d'injection, dans lequel sont réinjectées les eaux pompées. L'accepteur d'électrons injecté est le nitrate, apporté sous forme de sel (NaNO<sub>3</sub>). Il a été choisi en raison de sa solubilité très supérieure à celle de l'oxygène, de sa facilité d'apport et du fait qu'il n'est pas retenu par les sols. Un traceur conservatif, le bromure, est injecté avec le nitrate. Il va permettre de déterminer la dilution subie dans la boucle et les quantités de nitrate consommées par les micro-organismes. Du phosphate est également apporté.

Le suivi analytique a mis en évidence dans les puits de l'essai une dégradation des polluants, toutes familles confondues. La quantité de nitrate dégradée au sein de la boucle est évaluée à 190 ou 270 kg, selon les méthodes, ce qui correspond respectivement à 36 ou 50 kg d'hydrocarbures dégradés. Cela représente un taux de dégradation de 0,52 ou 0,73 kg d'hydrocarbures/jour respectivement. La réalisation d'une modélisation numérique de l'essai est prévue après l'arrêt complet des analyses. Les modalités d'une application de la biostimulation à l'échelle du site restent à définir.

**Mots-clés :** oléoduc, hydrocarbures, biostimulation, nitrate, boucle de pompage/réinjection.