

# Traitement d'un panache étendu sous un centre-ville en Italie

## ÉTUDE DE CAS

PlumeStop assure le traitement rapide d'un panache de solvants chlorés faiblement concentrés

## INTRODUCTION

Dans le cadre d'un grand projet de renouvellement des infrastructures incluant la construction d'un terminal ferroviaire souterrain pour trains à grande vitesse, un panache étendu de solvants chlorés avait été identifié.

Le suivi a été réalisé pendant plus de dix ans, sous la gare ferroviaire et ses environs, en plein centre-ville de Bologne (Italie). Une zone présentait des concentrations supérieures à 1 000  $\mu\text{g/l}$ , mais les concentrations de solvants chlorés étaient, pour la plupart, limitées (100  $\mu\text{g/l}$  ou moins) quoique persistantes, sans que soit observée une atténuation naturelle efficace.

Les polluants étaient principalement du TCE et du cis-1,2-DCE, présents dans deux aquifères aux caractéristiques géologiques différentes :

- l'aquifère superficiel, d'une épaisseur de 6 à 8 mètres, constitué de sables fins et de limons ;
- l'aquifère profond, d'une épaisseur de 2 à 4 mètres, constitué de sables plus perméables.

Cette pollution avait été considérée jusqu'alors comme pratiquement impossible à traiter, du fait des faibles concentrations, de sa localisation et de son étendue.

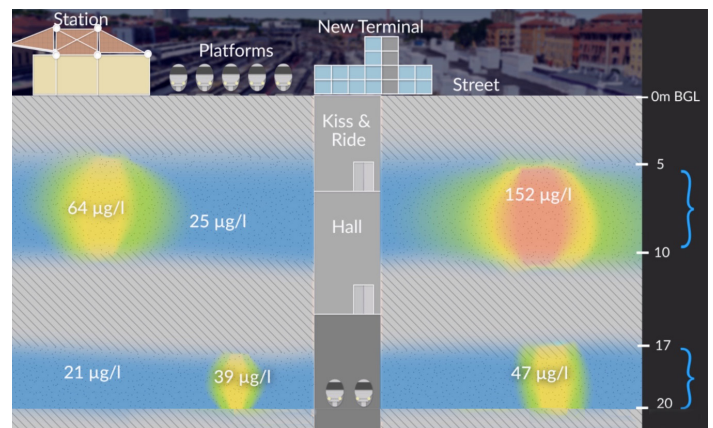


Fig. 1 (ci-dessus) : coupe transversale montrant les aquifères pollués, superficiel et profond. Fig. 2 (ci-dessous) : vue d'ensemble de la gare et du centre-ville avoisinant.



## APPROCHE DE DÉPOLLUTION

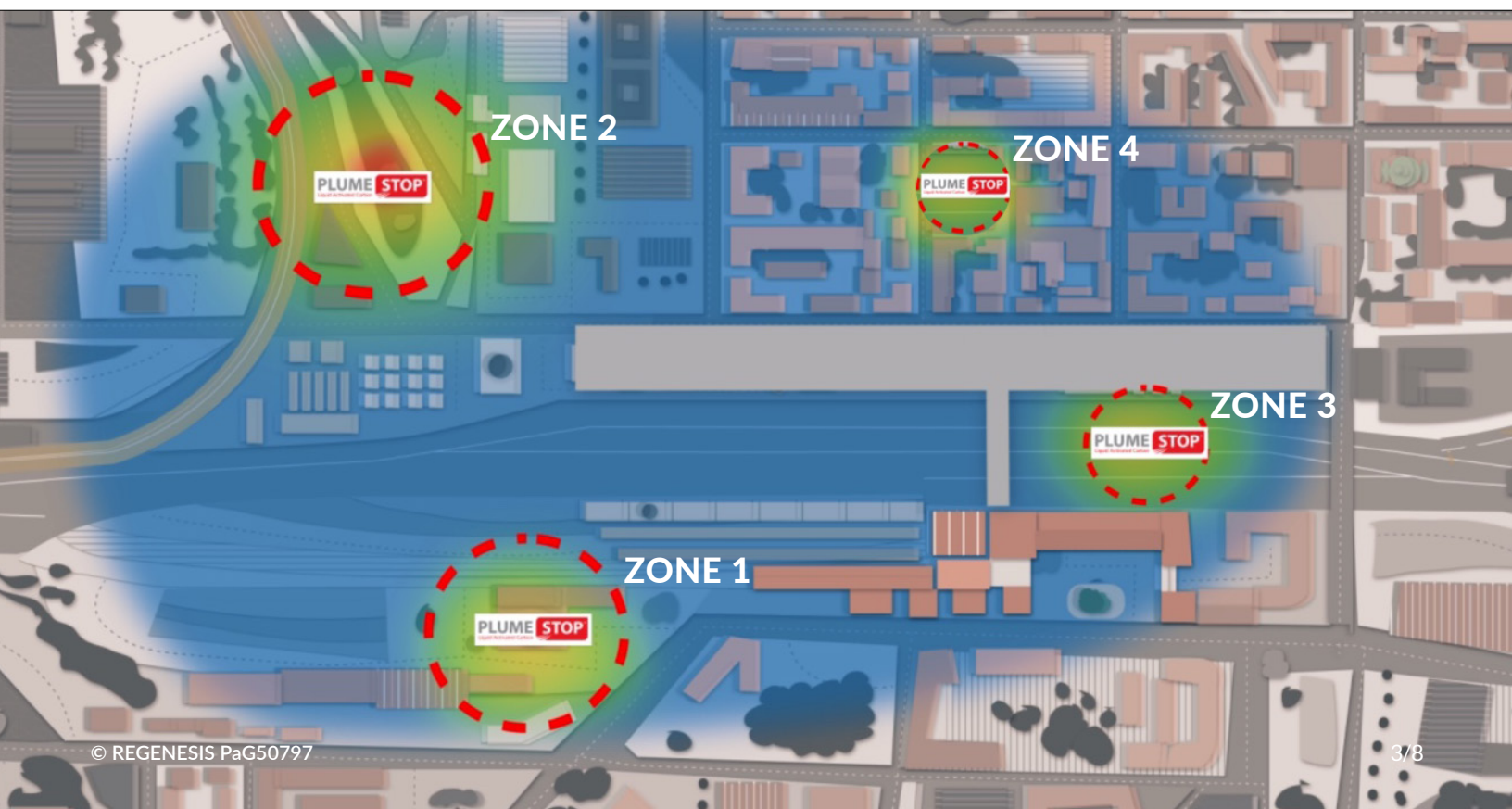


L'université de Rome « La Sapienza » avait été chargée d'évaluer les stratégies visant à dépolluer ce vaste site urbain. D'après les résultats de l'étude sur le terrain, des essais en laboratoire et des études du micro-écosystème, la déchloration réductrice était apparue comme une approche possible. Mais un traitement du site, via une dégradation biologique, était apparu irréaliste en raison de son inefficacité probable sur des concentrations de polluants aussi faibles. Cependant, avec le développement de la technologie **PlumeStop® Liquid Activated Carbon**, une autre approche du traitement est devenue possible.

PlumeStop permet un traitement efficace des panaches étendus, faiblement concentrés, grâce à son action **combinant adsorption in situ et biostimulation**. Cette technologie assure un traitement durable jusqu'à de très faibles concentrations, après une seule injection en subsurface. Cette solution ne nécessitant aucune installation mécanique et réduisant les interventions au minimum était idéale pour un tel site accueillant une gare ferroviaire très fréquentée, un quartier résidentiel, et des travaux de réaménagement.

L'objectif sur ce site était de traiter tous les « hot spots » accessibles présents dans le panache, la première zone servant à l'essai pilote, pour confirmer les doses et la distribution des injections.

Fig. 3 (ci-dessous) : localisation des traitements à échelle réelle ciblant les 4 « hot spots » dans le panache étendu et faiblement concentré.



## TRAITEMENT

Pour l'**essai pilote**, REGENESIS a aménagé 6 puits d'injection multi-niveaux et appliqué des doses spécifiques de PlumeStop aux profondeurs ciblées. Dans le cadre de cet essai pilote, les travaux sur site ont été achevés en 3 semaines ; ils incluaient la réalisation d'une série de tests visant à confirmer l'efficacité du traitement et à affiner la conception en vue d'une mise en œuvre à échelle réelle.

Le **traitement à échelle réelle** a consisté en une injection dans les quatre zones de « hot spots » identifiées (voir figure 3, page précédente). En zones 1 et 2, des puits d'injection multi-niveaux ont été utilisés, tandis que dans les zones d'accès restreint – zone 3 (gare ferroviaire) et zone 4 (secteur résidentiel) – il a été procédé à une injection « direct push ». Dans chaque zone, une seule injection de PlumeStop a été pratiquée lorsque l'accès était permis ; ainsi, en raison des grands travaux d'infrastructure en cours, le traitement à échelle réelle s'est déroulé sur une période de deux ans.

Dans toutes les zones de traitement, PlumeStop a été co-injecté avec **HRC®** et **HRC Primer®**, des composés électrodonneurs de REGENESIS, pour assurer une biostimulation et favoriser la biorégénération in situ en continu des sites d'adsorption de la barrière de charbon actif.



Fig. 4 : analyse du sol en phase d'essai pilote

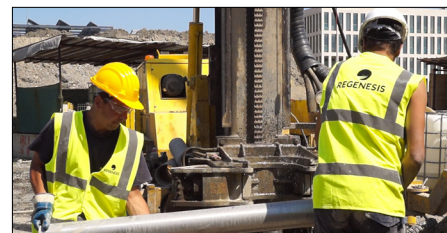


Fig. 5 : forage des puits avant injection en zone 2



Fig. 6 : injection de PlumeStop depuis le quai de la gare ferroviaire, en zone 3.

Fig. 7 (ci-dessous) : injections « direct push » depuis la voirie, en zone 4



## RÉSULTATS

Un suivi à long terme, jusqu'à 5 ans après l'injection, a été réalisé dans toutes les zones de traitement. Les résultats ont montré une diminution rapide des concentrations de solvants chlorés, tant des composés parents (PCE, TCE) que des produits de filiation (DCE, CV). Les concentrations de tous les composés chlorés ont diminué en l'espace de quelques mois, la majorité des puits de surveillance présentant des valeurs conformes aux strictes normes réglementaires (« CSC ») voire, dans bien des cas, sous le seuil de détection.

S'agissant des résultats de surveillance de la nappe, les concentrations de produits de filiation – cis-1,2-DCE et CV – révèlent une tendance décroissante dès le début du traitement, plutôt qu'une hausse séquentielle, puis une décroissance, comme on pouvait s'y attendre dans une approche classique de déchloration réductrice anaérobie. Ceci est dû à une déchloration réductrice totale se produisant en surface de la biomatrice de PlumeStop, et non dans la nappe elle-même.

Le suivi sur plusieurs années a démontré que **les faibles concentrations s'étaient maintenues dans le temps, sans aucun rebond**. Ceci est dû à la régénération en continu des sites d'adsorption sur le charbon actif, assurée par la biostimulation (durant la période de libération de l'hydrogène du composé HRC), puis entretenue sous l'effet de la biodégradation naturelle, grâce aux donneurs d'électrons naturellement présents.

La période de suivi est arrivée à son terme pour trois de ces zones désormais **certifiées conformes et fermées**. En zone 1, une pollution supplémentaire a été observée, semblant migrer depuis l'amont de la gare. L'application de S-MicroZVI, une suspension colloïdale de fer zéro-valent sulfuré, a été réalisée dans le but d'assurer une réduction chimique in situ (ISCR) de cette contamination, qui agira en combinaison avec l'adsorption et la dégradation biologique en cours.

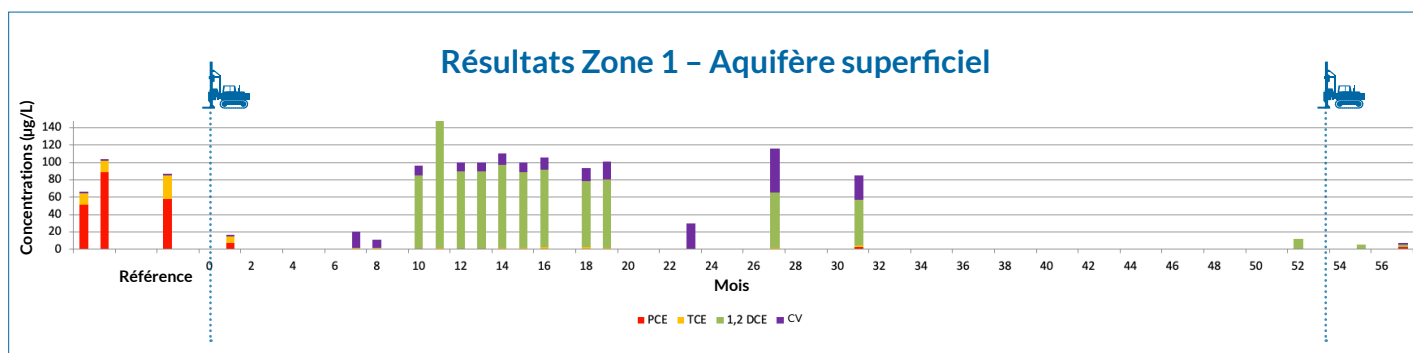


Fig. 8 : concentrations moyennes de HCC en zone 1 en fonction du temps, avant et après dépollution (traitement de l'aquifère superficiel). La zone a reçu un traitement supplémentaire par ISCR afin de gérer la pollution issue de l'amont.

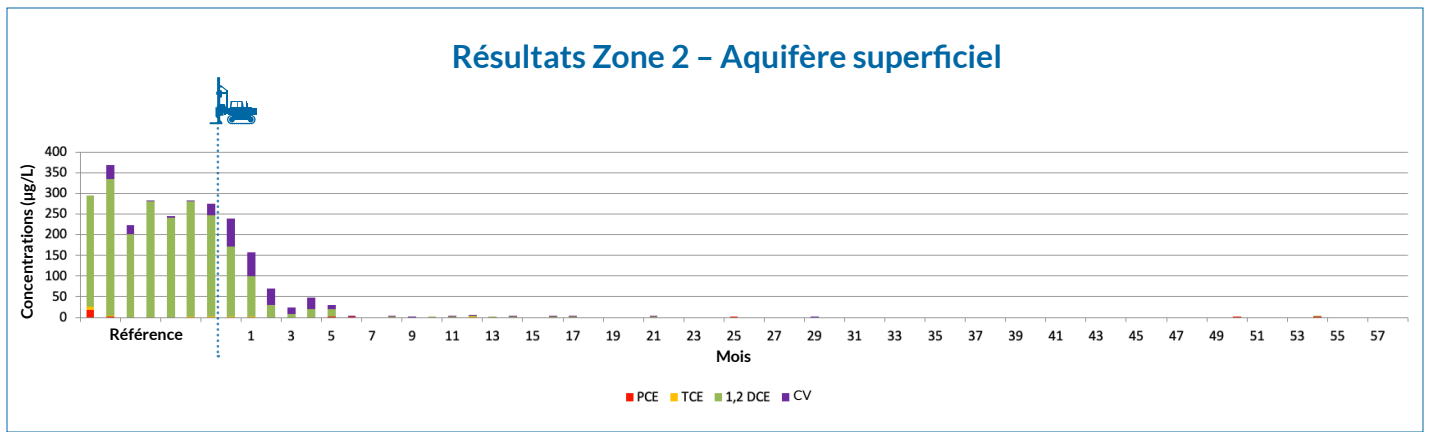


Fig. 9 : concentrations moyennes de HCC en zone 2 en fonction du temps, avant et après dépollution (traitement de l'aquifère superficiel).

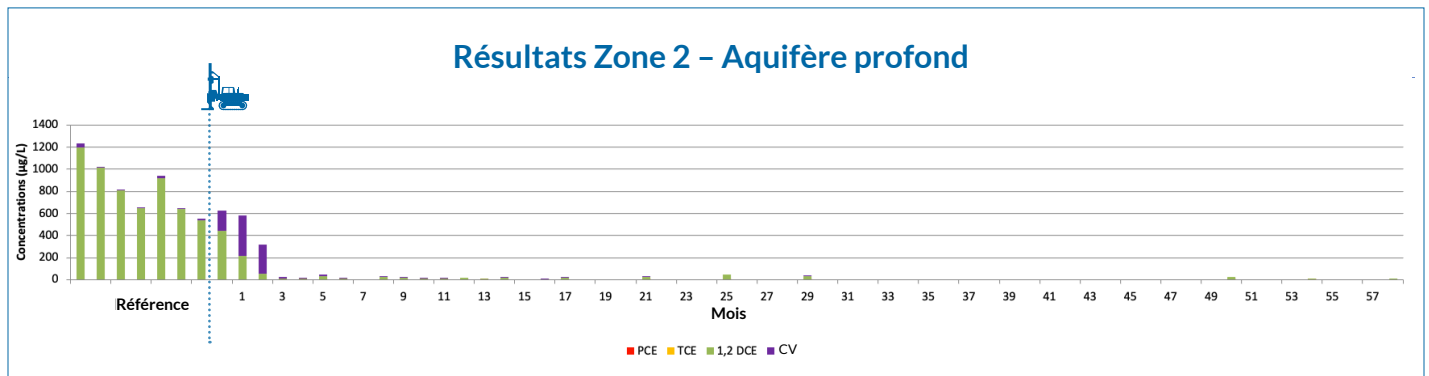


Fig. 10 : concentrations moyennes de HCC en zone 2 en fonction du temps, avant et après dépollution (traitement de l'aquifère profond).

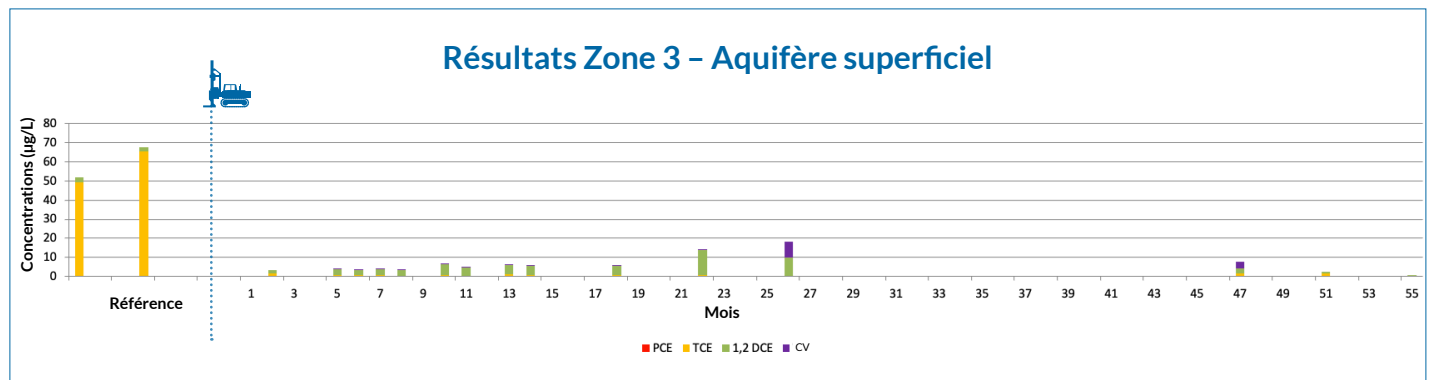


Fig. 11 : concentrations moyennes de HCC en zone 3 en fonction du temps, avant et après dépollution (traitement de l'aquifère superficiel).

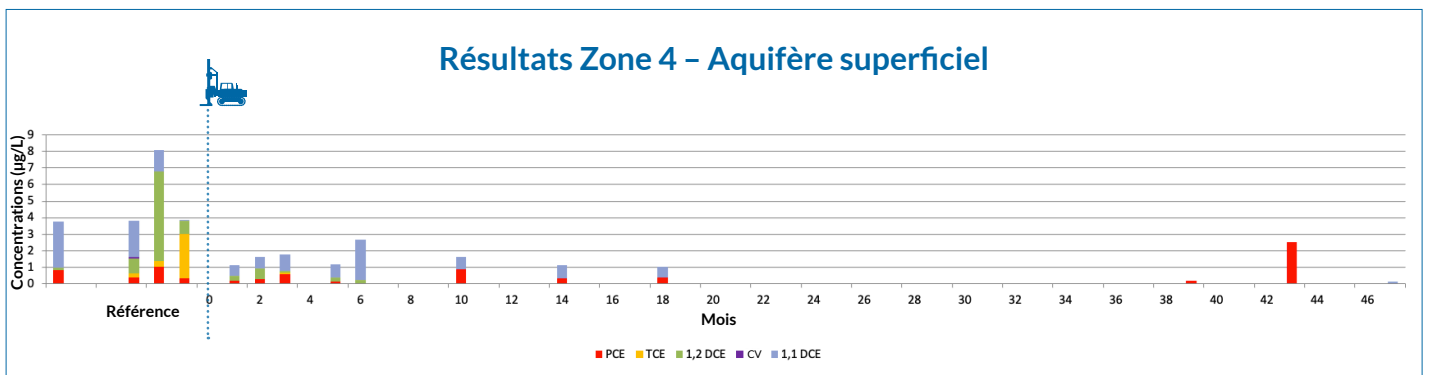


Fig. 12 : concentrations moyennes de HCC en zone 4 en fonction du temps, avant et après dépollution (traitement de l'aquifère superficiel). Le polluant visé dans cette zone était le 1,2-dichloroéthylène.

## CONCLUSIONS

La combinaison de l'adsorption in situ et de la dégradation biologique s'est avérée une solution efficace pour gérer un panache étendu, assurant des résultats rapides et stables sans accumulation de produits de filiation. Les principaux aspects du traitement sont les suivants :

- La dépollution a été réalisée avec succès, simultanément dans deux aquifères de type poreux, en réduisant au minimum les perturbations pour le centre-ville, la gare ferroviaire et les grands travaux d'infrastructures.
- PlumeStop Liquid Activated Carbon s'est avéré une technologie in situ au potentiel inégalé ; capable d'éliminer rapidement les polluants présents dans la nappe et de les dégrader en quelques mois.
- Le site avait été considéré jusqu'alors comme impossible à traiter, du fait des faibles concentrations initiales, des stricts objectifs de dépollution, de l'étendue du panache et de sa localisation sous un centre-ville. PlumeStop a permis un traitement simple et économique.
- Grâce à la capacité de la biomatrice à s'auto-régénérer, il n'est pas nécessaire de procéder à une nouvelle application ; le traitement se poursuit, comme en atteste le suivi à long terme sur le site.

**« La possibilité d'utiliser PlumeStop a été déterminante dans l'élaboration d'une stratégie efficace pour la gestion de ce site.**

**La collaboration fructueuse, étape par étape, entre tous les partenaires universitaires et industriels a permis une dépollution rigoureuse dans le cadre de la toute première application de PlumeStop en Europe, à l'époque. »**



**COORDINATEUR DU PROJET**

Professeur M. Petrangeli Papini  
Université de Rome « La Sapienza »



## À PROPOS DU COORDINATEUR DU PROJET

Professeur Petrangeli Papini – Université de Rome « La Sapienza »

Diplômé avec les félicitations du jury en chimie industrielle, en 1990, et docteur en sciences chimiques depuis 1994, Petrangeli Papini est professeur titulaire au département de chimie de l'université de Rome « La Sapienza ». Il mène des activités de recherche liées à l'étude et au développement de procédés et technologies pour la dépollution des sols et des aquifères. À ce titre, il est l'auteur de plus de 70 publications scientifiques dans des revues et ouvrages internationaux et de plus de 80 communications lors de conférences nationales/internationales. Il est également codétenteur de 5 brevets portant sur l'épuration de l'eau et la réhabilitation de site pollués.

Depuis 2010, il est directeur du programme de master « caractérisation et techniques de réhabilitation des sites pollués » à l'Université de Rome « La Sapienza ». De février 2010 à décembre 2015, il a été membre du secrétariat technique du ministère de l'Environnement, en qualité d'expert en dépollution des sites d'intérêt national, et il a participé au groupe de travail pour la réorganisation et la codification de la réglementation environnementale et pour la révision des annexes de la partie IV, titre V, du décret législatif 152/2006.

Le professeur Marco Petrangeli Papini est intervenu, et continue d'intervenir, en tant que coordinateur de nombreux projets et groupes de recherche nationaux et internationaux pour la dépollution de sites au moyen de procédés chimiques, physiques et biologiques innovants.



### CONTACT

europa@regenesi.com  
+44 (0)1225 61 81 61

WWW.REGENESIS.COM

