

IL BIORISANAMENTO DI SUOLI CONTAMINATI DA IDROCARBURI

IL PROGETTO LIFE BIOREST STUDIA L'EFFETTO SINERGICO DI FUNGHI E BATTERI NELLA DEGRADAZIONE DEGLI IDROCARBURI PER LA BONIFICA DI SUOLI INQUINATI. LE ATTIVITÀ SI CONCENTRANO NEL SIN EX CARBOCHIMICA DI FIDENZA E, ANCHE ATTRAVERSO UNO STUDIO LCA, PUNTANO A VALUTARE L'EFFICACIA DELLE ATTIVITÀ DI BIORISANAMENTO.

La contaminazione chimica del suolo è ancora un problema in larga parte irrisolto a livello globale, europeo e regionale. I dati europei mostrano come vi siano circa 5,7 siti contaminati ogni 10.000 abitanti; numero che sale a 42 se si considerano anche i siti potenzialmente contaminati. Le statistiche aggiornate al 2014 stimano in 340.000 il numero di siti che devono essere bonificati in Europa: di questi solo il 15% è stato bonificato o è in corso di bonifica (Van Liedekerke et al., 2014). I metalli pesanti rappresentano la principale forma di contaminazione, con il 35% dei siti interessati; seguono gli idrocarburi lineari (24%), gli idrocarburi policiclici aromatici (Ipa, 11%), i Btex (benzene-toluene-etilbenzene-xylene, 10%) e i cloroidrocarburi (8%). Queste ultime quattro categorie formano nel loro insieme la classe degli idrocarburi, e la loro sommatoria porta al 53% del totale dei siti contaminati in Europa. La situazione in Italia e in Emilia-Romagna riflette i dati europei, con gli idrocarburi che rappresentano la principale tipologia di contaminanti del suolo.

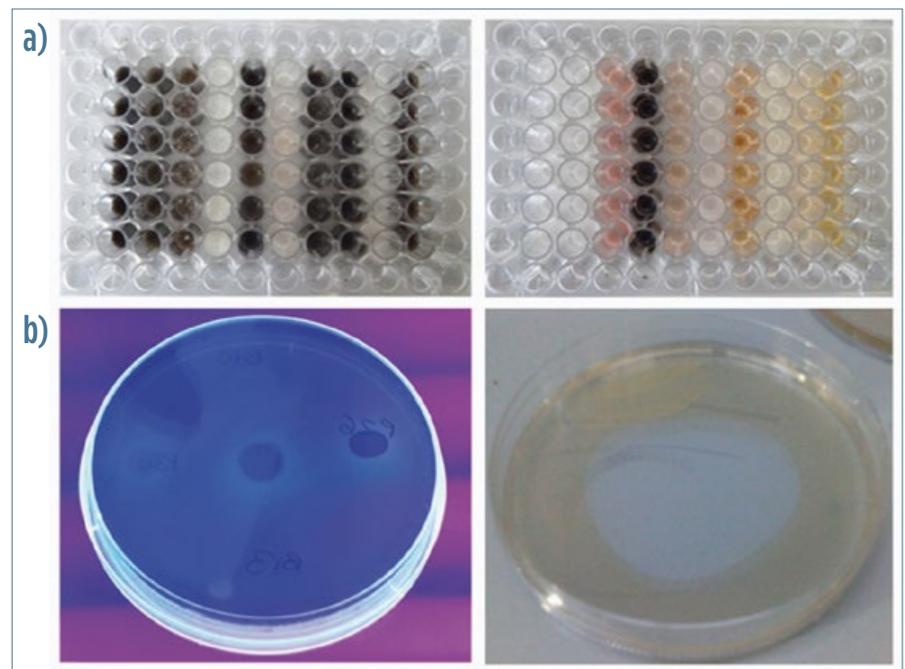
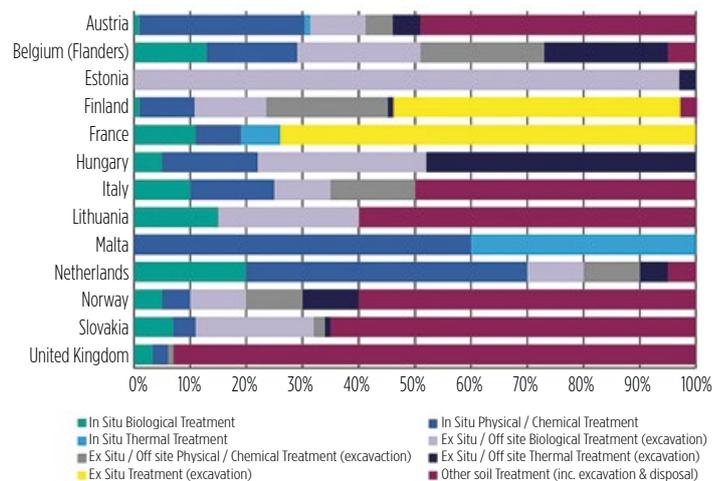
Rispetto a metalli pesanti, gli idrocarburi presentano l'innegabile vantaggio che possono essere degradati a molecole strutturalmente più semplici: nelle migliori delle ipotesi si può arrivare alla completa mineralizzazione degli inquinanti; in caso contrario è importante verificare che la scomparsa degli inquinanti non sia associata alla formazione di intermedi metabolici a tossicità anche maggiore. Il termine biorisanamento indica l'utilizzo di microrganismi o piante per rimuovere o immobilizzare i contaminanti abbassando la tossicità del sistema.

Nello specifico si distingue tra *biostimolazione*, quando elementi nutritivi (principalmente N e P) vengono aggiunti al suolo per ripristinare rapporti ottimali per la crescita e l'attività dei microrganismi, e *bioaugmentazione*, quando ceppi selezionati con spiccate capacità degradative vengono aggiunti al suolo da bonificare.

FIG. 1
BIOREMEDIATION

Tecniche di bonifica applicate nei principali paesi europei, suddivisione percentuale.

Fonte: pubblicata in Van Liedekerke et al. (2014).



1

Negli ultimi decenni l'efficacia e la convenienza economica del biorisanamento sono stati ampiamente dimostrati (Azubuile et al., 2016). Ciononostante, la diffusione di questa tecnica a livello europeo e nazionale è ancora limitata: il trattamento biologico *in situ* è applicato in meno del 20% dei casi e

con percentuali differenti nei paesi europei (Van Liedekerke et al., 2014, figura 1). Vi è quindi un'importante lacuna tra l'avanzamento scientifico raggiunto negli ultimi decenni in tema di biorisanamento e l'applicazione di questa tecnica. Per tale motivo la comunità europea ha finanziato il progetto Life Biorest - *Bioremediation*

and revegetation to restore the public use of contaminated land (www.lifebioest.com), con l'obiettivo di dimostrare i vantaggi di un protocollo di bonifica basato sull'applicazione di batteri, funghi e piante opportunamente selezionati. La storica separazione della ricerca microbiologica tra batteriologi e micologi ha spesso portato allo studio dissociato di questi due gruppi di organismi che invece in natura coesistono e interagiscono con importanti implicazioni a livello ecologico, clinico ed economico (Frey-klett et al., 2011). In natura funghi, batteri (e piante) spesso formano consorzi interdipendenti fisicamente e metabolicamente con proprietà distinte da quelle dei singoli componenti. Grazie alla complementarietà dei differenti gruppi di ricerca, il progetto Life-Bioest mira a valorizzare gli effetti sinergici tra questi differenti gruppi di organismi. Nel dettaglio, le attività del progetto sono concentrate sul sito di interesse nazionale (Sin) ex Carbochimica di Fidenza, un'area di oltre 80.000 m² a ridosso della città con una vasta e complessa contaminazione principalmente da idrocarburi. Nel Sin è già in corso un'estesa attività di bonifica con biopile addizionate di nutrienti (biostimolazione), finalizzata al raggiungimento dei limiti tabellari B del decreto legislativo 152/2006, ovvero quelli per uso commerciale ed industriale. La sfida di Life Bioest è dimostrare come l'utilizzo nei biopile di un consorzio di funghi e batteri autoctoni selezionati per le spiccate capacità degradative nei confronti di differenti inquinanti, seguito da una fase di rivegetazione in cui le piante selezionate continuano a supportare l'attività di biotrasformazione del consorzio microbico, possa portare a un abbattimento degli inquinanti tale da rientrare in tabella A (siti a uso verde pubblico, privato e residenziale). Grazie al supporto del Comune di Fidenza, sarà inoltre possibile comparare l'efficacia e la sostenibilità dei processi con e senza l'aggiunta degli organismi attuando il *Life cycle assessment* (Lca) dei processi. Le attività del progetto sono iniziate nel luglio 2016, e proseguiranno sino all'estate del 2019. Nel primo anno di attività dal suolo di Fidenza sono stati isolati e identificati centinaia di specie di funghi e batteri riconducibili

1 a) Funghi e batteri cresciuti sui differenti inquinanti durante lo screening miniaturizzato delle loro capacità degradative; b) screening di ceppi per la produzione di biosurfattanti.

2 Funghi accresciuti su lolla di riso per l'allestimento di micro- e mesocosmi.



2

a numerosi generi e specie in grado di utilizzare come unica fonte di carbonio i contaminanti più rappresentativi del Sin di Fidenza: naftalene, fenantrene, pirene, eptadecano, olio di paraffina, benzene e petrolio. Attraverso la messa a punto di un innovativo sistema di *screening* miniaturizzato sono stati selezionati i ceppi più performanti in termini di biodegradazione degli inquinanti (foto 1a), produzione di biosurfattanti (foto 1b) e di enzimi redox. Sono stati selezionati una trentina di ceppi di funghi e batteri per i quali, anche grazie alla partecipazione di un partner industriale (Actygea srl) è stata ottimizzata la produzione industriale di inoculo e la modalità di introduzione nel suolo contaminato (foto 2). I ceppi di funghi e batteri sono stati analizzati singolarmente e in differenti combinazioni (consorzi) per verificare la capacità di abbattere la concentrazione dei differenti inquinanti nell'arco di due mesi attraverso l'allestimento di microcosmi contenenti alcune centinaia di grammi del suolo contaminato. I 6 consorzi di funghi e batteri più promettenti sono stati utilizzati per allestire una serie di mesocosmi di 15 kg di suolo: nel corso della prova attualmente in corso, è monitorata la capacità di rimuovere gli inquinanti e ridurre la tossicità del suolo. Il miglior consorzio microbico sarà applicato in una



biopila nel sito di Fidenza per trattare circa 350 m³ di suolo contaminato. Il suolo dei mesocosmi viene anche utilizzato per selezionare tra i genotipi di 20 specie di piante quelle più adatte alla rivegetazione del suolo bonificato nella biopila, creando un'area dimostrativa accessibile al pubblico. Al termine del progetto, l'efficacia della bonifica sarà valutata non solo dal punto di vista chimico, ma anche ecotossicologico e microbiologico, per verificare il ripristino delle funzioni ecologiche e biologiche alla base della sua fertilità. Inoltre, attraverso l'analisi Lca verrà valutata la sostenibilità economica e ambientale dell'intero processo, paragonandolo a quelli più tradizionali. Infine, per diffondere l'uso delle buone pratiche di biorisanamento attraverso esempi dimostrativi, la stessa metodologia verrà replicata anche su campioni di suolo messi a disposizione dai partner francesi e spagnoli del progetto.

Edoardo Puglisi¹, Federica Spina²,
Giulia Spini¹, Giovanna Cristina Varese²

1. Dipartimento di Scienze e tecnologie alimentari per la sostenibilità della filiera agro-alimentari, Facoltà di Scienze agrarie, alimentari e ambientali, Università Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza

2. Dipartimento di Scienze della vita e biologia dei sistemi, Università degli studi di Torino

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Arpa Emilia-Romagna, *Catasto dei siti contaminati*, report 2015.

Azubuike C.C., Chikere C.B., Okpokwasili G.C., 2016, "Bioremediation techniques-classification based on site of application: principles, advantages, limitations and prospects", *World J Microbial Biotechnol*, 2016; 32(11): 180.

Frey-Klett P., Burlinson P., Deveau A., Barret M., Tarkka M., Sarniguet A., 2011, "Bacterial-Fungal Interactions: Hyphens between Agricultural, Clinical, Environmental, and Food Microbiologists", *Microbial Mol Biol Rev*, 2011; 75(4): 583-609.

Van Liedekerke M., Prokop G., Rabl-Berger S., Kibblewhite M., Lowagie G., *Progress in the Management of Contaminated Sites in Europe*, EUR 26376 2014.