

EFFETTI DELLA CONTAMINAZIONE SUGLI ECOSISTEMI NATURALI E ATTIVITÀ DELLA SOCIETY OF ENVIRONMENTAL TOXICOLOGY AND CHEMISTRY IN ITALIA

Paola Grenni, Anna Barra Caracciolo

Istituto di Ricerca sulle Acque – Consiglio Nazionale delle Ricerche e SETAC Italian Language Branch, Roma

Introduzione

Il riconoscimento dell'importanza degli ecosistemi naturali e delle loro molteplici funzioni che generano diversi beni e servizi per la popolazione umana ha, negli ultimi anni, ottenuto un crescente consenso, anche al fine di integrare tali informazioni nelle decisioni per la gestione delle risorse naturali e nella pianificazione del territorio. I servizi e i beni ecosistemici sono riconducibili a quattro principali categorie funzionali quali regolazione, produzione, habitat e informazione (Battaglia & Barra Caracciolo, 2012). Sebbene la maggior parte della ricerca sulla biodiversità e sulla conservazione degli ecosistemi rivolge l'attenzione verso i grandi organismi eucarioti, è importante riconoscere che molti servizi ecosistemici insostituibili sono forniti dalle comunità microbiche naturali. Le popolazioni microbiche, e in particolare i batteri naturalmente presenti in tutti gli ambienti, grazie alla loro abbondanza e diffusione, al rapido tasso di crescita e alla loro versatilità funzionale, hanno grandi capacità omeostatiche nei confronti dei disturbi ambientali e in particolare della presenza di contaminanti. Infatti, i microrganismi hanno un ruolo chiave non solo nella decomposizione della sostanza organica e riciclo dei nutrienti, ma anche nella rimozione dei contaminanti organici dagli ecosistemi e sono gli unici organismi in grado di effettuare la loro completa mineralizzazione. Il mantenimento della qualità dell'acqua e del suolo attraverso il riciclo dei nutrienti, la biodegradazione e rimozione dei contaminanti è, dunque, riconosciuto come un servizio ecosistemico essenziale di regolazione, fornito principalmente dalle comunità microbiche naturali.

Gli ecosistemi sono, dunque, soggetti a contaminazione multipla sia di tipo diffuso che cronico. Alcuni contaminanti sono normati e vengono monitorati (es. pesticidi, policlorobifenili, idrocarburi policiclici aromatici, ecc.), ma per altri (sostanze emergenti), seppur ne è stata riconosciuta la presenza diffusa nell'ambiente, non sono ancora state stabilite le concentrazioni di effetto e i limiti di concentrazione. Un esempio sono i farmaci, molecole altamente reattive anche a basse concentrazioni, la cui presenza può costituire un rischio per la salute dell'uomo e degli ecosistemi per i loro possibili effetti sub-letali.

Gli ecosistemi possono rispondere alla contaminazione attraverso le capacità omeostatiche delle comunità microbiche naturali che possono rimuovere le molecole tossiche attraverso processi metabolici e co-metabolici biodegradativi.

Gli effetti della contaminazione sulle comunità microbiche naturali possono essere essenzialmente di due tipi:

- effetto negativo diretto con la scomparsa/inibizione di alcune popolazioni microbiche (taxa sensibili) che forniscono funzioni ecosistemiche essenziali (es. riciclo dei nutrienti, decomposizione sostanza organica, produzione nel caso degli organismi autotrofi) con conseguente perdita di servizi ecosistemici;

- un contaminante può agire come forza selettiva su popolazioni batteriche (taxa indicatori di recupero) che si adattano al contaminante e, in alcuni casi, attraverso il metabolismo o il co-metabolismo, lo rimuovono. Questa capacità riflette la funzione omeostatica delle comunità microbiche naturali e la loro attività di Regolazione della qualità ecosistemica.

La presenza di tali taxa può dunque essere considerata indicatrice di recupero, fornendo uno strumento di indagine utile a supportare i controlli analitici di routine. Il biorecupero dalla contaminazione è possibile, comunque, nei limiti in cui la tossicità del contaminante non comprometta l'attività microbica (Artigas *et al.*, 2012).

In ultima analisi, dunque, lo studio delle comunità microbiche naturali permette di definire lo stato di qualità, la capacità potenziale di recupero naturale di un ecosistema e gli effetti della contaminazione multipla.

Capacità di recupero di suoli e acque contaminate mediante microcosmi/mesocosmi in condizioni sito-specifiche

Il destino di un contaminante nel suolo o nell'acqua dipende dalle sue proprietà fisico-chimiche intrinseche (es. solubilità in acqua, lipofilia, pressione di vapore), da diversi fattori ambientali sito-specifici (PH, nutrienti, carbonio organico, ecc.), comprese anche le condizioni climatiche locali, ma soprattutto dalla presenza di microrganismi che possiedono la capacità di biodegradarlo. La presenza di una comunità microbica naturale è infatti un prerequisito necessario per una risposta efficace alla presenza di diverse sostanze chimiche che possono contaminare un ecosistema per la loro degradazione.

La stima della degradazione biotica e abiotica, nonché la valutazione degli effetti dei contaminanti sulle comunità microbiche, può essere valutata attraverso l'approccio ecologico dello studio in microcosmi o mesocosmi. Essi sono ecosistemi modello in cui una porzione dell'ambiente naturale viene circoscritta e studiata; contengono campioni ambientali indisturbati (terreno, di acqua o di sedimento) in cui le comunità microbiche naturali vengono mantenute in condizioni controllate (es. temperatura, umidità), ma che rispecchiano quelle naturali (Barra Caracciolo *et al.*, 2013). L'utilizzo di microcosmi e mesocosmi mira a risolvere i problemi della variabilità e della riproducibilità, e offre un elevato livello di precisione per studiare la degradazione di un contaminante e i suoi effetti su alcune funzioni dell'ecosistema. Nello specifico, ad esempio, vengono confrontate la concentrazione residuale del composto parentale nei microcosmi microbiologicamente attivi con quella di quelli sterilizzati (Figura 1). Viene, inoltre, calcolato il tempo di scomparsa del 50% della concentrazione iniziale del composto parentale (*Degradation half-life Time*, DT_{50}), dando una stima della persistenza del composto studiato; se la degradazione nei microcosmi sterilizzati non avviene o è limitata, viene dimostrato il ruolo fondamentale della comunità microbica nella trasformazione del contaminante stesso. Al fine di valutare se la presenza del contaminante ha degli effetti (es. incremento/decremento di alcuni gruppi rispetto ad altri) sulle popolazioni microbiche naturali, viene studiata l'abbondanza microbica e la composizione dei principali gruppi filogenetici presenti (biodiversità) nei microcosmi trattati e confrontata con quella di microcosmi di controllo non trattati (controlli microbiologici).

Sono stati effettuati numerosi esperimenti di laboratorio di biodegradazione con diversi xenobiotici, da soli o in co-presenza con altri contaminanti (es. un fertilizzante) e/o ammendanti organici (es. residui di legno) per valutare se la biodegradazione poteva essere influenzata dalla loro presenza. Tra i contaminanti studiati vi sono sia quelli già compresi nella normativa (es.

insetticidi carbammati: aldicarb, carbofuran; erbicidi triazinici: atrazina, terbutilazina, simazina; erbicidi fenilureici: diuron, linuron, metolachlor), che emergenti (antivirale tamiflu, antinfiammatorio non steroideo naprossene, regolatore lipidico gemfibrozil, antibiotici sulfametossazolo e ciprofloxacina), nonché composti organici persistenti (policlorobifenili, PCB; Diclorodifenildicloroetilene, DDE).

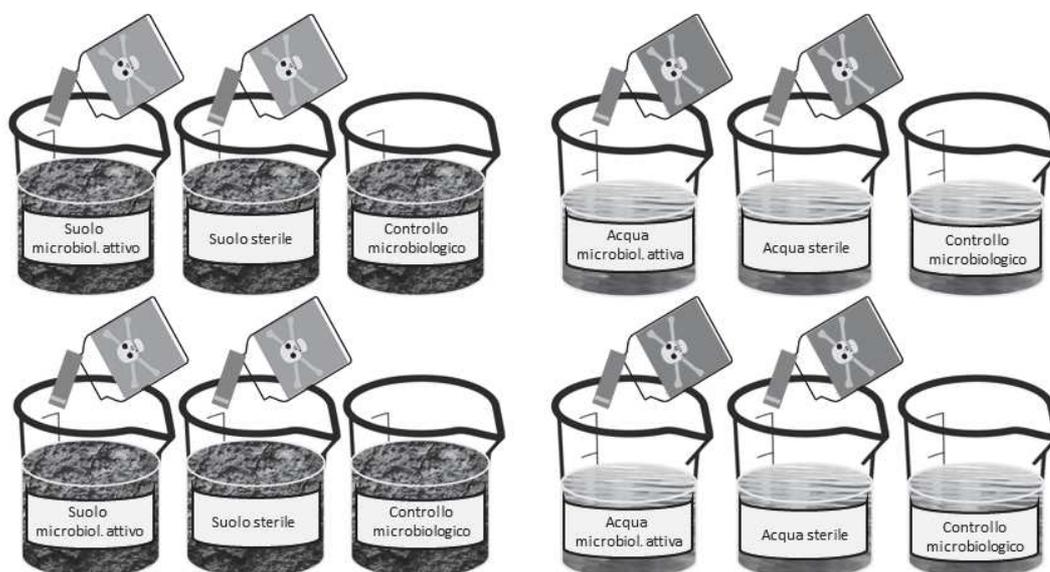


Figura 1. Esempio schematico di sperimentazione in microcosmi di suolo e acqua.

I principali risultati di diversi esperimenti in microcosmo relativi allo studio della biodegradazione di pesticidi con i rispettivi valori di DT_{50} (tempo di degradazione della concentrazione iniziale del composto studiato) e abbondanza microbica sono riportati in Barra Caracciolo *et al.*, 2013. I principali risultati, invece, relativi allo studio della biodegradazione di composti emergenti (farmaci e antibiotici), con i rispettivi valori di DT_{50} e abbondanza microbica sono riportati in diverse recenti pubblicazioni (es. Accinelli *et al.*, 2007; Grenni *et al.*, 2014, 2018; Patrolecco *et al.*, 2018; Barra Caracciolo *et al.*, 2018).

A parità di concentrazioni applicate, le condizioni abiotiche (presenza ad esempio di luce UV, co-presenza di altri contaminanti), ma soprattutto quelle biotiche (presenza/assenza della comunità microbica naturale e sua abbondanza) influenzano i tassi degradativi delle sostanze studiate. Infatti, nei tempi sperimentali considerati, la persistenza delle molecole è risultata sempre maggiore in assenza della comunità microbica naturale.

In tutti gli studi finora effettuati (Barra Caracciolo *et al.*, 2005a; Barra Caracciolo *et al.*, 2005b; Grenni *et al.*, 2012), dunque, è stato dimostrato il ruolo fondamentale delle comunità microbiche nella degradazione di tutte le sostanze chimiche studiate ed è stata stabilita una relazione tra la degradazione e il ruolo delle comunità microbiche naturali, dimostrando anche l'ideoneità dell'approccio della sperimentazione in microcosmo per riprodurre in laboratorio scenari di esposizione ambientali realistici. Attraverso tecniche molecolari, è anche stato dimostrato l'incremento di alcune popolazioni microbiche associabili alla degradazione di alcuni contaminanti (vedi ad esempio Barra Caracciolo *et al.*, 2013; 2018; Grenni *et al.*, 2009a e 2009b; 2013; 2014; 2018a; Volpe *et al.*, 2017; Ancona *et al.*, 2017; Maturro *et al.*, 2016; Patrolecco *et al.*, 2018; Di Lenola *et al.*, 2018); in alcuni casi sono state isolate specie batteriche responsabili

della biodegradazione al fine di un loro possibile utilizzo interventi di biorimedio (Martín *et al.*, 2008; Barra Caracciolo *et al.*, 2010; Grenni *et al.*, 2009b). Infine, è stata evidenziata un'influenza sui tassi di degradazione dovuto alla co-presenza di più contaminanti o a fattori ambientali sito-specifici.

Un particolare rilievo hanno attualmente le problematiche legate alla contaminazione ambientale da antibiotici (Grenni *et al.*, 2018b); questi ultimi, infatti, essendo volti all'eliminazione dei batteri, anche in quantità molto basse, possono avere effetti negativi anche sulle comunità microbiche naturali delle acque e del terreno, coinvolte nel mantenimento della qualità ambientale (Patrolecco *et al.*, 2018).

Lo studio dei microrganismi e la possibilità di sfruttare le loro capacità naturali di recupero è alla base delle strategie di biorimedio. Quando viene effettuato in presenza di una o più piante si parla di biorimedio fitoassistito, di fitorimedio bioassistito o pianta assistito. Tale tecnologia sfrutta l'azione sinergica che si instaura nella rizosfera tra apparato radicale delle piante e microrganismi (batteri e funghi) per rimuovere, trasformare o contenere sostanze tossiche presenti nei suoli, sedimenti, acque.

Nel caso dei contaminanti organici persistenti (PCB, DDE) il biorimedio fitoassistito è stato testato sia in microcosmi che in esperimenti in campo; in quest'ultimo caso il biorimedio fitoassistito si è dimostrato efficace nel rimuovere i PCB e migliorare la qualità del suolo attraverso l'utilizzo della specie vegetale *Medicago sativa* (Di Lenola *et al.*, 2018), e della specie arborea *Populus* in un'area sperimentale multi-contaminata sia da metalli pesanti che PCB (Ancona *et al.*, 2014; 2017; 2019; Barra Carracciolo, 2018c). Questa attività è stata svolta collaborazione con la sede di Bari dell'Istituto di Ricerca Sulle Acque - Consiglio Nazionale delle Ricerche (IRSA-CNR).

Effetti ecotossicologici dei contaminanti in matrici ambientali: il caso delle terre e rocce da scavo

Per effettuare lo scavo meccanizzato di gallerie con la cosiddetta TBM-EPB (*Tunnel Boring Machine, Earth Pressure Balance*), il terreno deve essere condizionato con prodotti commerciali lubrificanti. Si tratta di additivi schiumogeni e polimeri scelti in funzione delle caratteristiche specifiche dei terreni da scavare. Il loro utilizzo permette sia il sostegno del fronte di avanzamento dello scavo, sia un trasporto agevole e idoneo del terreno scavato (terre e rocce da scavo) attraverso la coclea e il nastro trasportatore fino al sito di deposito temporaneo.

Sebbene le terre e rocce da scavo rientrino nel tema delle bonifiche e dei rifiuti del Codice dell'ambiente (DL.vo 152/2006), la gestione delle terre e rocce da scavo attualmente non è ancora chiara, nonostante la normativa sia stata oggetto di modifiche legislative (Legge 71/2013 di conversione con modifiche del DL 43/2013 cd. "Expo 2015"; DL 69/2013 cd. "decreto del fare"; DM 161/2012) e sia uscito nel 2017 il nuovo decreto riguardante la gestione delle terre e rocce da scavo (DPR 120/2017).

Tuttavia la normativa ambientale non riporta i limiti tabellari (Concentrazioni Soglia di Contaminazione, CSC) da rispettare per tutte le sostanze potenzialmente presenti nei terreni scavati al fine di classificarli come sottoprodotto* e poterli così riutilizzare, ad esempio, come

* Si deve considerare che le terre e rocce da scavo, per poter essere utilizzate come sottoprodotto (con un notevole vantaggio per l'ambiente e il paesaggio), devono essere caratterizzate chimicamente per verificare che la concentrazione di determinate sostanze sia al di sotto di specifici valori (Art. 184 DL.vo 152/2006; Concentrazioni Soglia di Contaminazione - CSC, Colonne A-B, Tab. 1, All. 5, parte IV DL.vo 152/2006). Se il materiale scavato non avesse idonee caratteristiche per il riutilizzo (es. presenza di

materiale di riempimento di cave, la realizzazione di sottofondi e rilevati stradali e ferroviari ecc. In particolare non vengono riportati nella normativa i limiti nel terreno o in estratti acquosi per i tensioattivi anionici, che sono i componenti principali dei prodotti schiumogeni più comunemente venduti e utilizzati specialmente a livello nazionale. Pertanto, anche in questo caso ci si pone il problema della loro biodegradabilità una volta miscelate alle terre.

La problematica si è posta in quanto ingenti quantità di prodotti commerciali (additivi schiumogeni e polimeri per il condizionamento del terreno) che contengono glicoli, polimeri naturali e tensioattivi vengono utilizzati nello scavo meccanizzato con TBM. Tali sostanze, benché dichiarate biodegradabili dal produttore (per la loro immissione in commercio sono state infatti testate secondo normative vigenti con test standard OECD), una volta miscelate alle terre e rocce possono avere tempi di degradazione differenti. La persistenza di queste sostanze dipenderà in primo luogo dalla presenza di comunità microbiche in grado di degradarle e, in secondo luogo dalle condizioni a contorno abiotiche quali la tessitura del terreno, la temperatura, il contenuto d'acqua, il pH ecc., fattori che regolano l'attività biodegradativa. La rilevanza dal punto di vista ambientale risiede pertanto nella concentrazione residuale di tali sostanze nel materiale scavato, nella loro concentrazione potenziale di effetto ecotossicologico sugli organismi terrestri e acquatici e sulla destinazione di uso di tali terreni.

Gli effetti ecotossicologici di tutte le sostanze contenute nei prodotti commerciali sono poco conosciuti e solo per alcune di esse sono note le concentrazioni di effetto. È quindi importante valutare la possibilità di poter riutilizzare le ingenti quantità di terre e rocce prodotte durante la realizzazione di opere ingegneristiche ed escludere, attraverso un approccio scientifico ecologico, che vi siano potenziali effetti avversi sugli ecosistemi.

Un team interdisciplinare di ricercatori dell'IRSA-CNR, in collaborazione con l'ISS (Istituto Superiore di Sanità) e l'università di Milano-Bicocca, sta svolgendo da diversi anni un'attività di ricerca finalizzata a verificare la persistenza e l'eventuale impatto sull'ambiente delle principali sostanze contenute in alcuni prodotti commerciali utilizzati come agenti schiumogeni negli scavi di gallerie di grandi opere ingegneristiche di autostrade e ferrovie. Il fine ultimo è la qualificazione delle terre e rocce da scavo da un punto di vista ambientale. Tale attività sono state svolte anche in collaborazione con altri istituti o enti per l'esecuzione di alcuni test ecotossicologici (sezione di Brugherio dell'IRSA: test algale *Pseudokirchneriella subcapitata*; IBAF-CNR: test germinazione e accrescimento *Lepidum sativum*; IMC-CNR: test batterio luminescente *Vibrio fischeri*; ISS: test *Daphnia magna*, test su embrione di pesce *Danio rerio*; Università Bicocca: test su lombrico *Eseinia foetida*).

In tutti gli studi effettuati è stato seguito l'approccio ecologico sito-specifico per la valutazione dell'eco-compatibilità delle terre e rocce da scavo. In particolare i principali aspetti presi in considerazione sono:

- *caratteristiche ecotossicologiche* intrinseche di ogni prodotto commerciale (che dipendono dai componenti principali in essi contenuti e dalle loro quantità); a tal proposito, ad esempio, ci sono differenti prodotti in commercio che contengono la stessa sostanza principale (es. il tensioattivo anionico sodio lauril eter solfato, SLES) in differenti concentrazioni (5-50%) e con differenti componenti minoritari e per questa ragione mostrano una tossicità intrinseca differente.

sostanze inquinanti superiori alle CSC), deve essere considerato rifiuto; il materiale potrà, in tal caso, seguire due strade: quella del recupero a fini ambientali (rispettando la disciplina sui rifiuti seguendo i processi tipici delle bonifiche dei terreni con un loro possibile trattamento al fine di eliminare l'inquinante fino a valori inferiori alle CSC, e quindi consentire il riuso), oppure quella di smaltimento in impianto di discarica controllata, con costi elevati e occupazione di elevate superfici di suolo.

- *concentrazione delle sostanze* che compongono il prodotto commerciale che si ritrovano nel terreno, che dipende dalle quantità di utilizzo del prodotto –TR, treatment ratio, L/m³ terreno- e dalla loro biodegradabilità;
- *sito di destinazione del materiale* e i *possibili scenari di esposizione* per verificare i possibili contatti del materiale con il terreno o con acque superficiali o sotterranee).

Nell'utilizzo del terreno come sottoprodotto, si deve tenere conto dei possibili scenari di contaminazione non solo del comparto terrestre, ma eventualmente di quello acquatico se in relazione con quello terrestre.

Sono state effettuate numerose sperimentazioni sia di laboratorio (microcosmi) che in campo (mesocosmi) finalizzate a verificare la biodegradabilità e l'eventuale impatto sull'ambiente delle principali sostanze contenute nei prodotti commerciali utilizzati come agenti lubrificanti nelle operazioni di scavo meccanizzato del terreno (Figura 2).



Figura 2. Microcosmi e mesocosmi sperimentali in laboratorio e in campo allestiti per valutare la degradazione dei componenti principali dei prodotti schiumogeni utilizzati negli scavi con TBM, effettuati con terreni provenienti direttamente dal sito di scavo

Se il tensioattivo anionico degrada fino a raggiungere i valori di compatibilità ambientale (concentrazione al di sotto dei limiti di rilevabilità o concentrazioni di non effetto per gli organismi considerati nei test ecotossicologici), possiamo considerare le terre e rocce da scavo un sottoprodotto. I test vanno effettuati a diversi tempi dal condizionamento del terreno e selezionando organismi test del comparto terrestre o acquatico in funzione del sito di destinazione delle terre e rocce scavate (Grenni *et al.*, 2018c). Tanto minore sarà la persistenza della sostanza in esame, tanto più bassa la probabilità che possa indurre effetti avversi sull'ambiente. Gli studi sperimentali effettuati nei diversi casi di studio hanno costituito le basi per la stesura di "Protocolli di caratterizzazione delle terre e rocce da scavo in corso d'opera" (Grenni *et al.*, 2019).

Attività della *Society of Environmental Toxicology and Chemistry - Italian Language Branch*

Una buona gestione delle sostanze chimiche per limitare i rischi per la salute umana e per l'ambiente richiede un confronto tra chi le produce (industria), chi ne studia gli effetti sull'ambiente (ricerca) e chi ne regola l'uso (*governance*). In questo ambito si inserisce la *Italian Language Branch* della *Society of Environmental Toxicology and Chemistry* (SETAC), organizzazione multidisciplinare no-profit a livello mondiale che, fin dal 1979, costituisce un punto di incontro/network dove scienziati, manager e altri professionisti scambiano informazioni e idee sullo studio, analisi e la soluzione di problemi ambientali, la gestione e la regolazione delle risorse naturali, la ricerca e sviluppo e educazione ambientale. È formata da quasi 6000 iscritti e istituzioni da circa 100 Paesi.

I principi fondamentali di SETAC sono:

- un approccio multidisciplinare alla risoluzione dei problemi ambientali;
- un equilibrio multi-settoriale fra mondo accademico, aziende private, governi e settore non-profit;
- una scienza basata su risultati obiettivi.

La SETAC è sempre presente all'interno di importanti iniziative globali, come l'approccio strategico alla gestione internazionale delle sostanze chimiche, e collabora con il programma delle Nazioni Unite per l'ambiente e l'Organizzazione Internazionale per la Standardizzazione (ISO). L'iniziativa *Life Cycle* UNEP/SETAC, di grande successo e visibilità, ha condotto a un approfondimento dei rapporti con l'UNEP, tanto che attualmente la SETAC collabora con la *Global Environmental Facility*. La SETAC ha un occhio particolare per gli studenti, che possono sfruttare diverse opportunità professionali, di *mentoring* e di *leadership*, nonché la possibilità di *networking* e apprendimento, tarate sulle loro esigenze. Per i soci studenti sono a disposizione diverse possibilità di supporto ai viaggi in occasione degli eventi SETAC, alle presentazioni, alle pubblicazioni nonché sono messi a disposizione dalla SETAC molti premi (es migliore pubblicazione scientifica dell'anno). Le cinque unità geografiche della SETAC (Africa, Asia Pacifico, Europa, America latina e Nord America), assieme alle *Regional Branches* (sedi regionali), offrono programmi scientifici all'avanguardia grazie anche alla grande partecipazione ai meeting e workshop.

L'*Italian Language Branch* (<https://italianbranch.setac.org>) è attiva da diversi anni nel nostro Paese, organizzando e promuovendo incontri, corsi nazionali e internazionali (vedi ad esempio Grenni & Barra Caracciolo, 2016).

L'evento di grande rilievo organizzato nel 2018 è stato il 28° meeting europeo della SETAC a Roma, che si è svolto nel nuovissimo centro convegni La Nuvola all'EUR e ha avuto come tema principale *Responsible and Innovative Research for Environmental Quality*.

L'evento ha richiamato circa 2700 partecipanti provenienti da più di 60 Paesi localizzati in tutti i continenti, con scienziati e rappresentanti dell'industria e dei governi di tutto il mondo dei settori dell'ecotossicologia, della tossicologia umana, della valutazione del rischio, dell'esposizione ad agenti chimici, dell'analisi del ciclo di vita dei prodotti (*Life Cycle Assessment*, LCA) e di altri temi strettamente connessi alle politiche ambientali.

L'evento è stata un'occasione di scambio a livello scientifico internazionale oltre che un'importante vetrina per le innovazioni industriali volte a migliorare la sostenibilità dei modelli produttivi e la qualità dell'ambiente.

Il centro convegni in tale occasione è diventato una vera e propria "cittadina internazionale della scienza" dove sono stati illustrati più di 2.500 contributi. Le sessioni principali (*tracks*)** hanno compreso argomenti specifici della chimica ed ecotossicologia. Le sessioni scientifiche (88 in totale, <https://globe.setac.org/setac-rome-session-summaries>) hanno riguardato le problematiche connesse alla contaminazione ambientale, le tecnologie più innovative di valutazione degli effetti, nonché la gestione e regolamentazione delle sostanze chimiche e dei materiali di sintesi. Tra gli argomenti trattati, sono stati di particolare rilievo la contaminazione ambientale dei farmaci, la resistenza agli antibiotici, la presenza nell'ambiente di sostanze chimiche con effetti di distruttori endocrini e cancerogeni, le fioriture algali tossiche, la gestione

**titoli delle principali sessioni sono: Ecotoxicology and human toxicology: from molecules to organisms, from omics to in vivo; Ecotoxicology becomes stress ecology: from populations to ecosystems and landscapes; Environmental chemistry and exposure assessment: analysis, monitoring, fate and modelling; Ecological risk assessment and human health risk assessment of chemicals, mixtures and stressors and risk mitigation strategies; Life cycle assessment and foot-printing; Environmental policy, risk management, and science communication; Think-outside-the-box (fundamentally new concepts, innovative/controversial ideas, interdisciplinary issues); Special sessions.

delle terre e rocce da scavo, le tecnologie di rimedio e biorimedio alla contaminazione, l'uso dei test ecotossicologici per valutare il rischio delle sostanze chimiche immesse nell'ambiente. Inoltre sono state organizzate sette sessioni su specifiche tematiche di grande attualità, tra cui quella sulle microplastiche nell'ambiente, sulla chimica e sui beni culturali. È stata dedicata, infine, una intera sessione sui diciassette obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile dell'Agenda 2030 che rappresentano il piano di azione globale delle Nazioni Unite per sradicare la povertà, proteggere il pianeta e garantire la prosperità a livello globale.

Di grande rilievo internazionale sono stati i *Keynote speaker* con il loro intervento in sessione plenaria:

- Roger Strand (Bergen University, Centre for the Study of the Sciences and the Humanities): *Responsible Research and Innovation (RRI): a path towards sustainability?*
- Bernhard Url (European Food Safety Authority): *Food safety in a complex changing world.*
- Eugenia Dogliotti (Istituto Superiore di Sanità, Dept. of Environment and Health): *Innovative research issues in environmental mutagenesis.*
- Jason Snape (AstraZeneca Global Safety, UK Health and Environment): *The environmental dimension of antimicrobial resistance- assessing and managing the risks of anti-infectives.*

Bibliografia

- Accinelli C, Barra Caracciolo A, Grenni P. Degradation of the antiviral drug oseltamivir carboxylate in surface water samples. *Int J Environ Anal Chem* 2007;87(8):579-87.
- Ancona V, Uricchio VF, Ferrara L, Massacci A, Barra Caracciolo A, Grenni P. Fitorimedio bio-assistito: interventi di risanamento ambientale al Centro Educativo Murialdo di Taranto. In: Uricchio AF (Ed.). *L'emergenza ambientale a Taranto: le risposte del mondo scientifico e le attività del Polo "Magna Grecia"*. Bari: Cacucci Editore; 2014. p. 229-41.
- Ancona V, Barra Caracciolo A, Grenni P, Di Lenola M, Campanale C, Calabrese A, Uricchio VF, Mascolo G, Massacci A. Plant-assisted bioremediation of a historically PCB and heavy metal-contaminated area in Southern Italy. *New Biotechnol* 2017;38 (Part B):65-73.
- Ancona V, Barra Caracciolo A, Campanale C, De Caprariis B, Grenni P, Uricchio VF, Borello D. Gasification treatment of poplar biomass produced in a contaminated area restored using plant assisted bioremediation. *J Environ Manage* 2019;239:137-41.
- Artigas J, Arts G, Babut M, Barra Caracciolo A, Charles S, *et al.* Towards a renewed research agenda in Ecotoxicology. *Environ Poll* 2012;160:201-6.
- Barra Caracciolo A, Giuliano G, Grenni P, Cremisini C, Ciccoli R, Carla U. Effect of urea on degradation of terbuthylazine in soil. *Environ Toxicol Chem* 2005a;24:1035-40.
- Barra Caracciolo A, Grenni P, Ciccoli R, Di Landa G, Cremisini C. Simazine biodegradation in soil: analysis of bacterial community structure by in situ hybridization. *Pest Manag Sci* 2005b;61:863-9.
- Barra Caracciolo A, Grenni P, Saccà ML, Amalfitano S, Martín M, Gibello A. The role of a groundwater bacterial community in the degradation of the herbicide terbuthylazine. *FEMS Microbiol Ecol* 2010; 71:127-36.
- Barra Caracciolo A, Bottoni P, Grenni P. Microcosms studies to evaluate microbial potential to degrade pollutants in soil and water ecosystems. *Microchem J* 2013;107:126-30.
- Barra Caracciolo A, Grenni P, Rausedo J, Ademollo N, Cardoni M, Patrolecco L. Degradation of a fluoroquinolone antibiotic in an urbanized stretch of the River Tiber. *Microchem J* 2018a;136:43-8.
- Battaglia A, Barra Caracciolo A. Contaminazione da microcontaminanti emergenti e servizi ecosistemici forniti dalle comunità microbiche: un caso di studio. *Notiziario dei Metodi Analitici* 2012;1:2-7.

- Di Lenola M, Barra Caracciolo A, Grenni P, Ancona V, Rauseo J, Laudicina VA, Uricchio VF, Massacci A. Effects of Apirolio addition and Alfalfa and compost treatments on the natural microbial community of a historically PCB-contaminated soil. *Water Air Soil Pollut* 2018;229:143.
- Grenni P, Barra Caracciolo A, Rodríguez-Cruz MS, Sánchez-Martín MJ. Changes in the microbial activity in a soil amended with oak and pine residues and treated with linuron herbicide. *Appl Soil Ecol* 2009a;41:2-7.
- Grenni P, Gibello A, Barra Caracciolo A, Fajardo C, Nande M, Vargas R, Saccà ML, Martínez-Iñigo MJ, Ciccoli R, Martín M. 2009b. A new fluorescent oligonucleotide probe for in situ detection of s-triazine-degrading *Rhodococcus wratislaviensis* in contaminated groundwater and soil samples. *Water Res* 2009b;43:2999-3008.
- Grenni P, Rodríguez-Cruz MS, Herrero-Hernández E, Marín-Benito JM, Sánchez-Martín MJ, Barra Caracciolo A. Effects of wood-amendments on the degradation of terbuthylazine and on soil microbial community activity in a clay loam soil. *Water Air Soil Poll* 2012;223:5401-12.
- Grenni P, Patrolecco L, Ademollo N, Tolomei A, Barra Caracciolo A. Degradation of gemfibrozil and naproxen in a river water ecosystem. *Microchem J* 2013;107:158-64.
- Grenni P, Patrolecco L, Ademollo N, Di Lenola M, Barra Caracciolo A. Capability of the natural microbial community in a river water ecosystem to degrade the drug Naproxen. *Environ Sci Poll Res* 2014;21:13470-9.
- Grenni P, Barra Caracciolo A. SETAC Italian branch: a place for biologists, chemists and environmental scientists to meet. *SETAC Globe* 2016;17(5).
- Grenni P, Patrolecco L, Ademollo N, Di Lenola M, Barra Caracciolo A. Assessment of gemfibrozil persistence in river water alone and in co-presence of naproxen. *Microchem J* 2018a;136C:49-55.
- Grenni P, Ancona V, Barra Caracciolo A. Ecological effects of antibiotics on natural ecosystems: a review. *Microchemical Journal* 2018b;136c:25-39.
- Grenni P, Barra Caracciolo A, Patrolecco L, Ademollo N, Rauseo J, Saccà ML, Mingazzini M, Palumbo MT, Galli E, Muzzini V, Polcaro CM, Donati E, Lacchetti I, Di Giulio A, Gucci P, Beccaloni E, Mininni G. A bioassay battery for the ecotoxicity assessment of soils conditioned with two different commercial foaming products. *Ecotoxicol Environ Saf* 2018c;148:1067-77.
- Grenni P, Patrolecco L, Barra Caracciolo A. Site-specific protocols for evaluating environmental compatibility of spoil materials produced by EPB-TBMs. In: Peila D, Viggiani G, Celestino T, *Tunnels and Underground Cities: Engineering and Innovation meet Archaeology, Architecture and Art. Proceedings of the WTC 2019 ITA-AITES World Tunnel Congress*. London: CRC Press; 2019.
- Martín M, Gibello A, Lobo C, Nande M, Garbi C, Fajardo C, Barra Caracciolo A, Grenni P, Martínez-Iñigo MJ. Application of fluorescence in situ hybridization technique to detect simazine-degrading bacteria in soil samples. *Chemosphere* 2008;71:703-10.
- Matturro B, Ubaldi C, Grenni P, Barra Caracciolo A, Rossetti S. Polychlorinated biphenyl (PCBs) anaerobic degradation in marine sediments: microcosm study and role of the autochthonous microbial communities. *Environ Sci Poll Res*, SI Integrated environmental characterization of the contaminated marine coastal area of Taranto, Ionian Sea. *The RITMARE Project* 2016;23(13):12613-23.
- Patrolecco L, Rauseo J, Ademollo N, Grenni P, Cardoni M, Levantesi C, Luprano ML, Barra Caracciolo A. Persistence of the antibiotic sulfamethoxazole in river water alone or in the co-presence of ciprofloxacin. *Sci Total Environ* 2018;640-641: 1438-46.
- Volpe A, Pagano M, Mascolo G, Grenni P, Rossetti S. Biodegradation of UV-filters in marine sediments. *Sci Total Environ* 2017;575:448-57.