



# ACQUA PULITA PER TUTTI! MATERIALI INNOVATIVI ED *ECOFRIENDLY* PER LA PURIFICAZIONE DELLE RISORSE IDRICHE

*La scarsità di acqua che affligge il nostro pianeta sta diventando un problema di primaria importanza, anche a causa del costante inquinamento delle risorse idriche. Per far fronte a questa situazione è necessario sviluppare nuove soluzioni che permettano la rimozione degli inquinanti emergenti: nuovi materiali, economici ed eco-compatibili, che trattengano sulla loro superficie gli inquinanti, permettendo così un'efficace depurazione dell'acqua inquinata.*

Quanti di noi, quando aprono il rubinetto di casa propria, sono coscienti di come un bene essenziale come l'acqua potabile stia diventando sempre più raro e prezioso? E questo problema non riguarda, come tanti erroneamente possono pensare, solo i Paesi del cosiddetto Terzo Mondo, ma anche numerosi Paesi europei, tra cui anche l'Italia. Basti semplicemente pensare ai sempre più frequenti periodi di siccità che caratterizzano ogni giorno il clima dei Paesi mediterranei.

In occasione della Giornata Mondiale dell'acqua (22 marzo 2019), UN-Water, l'organismo di coordinamento tra Agenzie delle Nazioni Unite per tutte le questioni relative all'acqua, ha pubblicato il "World Water Development Report 2019", il Rapporto faro sulle questioni idriche, coordinato dal World Water Assessment Program dell'UNESCO in collaborazione con le 32 entità delle Nazioni Unite e 41 partner internazionali [1]. Il titolo del Report di quest'anno è stato "Leaving no behind", che sintetizza l'Obiettivo di Sviluppo Sostenibile n. 6 dell'Agenda ONU al 2030, cioè garantire a tutti la disponibilità e la gestione sostenibile dell'acqua

e delle strutture igienico-sanitarie. Eppure, nonostante i significativi progressi compiuti negli ultimi 15 anni, questo obiettivo è ancora irraggiungibile per gran parte della popolazione mondiale: nel 2015, tre persone su dieci (2,1 miliardi) non hanno avuto accesso all'acqua potabile e 4,5 miliardi di persone, o sei su dieci, non hanno avuto strutture sanitarie gestite in sicurezza [1].

Questa situazione così critica non è dovuta solamente all'aumento mondiale della popolazione (+1,09% nel 2018 [2]), alla diminuzione delle risorse idriche e ai cambiamenti climatici. Negli ultimi decenni, infatti, un nuovo preoccupante fenomeno si è osservato: l'inquinamento delle acque naturali da parte di sostanze comunemente in uso nella vita di tutti i giorni, quali, ad esempio, farmaci, erbicidi e prodotti per la cura personale. Questi composti vengono definiti "contaminanti emergenti" e sono introdotti in continuo nell'ambiente dopo il loro utilizzo domestico e/o industriale poiché le tecnologie di purificazione delle acque, attualmente in uso, spesso sono in grado di rimuovere solo parzialmente questi inquinanti. Di conseguenza, il

Il dott. Rivoira è risultato vincitore del primo premio 1000xChemistry, promosso dal Gruppo Interdivisoriale Diffusione della Cultura Chimica della SCI, con il supporto di [ChemistryViews.org](http://ChemistryViews.org)



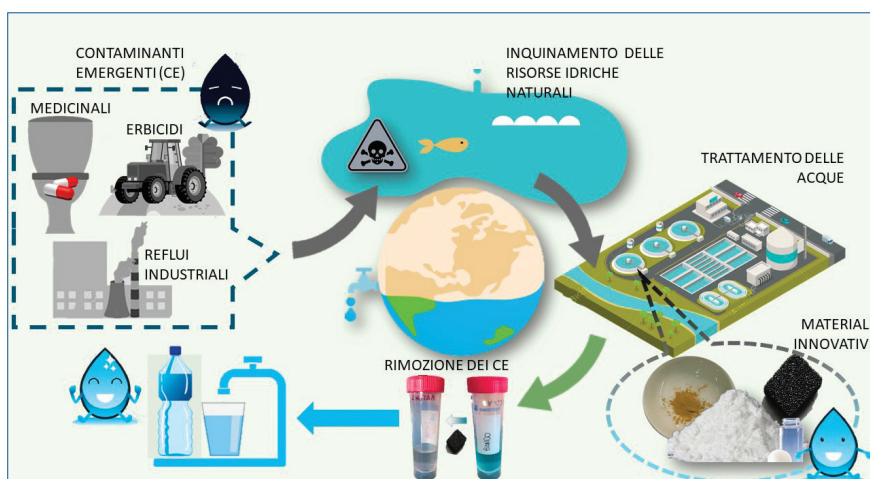


Fig. 1 - Il ciclo di depurazione delle acque dai contaminanti emergenti, tramite materiali adsorbenti

loro impatto ambientale e i potenziali effetti tossici sugli esseri viventi concorrono alla limitazione della disponibilità di acqua pulita (Fig. 1).

Secondo alcuni scienziati, l'interesse verso i contaminanti emergenti viene fatto risalire a Rachel Carson nel 1962, che mostrò come l'uso eccessivo di DDT e fitofarmaci avesse portato alla morte di numerose specie [3]. Inizialmente ella fu fortemente criticata perché sembrava non tenesse in considerazione i benefici che le scoperte della scienza avrebbero potuto portare all'umanità [4], ma i successivi effetti negativi sulla salute dovuti all'uso del DDT e di alcuni fitofarmaci portarono al bando degli stessi e il messaggio della scrittrice fu rivalutato e riconsiderato.

Dal punto di vista legislativo, alcuni contaminanti emergenti sono già considerati dalle normative e per essi possono essere definiti limiti, per esempio per lo scarico nei corpi idrici superficiali o per la presenza nelle acque in relazione alla loro destinazione d'uso. Per altri, invece, sono ancora in corso studi e simulazioni atte a stimare il rischio ambientale posto dai loro residui nei diversi comparti ambientali, sulla base dei quali si valuterà se limiti specifici dovranno essere fissati a maggior tutela dell'ambiente e della salute dell'uomo.

Partendo da queste premesse, due devono essere le tipologie di soluzioni per porre rimedio all'inquinamento da contaminanti emergenti. La prima è una soluzione di rimedio. Secondo tale logica, ne-

gli ultimi anni sono sempre più numerosi gli studi volti allo sviluppo e all'applicazione di tecnologie innovative per la rimozione dei contaminanti emergenti dai sistemi acquatici. Tra queste si individuano processi di sedimentazione, rimozione tramite membrane e metodi di ossidazione avanzata, ma una notevole importanza è stata assunta recentemente dallo sviluppo di nuovi materiali, economici ed ecosostenibili, che possano integrare con gli inquinanti emergenti, promuovendone la rimozione. Per

illustrare brevemente come agiscono questi materiali, si deve immaginare che essi siano in grado di lavorare come fossero dei "filtri", trattenendo sulla loro superficie, o nelle loro numerose porosità interne, i contaminanti, che, di conseguenza, vengono rimossi con successo dalle matrici acquose. È importante sottolineare come l'efficacia di questi trattamenti di rimozione (detti di adsorbimento, a causa dell'instaurarsi di interazioni inquinante-superficie del materiale) dipenda in primo luogo dalle caratteristiche e proprietà chimico-fisiche dei microinquinanti (peso molecolare, solubilità, volatilità, polarità, etc.) e dalle caratteristiche superficiali del materiale sviluppato, ma anche da effetti sinergici o antagonisti dovuti alla compresenza di altri inquinanti e della matrice trattata.

Poiché, quindi, questi materiali devono interagire e trattenere direttamente i contaminanti, lo studio della loro composizione superficiale è un obiettivo cruciale. Durante la fase di sintesi, vengono aggiunti componenti specifici (quali, ad esempio, agenti templanti che creano una struttura di base, simile alle impalcature di un edificio, agenti rigonfiati, che promuovono la formazione di cavità e pori) per ottenere una superficie dell'adsorbente quanto più possibile efficiente nella rimozione delle molecole target da eliminare. A titolo di esempio, se l'inquinante da rimuovere possiede una carica positiva, il risultato ottimale consiste nel funzionalizzare la superficie del materiale, ancorando ad

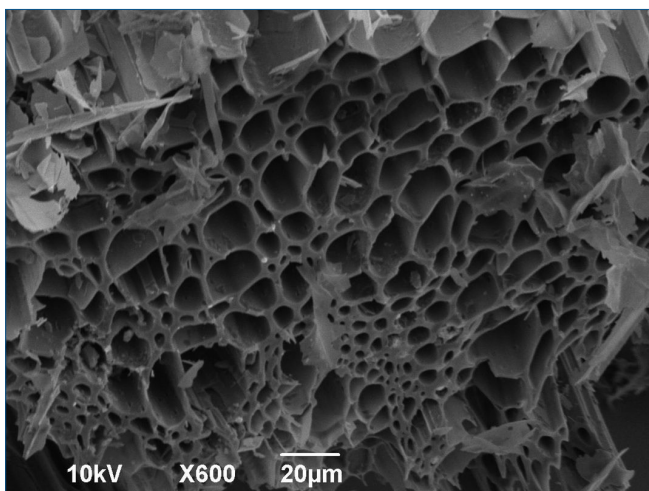


Fig. 2 - La struttura porosa di un biochar, ottenuta tramite microscopia a scansione elettronica, su cui vengono trattenuti gli inquinanti

essa un gruppo funzionale dotato di almeno una carica negativa, al fine di creare un'interazione elettrostatica tra di loro. L'obiettivo principale rimane comunque quello di ottenere substrati che possano essere applicati al più ampio spettro di inquinanti possibile (sfruttando oltre all'interazione elettrostatica, anche altre proprietà chimico-fisiche quale, ad esempio, la polarità) (Fig. 2).

Negli ultimi anni sono stati sviluppati diversi tipi di materiali adsorbenti: polveri, con il vantaggio di una loro efficace dispersione nel mezzo acquoso, con conseguente migliore contatto con l'inquinante da rimuovere, o adsorbenti monolitici (simili ai mattoncini Lego), che presentano meno resistenza meccanica e idraulica (gli adsorbenti in polvere possono creare ostruzioni) e che possono essere rimossi più facilmente dopo l'uso.

Tra i difetti delle tecniche di adsorbimento, vi è però il fatto che non distruggono l'inquinante ma portano a un suo trasferimento da una fase (acqua) ad un'altra (materiale adsorbente). È necessario quindi prevedere una riattivazione di questi materiali, che, normalmente, può avvenire tramite rigenerazione termica (il materiale viene rimosso dalla fase acquosa e portato ad alte temperature, in modo da distruggere gli inquinanti precedentemente trattenuti).

Ma esistono altre soluzioni, meno dispendiose energeticamente e più eco-compatibili!

Alcuni di questi adsorbenti sono, infatti, anche in grado di promuovere, per mezzo della radiazione solare, la degradazione degli inquinanti precedentemente ritenuti: in tal modo, distruggendo *in situ* gli inquinanti, il materiale si rigenera e potrà essere riutilizzato in cicli successivi, senza alcuna rimozione dall'impianto.

Una volta considerata la struttura di questi substrati, un aspetto da non sottovalutare è l'impatto economico. È infatti facile comprendere come un adsorbente costoso difficilmente potrà essere applicato su scala industriale, anche se molto efficace nella rimozione di inquinanti. Per questo motivo, si è iniziato a studiare substrati adsorbenti innovativi derivanti da materiali organici di scarto, adeguatamente trattati con procedure termiche in presenza o assenza di ossigeno (le cosiddette condizioni di pirolisi o gassificazione, Fig. 3). Tra questi materiali, quelli maggiormente utilizzati, e considerati quali riferimenti nel trattamento di potabilizzazione delle acque, sono i carboni attivi, spesso derivanti da matrici vegetali, quali gusci delle noci di cocco.

Un'ulteriore categoria di materiali, che però derivano espressamente da biomasse derivanti per esempio dalle attività agricole dei territori, sono chiamati "biochars". Grazie ai trattamenti termici, queste biomasse sviluppano diversi gruppi superficiali funzionali (che, come già detto precedentemente, fungono da ancoraggio per catturare gli inquinanti) e una porosità interna (la loro struttura

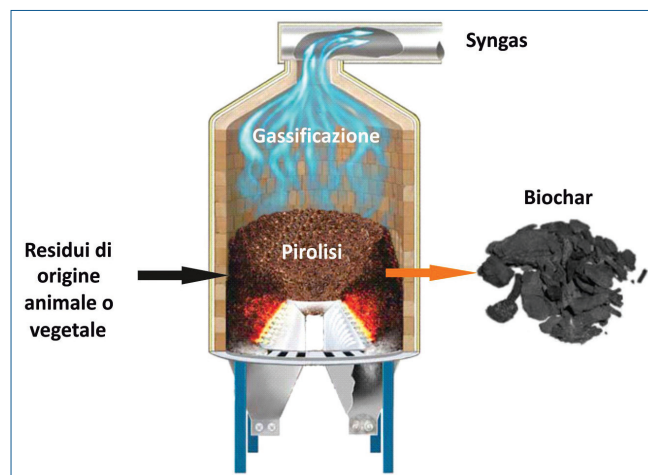
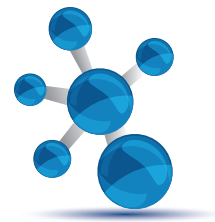


Fig. 3 - Tecnica di sintesi del biochar, tramite pirolisi o gassificazione



diventa simile a una spugna), caratteristiche che promuovono la ritenzione dei composti inquinanti. È facile quindi comprendere il potenziale di questi materiali adsorbenti, che consentono la purificazione delle matrici acquose contemporaneamente al riutilizzo delle biomasse di scarto, provenienti da diverse aree produttive (agricoltura, trasformazione alimentare, ecc.). Il loro uso, infatti, sarebbe un altro passo nella direzione del riutilizzo dei materiali di scarto all'interno di un ciclo ecologico virtuoso (dai rifiuti alla risorsa). Questo obiettivo soddisfa i principi dell'“economia circolare”, un sistema economico rigenerativo in cui i rifiuti devono essere riciclati e riutilizzati in una filosofia zero km, producendo effetti positivi sullo stesso territorio.

Come indicato precedentemente, nonostante la potenzialità e lo sviluppo di questi nuovi materiali, queste soluzioni “a posteriori” non sono le uniche applicabili per ridurre la presenza dei contaminanti emergenti in natura. È necessario, infatti, affiancare anche investimenti e soluzioni preventive, che consistono nell'investire nell'informazione costante e chiara della popolazione che tutti giorni si ritrova a fare uso di queste sostanze, sensibilizzandoli su un loro corretto utilizzo e smaltimento.

Questo tema è di fondamentale importanza, in un mondo attuale dove siamo bombardati da informazioni che ci arrivano da qualsiasi canale, ma dove diventa sempre più difficile scremare tra la verità e la finzione, per poter trasformare l'informazione reale di partenza in conoscenza.

A partire da queste basi, nella Società Chimica Italiana si è sentita la necessità e la voglia di creare il Gruppo Interdivisionale di Diffusione della Cultura Chimica, gruppo che raccoglie, da una parte, l'esigenza dei soci di arricchire le loro competenze in ambito di comunicazione delle scienze chimiche e, dall'altra, la necessità che la chimica si riappropri del suo ruolo chiave nello sviluppo della società. Le iniziative promosse dal Gruppo, come i contest **Chimicapisce** (basato sulle abilità di comunicazione e disseminazione delle scienze chimiche dei giovani ricercatori) e **1000xChemistry** (basato sulla condivisione con il pubblico di un argomento chimico, comunicando informazioni affidabili in modo chiaro e comunicativo), ai quali chi vi scrive

ha avuto la possibilità e la fortuna di poter partecipare, sono gli esempi calzanti del tentativo di portare chi fa scienza a condividere con i non addetti ai lavori i propri risultati, rendendo parte attiva tutta la comunità, comprese le generazioni più giovani che saranno il futuro della nostra società.

Concludendo, quindi, la sinergia tra attività di prevenzione e di informazione e lo sviluppo di nuove tecnologie di rimedio (che ad oggi sono ancora spesso in fase embrionale) sarà la chiave per ottenere una riduzione dell'inquinamento delle risorse idriche a disposizione di tutti gli esseri umani, in qualsiasi continente essi si trovino. Ma non dimentichiamoci che, in questo continuo sforzo effettuato per un'equa distribuzione di acqua pulita a tutti, anche l'utilizzo di pratiche di attenzione e riduzione degli sprechi non devono essere trascurate. L'acqua è vita: rispettiamola!

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] A. Azoulay, The United Nations World Water Development Report 2019: Leaving No One Behind, UNESCO Publishing, 2019.
- [2] Dati consultabili su <https://www.worldometers.info/>
- [3] R. Carson, Silent spring, Houghton Mifflin Harcourt, 1962.
- [4] R. Cervellati, “Scienziate che avrebbero dovuto vincere il Premio Nobel: Rachel Carson (1907-1964)”, 2018, consultabile su <https://ilblogdellasci.wordpress.com/tag/primavera-silenziosa/>

#### Clean Water for Everyone! Innovative and Ecofriendly Materials for the Purification of Water Resources

The scarcity of water that afflicts our planet is of an important concern, also due to the pollution of our water resources. In order to cope with this situation, it is necessary to develop new solutions that allow the removal of emerging pollutants: new materials, feasible and eco-compatible, to retain pollutants on their surface, thus allowing a correct purification of polluted water matrices.

