

# CHIMICA & GREEN CHEMISTRY



Angelo Albini  
Coordinatore Gruppo Interdivisionale  
di Green Chemistry - SCI

## LA SPONDA PIÙ VERDE DELL'ATLANTICO

*Le idee della green chemistry hanno pervaso la ricerca, come si vede dalla letteratura. La stretta collaborazione tra accademia e industria, già sviluppata negli Stati Uniti, permette di affrontare i problemi ambientali in maniera più efficiente.*

### Lo sviluppo della green chemistry e della letteratura relativa

Grazie alla spiccata popolarità acquisita nell'ultimo decennio, espressioni come "green chemistry" o "chimica sostenibile" sono considerate parole chiave per descrivere i vantaggi introdotti da un nuovo processo sintetico. L'idea di fornire alla società moderna il supporto chimico necessario ai complessi bisogni attuali senza causare danni all'ambiente è ormai largamente penetrata a tutti i livelli, dai politici ai tecnici all'opinione pubblica. È chiaro ormai che ciò comporta un ripensamento completo dei processi chimici, considerando fin dalle fasi iniziali della progettazione l'ottimizzazione nell'uso delle risorse e le conseguenze sull'ambiente [1-4].

I "12 principi della Green Chemistry" formulati da Anastas e Warner alla fine del 20° secolo hanno saputo sintetizzare e formalizzare le necessità del momento. La fondazione nel 2007 di un Gruppo Interdivisionale di Green Chemistry all'interno della Società Chimica Italiana (SCI) ed il suo recente rinnovo per un secondo triennio dimostrano l'interesse per questo tema da parte dei chimici italiani. Della fondazione, dell'attività svolta durante le fasi iniziali e del primo convegno (insieme al Gruppo Interdivisionale di Sicurezza in Ambiente Chimico) [5] si è dato notizia a parte su questo giornale. Al momento, è parso più utile accennare alla situazione della chimica verde in ambito internazionale, per porre nel contesto la situazione nel nostro Paese.

### La green chemistry nel contesto della letteratura chimica

Quale sia la posizione occupata dalla *green chemistry* lo si può giudicare, come per tutte le altre discipline, dall'importanza che la letteratura scientifica le assegna.

Una recente indagine ha mostrato che il numero di pubblicazioni recensite dai *Chemical Abstracts* come *green chemistry* è aumentato vertiginosamente a partire dal 2000 e supera ormai di gran lunga le mille unità annue [6]. Vi sono giornali appositamente dedicati all'argomento, quali *Green Chemistry* (fondato dalla Royal Chemical Society nel 1999), *ChemSusChem* (da varie Società Chimiche europee, con particolare ruolo della SCI, dal 2008), *Green Chemistry Letters and Reviews* (Taylor & Francis, 2009), che si sono andati ad affiancare a giornali dedicati al tema della sicurezza dell'ambiente, un gruppo che comprende sia titoli ormai classici, quali *Environmental Science and Technology* (American Chemical Society, 1967) e *Environmental Impact Assessment Reviews* (Elsevier, 1980), o creati da pochi anni, quali *Energy & Environmental Sciences* (della Royal Chemical Society, 2008) e *Clean* (Wiley, riprende con nuovo nome gli *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica*, 1973).

Le comunicazioni considerate attinenti all'argomento Green Chemistry/sviluppo sostenibile sono numerose nei giornali specializzati, ma se ne trovano molti anche su giornali di carattere più generale, a testimonianza del fatto che è un tema sentito da tutta la comunità dei chimici. Se si esaminano i lavori apparsi nel decennio 1999-2008 si vede che i dieci giornali più frequentemente usati sono quelli riportati in Tab. 1.

Già da questo elenco (confermato comunque da altre statistiche analoghe) si può osservare come la green chemistry si possa situare prevalentemente negli ambiti della chimica organica e della catalisi, seppure tutte le discipline chimiche ne siano interessate in modo tutt'altro che marginale. Quindi nella letteratura scientifica 'green chemistry' è in buona parte sinonimo di 'green synthesis', basata sull'impiego di catalizzatori, sulla scelta accurata del mezzo di reazione (condizioni senza solvente, acqua, liquidi ionici

# CHIMICA & GREEN CHEMISTRY

e fluidi supercritici), sull'attivazione dei reagenti attraverso tecniche fisiche (frequentemente le microonde) (Fig. 1).

Tab. 1 - Giornali più utilizzati per le pubblicazioni di green chemistry

Giornale	Presenza (%)
Green Chemistry	6,44
Tetrahedron Letters	5,47
Synthetic Communications	2,45
Synlett	2,22
J. Molecular Catalysis A: Chemistry	2,04
Tetrahedron	1,49
Synthesis	1,31
International J. Life Cycle Assessment	1,29
Indian J. Chemistry B	1,28
Advanced. Synthesis and Catalysis	1,22

## Il ruolo della green chemistry

Per quanto riguarda il ruolo della green chemistry nella comunità scientifica, ed in particolare nella chimica nelle varie nazioni, si può fare qualche confronto. Al nostro ultimo Congresso Nazionale a Sorrento nel 2009, il tempo dedicato alla green chemistry è stato piuttosto limitato (una mezza sessione, organizzata entro lo spazio della Divisione di Chimica Industriale). Il paragone con le situazioni osservate in altre nazioni è impressionante. Ad esempio, il Congresso Primavera dell'American Chemical Society 2009, svoltosi pochi mesi prima a Salt Lake City, dedicava a questo tema una frazione assai maggiore del programma. In realtà, il convegno americano non si è distinto solo per il numero delle comunicazioni dedicate alla green chemistry, ma anche per il modo con cui è stato strutturato, con la sostenibilità come obiettivo condiviso in uno sforzo coerente tra università e industria. La formazione universitaria mette subito in evidenza l'aspetto green, questo viene sentito come un aspetto qualificante e pagante nella preparazione del chimico, riconosciuto dall'industria a livello dell'assunzione perché questa applica la green chemistry nella produzione. L'obiettivo principale è quello di migliorare il curriculum degli studenti, così da creare una maggiore corrispondenza rispetto alle richieste dell'industria.

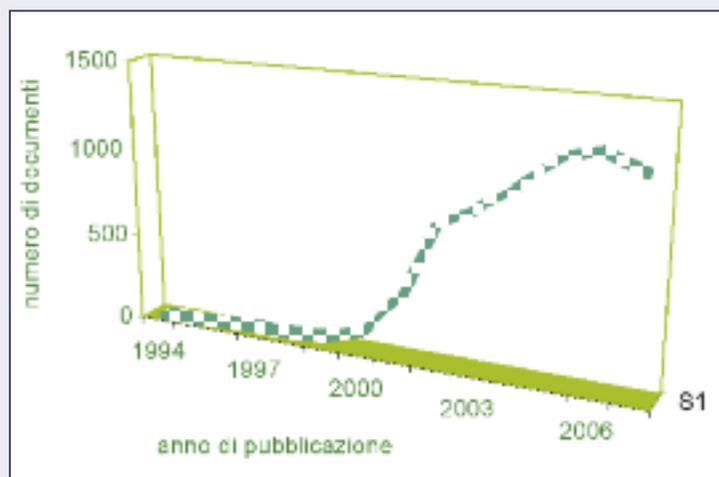


Fig. 1 - Incremento delle pubblicazioni scientifiche caratterizzate dalla keyword 'green chemistry' nel periodo 1994-2008.

Colpivano titoli come:

- *Green chemistry education: A necessity in industry.*
- *Green chemistry education: An essential component of MBA training and business innovation*
- *Greening up analytical chemistry: Preparing students for a greener graduate school or industrial career.*

E dal punto di vista industriale:

- *Why GSK needs people trained in green chemistry*
- *From green chemistry to a "green" Industrial Revolution: Are ionic liquids pointing the way?*
- *Green and clean: Uses of green chemistry in industrial cleaning*
- *Integration of green chemistry with sustainability in the formulation of consumer products.*

Questo nella certezza che la prospettiva della green chemistry rovesciasse i pregiudizi (espressi da slogan commerciali come "prodotto naturale senza additivi chimici") e consentisse una nuova percezione sociale della chimica, come dimostrato dalla comunicazione:

- *From chemophobia to green chemistry: An analysis of marketing claims in National Geographic Green Guide.*

C'è quindi una sinergia tra insegnamento, ricerca e industria per preparare i neolaureati alle nuove sfide, sviluppare una chimica più avanzata, offrire prodotti industriali più competitivi. Se passiamo poi al seguente Congresso Nazionale Primavera 2010 dell'ACS tenutosi a San Francisco vediamo addirittura che il contributo della chimica alla sostenibilità è stato scelto a tema portante dell'intero congresso, le cui sezioni sono quindi tutte focalizzate su questo tema.

Allargando l'esame al calendario della American Chemical Society si vede che in tema di Green Chemistry è presentato un ricco programma di manifestazioni organizzate dall'ACS od organizzazioni vicinali. Limitandosi a quelle nazionali od internazionali e tralasciando quelle regionali e quelle di ingegneria i convegni che si sono svolti o si svolgeranno in Nord America nel 2010 comprendono:

- *The new green economy: aligning science, education and markets (gennaio)*
- *Global Plastics Environmental Conference 2010. Raising the bar in today's economy (marzo)*
- *Spring 2010 National ACS Meeting (marzo, vedi sopra)*
- *6th Annual National Sustainable Design Expo and EPA's People Prosperity and the Planet Awards Competition (aprile)*
- *5th Annual Green Chemistry and Commerce Council Innovators Roundtable (aprile)*
- *Spring 2010 ConfChem: Educating the Next Generation: Green and Sustainable Chemistry (maggio)*
- *CO<sub>2</sub> Summit: Technologies and Business Opportunities (giugno)*
- *14th Annual Green Chemistry and Engineering Conference (giugno)*
- *Gordon Research Conference on Green Chemistry (luglio)*
- *3rd International Symposium on Green Processing in Pharmaceutical and Fine Chemical Industries (ottobre)*
- *PacificChem 2010 sul tema 'Promoting the Scientific Exchange in the Pacific Basin for a Healthy and Sustainable Future' (dicembre.)*

Appare chiaro sin dalla lettura dei titoli quello stretto contatto tra industria, ricerca e didattica, che abbiano visto trovare nella green chemistry un elemento (forse l'elemento) di punta.

## Risorse per la green chemistry

Un così grande sforzo ha prodotto risorse importanti di cui si può usufruire per sviluppare la green chemistry. Molte sono facilmente disponibili, spesso gratuitamente in rete. Vorrei segnalare almeno due notiziari periodici, molto ricchi di spunti:

- Nexus [7] del Green Chemistry Institute dell'ACS;
- la newsletter del Green Chemistry Network [8] con sede all'università di York, ora un ente separato, originariamente parte della Royal Society of Chemistry, la cui attività è caratterizzata dai molti livelli di offerta dedicata a diverse udienze, dalle scuole di ogni ordine ai gruppi dei consumatori, agli specialisti.

Molte università offrono materiale didattico. Tra queste da notare almeno l'Università del Massachusetts a Boston, la prima ad offrire un percorso specifico in Green Chemistry per il PhD [9], l'Institute for Green Science alla Carnegie Mellon (diretto da Terry Collins, [10]), il Centro di Green Chemistry e Green Engineering a Yale diretto da Paul Anastas [11]. Sono disponibili in rete diversi filmati (alcuni dei clip selezionati sono gratuiti) dell'ACS e di varie università (alcuni elencati al link di Yale [12]), oltre naturalmente ad un apposito account facebook [13] e presentazioni in streaming (vedi ad esempio [14]).

L'elenco di attività statunitensi non significa certo che non ve ne siano di europee (oltre all'importantissimo Green Chemistry Network nominato sopra), anche se forse non sono sempre così ricche e a largo spettro. Tra i contributi europei, vorrei segnalare NOP (corso pratico di organica sostenibile) un sito, tradotto in italiano a cura del Consorzio Interuniversitario Chimico



Fig. 2 - Organizzazione del NOP

per l'Ambiente (INCA) in cui si trovano, oltre a testi discorsivi, esperimenti di laboratorio giudicati in base alle caratteristiche più o meno green, ed utilizzabile sia per corsi di laboratorio reali che per corsi virtuali. Sono compresi al momento più di 80 esperimenti di laboratorio di cui vengono analizzati in dettaglio gli aspetti di sicurezza e compatibilità con l'ambiente, arrivando alla fine a un giudizio complessivo sull'accettabilità espresso con il colore di un semaforo. Nuovi esperimenti vengono man mano aggiunti. In apposite liste sono poi esaminati reagenti e tecniche (Fig. 2).

## Green Chemistry in Italia

Non vedo perché si debba essere estero-fili in maniera generica, ma mi sembra che per ora, e malgrado le molte iniziative della SCI e di altri enti, il ruolo della green chemistry non abbia quello spessore che ha in altri Paesi europei e soprattutto al di là dell'Atlantico. Forse la prospettiva di per sé non viene presa del tutto sul serio. Eppure, Paesi caratterizzati da un trasferimento tecnologico più efficiente sembrano prenderla molto sul serio e credere che sia una via importante per lo sviluppo della chimica. Avvicinarsi a quella situazione darebbe un'arma in più anche alla chimica italiana.

### Bibliografia

- [1] F. Trifirò, *Chimica e Industria*, 2003, **85**(6), 44.
- [2] I.T Horvath, P.T. Anastas, *Chem Rev.*, 2007, **107**, 2167.
- [3] P. Tundo, D. StC. Black, J. Breen, T. Collins, S. Memoli, J. Miyamoto, M. Polyakoff, W. Tumas, *Pure Appl. Chem.*, 2000, **72**, 1207.
- [4] A. Albini, M. Fagnoni, *Chim. Ind.*, 2008, **90**(4), 87.
- [5] A. Lunghi, *Chimica e Industria*, 2010, **92**(4), 88.
- [6] V. Dichiarante, D. Ravelli, A. Albini, *Green Chem. Lett. Rev.*, in stampa.
- [7] [http://portal.acs.org/portal/acs/corg/content?\\_nfpb=true&\\_pageLabel=PP\\_SUPERARTICLE&node\\_id=1408&use\\_sec=false&sec\\_url\\_var=region1&\\_\\_uuid=bb4fb0f9-05f0-42c0-8ff4-bf35927bc0f2](http://portal.acs.org/portal/acs/corg/content?_nfpb=true&_pageLabel=PP_SUPERARTICLE&node_id=1408&use_sec=false&sec_url_var=region1&__uuid=bb4fb0f9-05f0-42c0-8ff4-bf35927bc0f2)
- [8] [www.greenchemistrynetwork.org/](http://www.greenchemistrynetwork.org/)
- [9] [www.chem.umb.edu/graduate/phd.html](http://www.chem.umb.edu/graduate/phd.html)
- [10] [www.chem.cmu.edu/groups/Collins/index.html](http://www.chem.cmu.edu/groups/Collins/index.html)
- [11] [www.greenchemistry.yale.edu/](http://www.greenchemistry.yale.edu/)
- [12] [http://greenchemistry.yale.edu/sights\\_and\\_sounds/audio\\_and\\_video\\_links/](http://greenchemistry.yale.edu/sights_and_sounds/audio_and_video_links/)
- [13] [www.facebook.com/IndustrialGreenChemistry](http://www.facebook.com/IndustrialGreenChemistry)
- [14] [www.authorstream.com/Presentation/Silvia-51568-Green-Chemistry-Chemists-Twelve-Principles-Renewable-Resources-Solvents-Education-ppt-powerpoint](http://www.authorstream.com/Presentation/Silvia-51568-Green-Chemistry-Chemists-Twelve-Principles-Renewable-Resources-Solvents-Education-ppt-powerpoint)
- [15] [www.oc-praktikum.de/it-entry](http://www.oc-praktikum.de/it-entry)

# ABSTRACT

## The Greener Side of the Atlantic

The green chemistry paradigm has pervaded chemical literature and chemical science. Publications on this topic are increasing. A partnership between academia and industry, as already developed in the United States, allows to confront the environmental issue in a more efficient way. Some indications about references on green chemistry are given.