

# 23 ANNI DI MIE NOTE SU “LA CHIMICA E L’INDUSTRIA” Parte 1: LA CHIMICA IN SOCCORSO DELL’UMANITÀ

*Ferruccio Trifirò*

*In questa nota viene riportato il riassunto di un libro pubblicato recentemente dal titolo “LA CHIMICA IN SOCCORSO DELL’UMANITÀ”, realizzato sulla base di 112 articoli che ho pubblicato su La Chimica e l’Industria a partire dal 1996. In questa prima parte vengono trattati i seguenti aspetti della chimica: la chimica in soccorso dell’umanità, il futuro delle materie prime fossili, le biomasse nel futuro della chimica e dell’energia, la chimica e l’ambiente, la chimica ed i cambiamenti climatici e le diverse facce dello sviluppo sostenibile.*

**R**ecentemente ho pubblicato un libro dal titolo “LA CHIMICA IN SOCCORSO DELL’UMANITÀ”, di 245 pagine e stampato dalla casa editrice BUP (Bononia University Press) insieme all’Accademia delle Scienze dell’Istituto di Bologna, redatto insieme a mio figlio Fabio Trifirò (chimico farmaceutico). Il libro è stato curato da mio figlio utilizzando 112 lavori tra i 292 che ho scritto su “La Chimica e l’Industria” nel periodo in cui sono stato direttore responsabile, dal 1996 ad oggi. I diversi articoli sono stati raggruppati in 11 capitoli, all’interno dei quali sono presenti come paragrafi con il loro titolo originale. Un riassunto dei primi 6 capitoli sarà riportato in questa nota, in occasione dei 100 anni della nascita della rivista, come contributo alla sua storia. Per acquistare il libro, il cui costo è di 30 euro, occorre contattare [IBS.it](http://IBS.it).

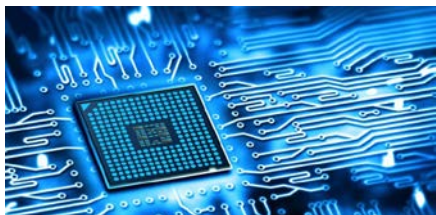


### La chimica in soccorso dei problemi dell’umanità

I problemi più gravi dell’umanità del prossimo futuro sono la mancata disponibilità di sufficienti risorse alimentari, l’inquinamento delle acque, dell’aria e dei suoli, le malattie endemiche, la diminuzione dei combustibili fossili e l’innalzamento della temperatura del pianeta. La chimica è legata alla qualità della vita e alla soluzione di questi problemi con la produzione di intermedi per farmaci, fibre, plastiche, metalli, gomme materiali, ceramici, inchiostri, pitture, vernici, adesivi, detersivi, cosmetici, prodotti per la casa, materiali da costruzione e per l’elettronica, combustibili, fertilizzanti, fitofarmaci e gas tecnici. La chimica è coinvolta, inoltre, nell’abbattimento e nella diminuzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> (gas ad effetto serra), nella produzione di energia da fonti alternative a quelle fossili, come il fotovoltaico e le biomasse, l’utilizzo dell’idrogeno nelle celle a combustibili come carburante, della sua produzione nelle macchine e nei distributori di benzina e nel suo immagazzinamento. La chimica è fondamentale per sfamare l’umanità attraverso la sintesi di ammoniaca, considerata la reazione più importante dell’umanità, necessaria per la produzione di fertilizzanti azotati; per questo occorre produrla in grandi quantità e a basso prezzo, con innovazioni continue anche a cento anni dalla sua scoperta.



Un esempio di continua innovazione è l'evoluzione della tecnologia dei microcircuiti integrati a base di silicio, realizzata attraverso la progressiva diminuzione delle loro dimensioni, l'aumento della loro potenza, il miglioramento delle loro prestazioni, il costante abbassamento dei costi di produzione e l'allargamento dei campi di applicazione. Chimica ed energia sono intrecciate fra



loro, nella realtà industriale, da un'inesauribile molteplicità di legami di natura diversa, tra i quali si possono evidenziare casi in cui è l'energia che crea opportunità per la chimica e altri in cui è la chimica che offre soluzioni a diverse attività connesse alla produzione di energia. Anche alcune tra le fonti alternative di produzione di energia, come le celle a combustibile, il solare fotovoltaico e quello termico implicano competenze chimiche. In molte fasi dell'articolato programma di riduzione dei gas ad effetto serra è coinvolta la chimica. L'impatto ambientale dei trasporti potrà essere diminuito attraverso la messa a punto di motori più efficienti, che consumino meno carburante e quindi emettano un minor quantitativo di CO<sub>2</sub>, la realizzazione di carburanti più puliti e l'aumento dell'efficienza del sistema di abbattimento, che potrà ridurre le emissioni di sostanze tossiche. L'uso di carburanti di origine vegetale o animale potrà contribuire alla riduzione della CO<sub>2</sub>, ma non a quella dell'inquinamento urbano. L'utilizzo dell'idrogeno nelle celle a combustibile è la soluzione che potrà garantire una riduzione a zero di tutte le emissioni, ma resta il problema del suo stoccaggio e della sua distribuzione. La chimica è coinvolta nella produzione di idrogeno a bocca di pozzo del gas naturale con sequestrazione della CO<sub>2</sub>, dove sono i distributori di carburanti, all'interno delle macchine e nello stoccaggio dell'idrogeno in fase adsorbita all'interno di bombole.

Fra le sessanta invenzioni che hanno cambiato il mondo in cui viviamo, secondo un'inchiesta del 2000 della rivista *"Forbes Global"*, le seguenti sono di natura chimica: la scoperta del piombo tetraetile (nel 1921), antidetonante per i motori a benzina, che ha permesso di utilizzare un elevato rapporto di compressione nel motore, aumentandone così l'efficienza; la scoperta della prima gomma sintetica (1929) a base di cloroprene per usi industriali; la scoperta del nylon (1934), la prima fibra sintetica; l'introduzione della marmitta catalitica (1974), a base di platino e di palladio, per abbattere gli inquinanti nei motori a benzina. E si può aggiungere la scoperta del polipropilene isotattico, il primo polimero con caratteristiche simili ai polimeri naturali, che valse a Giulio Natta il premio Nobel per la Chimica. All'interno del mondo chimico esiste un codice etico per promuovere l'uso sicuro e corretto dei prodotti chimici nell'interesse generale. Infatti ogni laureato dovrebbe aggiungere al termine del suo curriculum educativo: «Prometto solennemente di applicare le finalità delle scienze chimiche per: salvaguardare l'ambiente ed i suoi ecosistemi; migliorare la qualità della vita senza nuocere al mondo circostante; controllare il cattivo uso della chimica».

In conclusione la chimica è essenziale per le strategie del futuro, per realizzare tutti gli obiettivi da raggiungere nel prossimo millennio: sradicare la povertà estrema e la fame, ridurre la mortalità infantile, migliorare la salute materna, combattere AIDS, malaria ed altre malattie, garantire mediante tecnologie di pulizia dell'acqua la sostenibilità ambientale, conservare le opere d'arte per le generazioni future grazie al restauro, contrastare lo spreco delle risorse terrestri e sviluppare una cooperazione mondiale per il benessere di tutti i popoli. In questo libro non si parla della farmaceutica che in campo industriale è separata dalla chimica.

### **Il futuro delle materie prime fossili**

I combustibili fossili attualmente utilizzati sono il petrolio, il carbone ed il gas naturale, ritenuto il combustibile fossile del futuro, in considerazione delle sue enormi riserve. Altre materie prime fossili che potrebbero essere prese in considerazione nel futuro sono il petrolio non convenzionale (scisti, sabbie bituminose e petrolio pesante) e lo shale gas. Il metano può essere

impiegato per produrre energia elettrica e riscaldamento domestico così come nei trasporti, direttamente come carburante (il nostro Paese è all'avanguardia in questo settore) o indirettamente, secondo varie opzioni, via gas di sintesi. Da quest'ultimo si possono ottenere



idrocarburi, come quelli ottenuti dal petrolio, via Fischer-Tropsch, idrogeno per celle a combustibile e metanolo. Dal metanolo già si ottengono combustibili via dimetiletere, ideale come sostituto del diesel, via biodiesel (l'estere metilico di acidi grassi) e via MTBE, additivo delle benzine, oppure può essere miscelato direttamente con la benzina. L'utilizzo di shale gas (gas naturale imbevuto nelle rocce) per ottenere metano a basso

prezzo ha completamente rivoluzionato l'industria chimica statunitense e sta per avere un forte impatto anche in Cina e in Russia. L'industria europea e quella italiana temono che l'utilizzo dello shale gas possa favorire l'industria extraeuropea: occorrerebbe quindi trovare alternative o estrarlo anche in Europa, ma gli aspetti ambientali ne frenano per ora l'utilizzo. Comunque sia, il basso prezzo cui si è attestato il valore del petrolio a partire dal 2015 ha confermato come non si è ancora prossimi all'esaurimento delle sue scorte.

### Le biomasse nel futuro della chimica e dell'energia

Non esiste praticamente nessun settore della chimica dove non si preveda nel prossimo futuro un aumento dell'utilizzo di materie prime rinnovabili, ossia provenienti da biomasse in alternativa a quelle fossili. Quando si parla di materie prime da biomasse, s'intendono in prevalenza coltivazioni agricole o marine dedicate alla chimica e all'energia o già utilizzate per l'alimentazione umana o animale o scarti di industrie alimentari, del legno, di lavorazioni agricole e di attività forestali. I vantaggi dell'utilizzo di biomasse per la chimica e l'energia sono il loro costo, che potrebbe diventare competitivo in futuro rispetto a quelle fossili, la disponibilità locale, la diminuzione



dell'emissione dei gas serra, la sostenibilità, ossia un minore spreco di risorse per le generazioni future, effetti significativi in ambito sociale (come ricavi aggiuntivi per gli agricoltori) e geopolitico, perché provengono da aree geografiche diverse da quelle dei combustibili fossili. Inoltre vi sono vantaggi specifici legati al tipo di prodotto che può avere prestazioni migliori e alle minori emissioni tossiche durante la produzione e l'uso. Quindi i prodotti chimici ed i carburanti da biomasse possono avere un minore impatto ambientale, una minore tossicità, una maggiore biodegradabilità, una ridotta emissione di sostanze tossiche rispetto a quelli da fossili. Ma esistono anche aspetti

negativi, come la perdita della biodiversità, se vengono coltivati territori attualmente incolti, l'incremento dello sfruttamento del territorio e del consumo d'acqua, con il conseguente maggiore carico inquinante, il problema della fame nel mondo, che spinge a produrre più alimenti, nonché l'attuale elevato costo delle biomasse e dei processi di trasformazione, che esige un maggiore sforzo di ricerca. Attualmente le biomasse utilizzate sono essenzialmente quelle provenienti dallo sfruttamento parziale di coltivazioni già utilizzate per l'alimentazione umana ed animale (biodiesel da oli vegetali e grassi animali ed etanolo da sostanze zuccherine). Quando invece si parla di biomasse si dovrebbe pensare solo all'utilizzo di sostanze lignocellulosiche o scarti di diverse attività agro-forestali e industriali. Per esempio da parte di Chemtex, azienda italiana del gruppo Mossi & Ghisolfi, è stata recentemente sviluppata una filiera ad etanolo utilizzando

sostanze lignocellulosiche invece che da sostanze zuccherine. Infine, in tempi più lunghi, si potrà pensare all'utilizzo di nuove coltivazioni dedicate ad usi industriali su terreni non adatti alla coltivazione di alimenti, ottenute per selezione o modifiche genetiche o coltivazioni marine come quella delle alghe.

Quando si parla di biocombustibili, si intende, in Europa, essenzialmente biodiesel ed ETBE (etilterbutiletere) derivato dell'etanolo, utilizzato quest'ultimo come additivo per benzine, mentre nel mondo si include anche bioetanolo, e combustibili ottenuti da gas di sintesi ( $\text{CO}+\text{H}_2$ ) o idrogeno prodotto da biomasse. L'idrogeno da biomasse può essere ottenuto via gas di sintesi per gassificazione di sostanze lignocellulosiche, mentre le materie prime potenziali per la produzione di polimeri biodegradabili sono la cellulosa, l'amido, lo zucchero, la chitina/chitosano e le fibre naturali. La soluzione più vantaggiosa per il prossimo futuro è investire nell'innovazione per sopravvivere. Tornano alla mente le parole di Charles Darwin: «Non è la specie più forte che sopravvive, né la più intelligente, ma quella più disponibile al cambiamento». Gli aspetti economici ed ecologici legati alla produzione di energia da biomasse sono oggetto di continue polemiche, mentre l'ottenimento di prodotti chimici da fonti rinnovabili appare un approccio più fondato e perseguibile, in sintonia con i principi della chimica verde, sia per le minori quantità prodotte che per la maggiore complessità delle molecole ottenute, che potrebbe semplificare i processi di trasformazione a paragone di quelli da materie prime fossili. Le molecole estratte da materie prime vegetali contengono già infatti gruppi funzionali per cui la sintesi di prodotti chimici può richiedere un minor numero di stadi rispetto a quella condotta a partire da materie prime fossili. Inoltre le proprietà, quali biodegradabilità e biocompatibilità, di tali molecole sono uniche e hanno già portato allo sviluppo industriale di diversi prodotti. Significativa è la produzione dei polimeri dell'acido lattico, ampiamente usati soprattutto per imballaggi alimentari, ma anche per la produzione di fibre.

### Chimica e ambiente

Vi sono due testi basilari per ricostruire la storia dei danni provocati dalla chimica sull'ambiente: *The Silent Spring* di Rachel Carson, pubblicato nel 1962, che espone la presa di coscienza della comunità scientifica e industriale sul fatto che la natura non possiede la proprietà di autoripulirsi all'infinito, come si pensava allora, e denuncia come i prodotti chimici possano alterare l'equilibrio dell'ecosistema (veniva accusato in maniera specifica l'insetticida DDT) e *Our stolen future* di Theo Colborn, Dianne Dumanowski e John Peterson Myers, pubblicato nel 1992, dove



si rivela come molte sostanze chimiche presenti in diversi prodotti in commercio siano responsabili della distruzione del sistema endocrino degli esseri viventi, effetto tossico che fino ad allora non era stato tenuto in seria considerazione. Si può senz'altro affermare che fino agli anni Settanta gli effetti tossici sull'uomo e sull'ambiente delle sostanze chimiche utilizzate erano ancora poco noti e si era convinti che l'ambiente (l'aria, l'acqua e il suolo) potesse autonomamente assorbire e distruggere tutti gli inquinanti. Successivamente si è presa coscienza che l'ambiente è delicato come il genere umano, ma si è dovuto aspettare fino agli anni Novanta perché i nuovi regolamenti e le nuove tecnologie per la tutela dell'ambiente e del genere umano fossero applicati correttamente, in quanto per una ventina d'anni si sono avuti ritardi nell'applicazione ottimale

delle nuove tecnologie. Dopo gli anni Novanta, si può senz'altro affermare che l'inquinamento dell'ambiente e del genere umano, almeno in Europa, sia da attribuirsi essenzialmente ad atti criminali o ad incidenti imprevisti. Oramai l'ambiente - come sottolineato dagli ultimi tre Papi - è considerato parte integrante del genere umano. Attualmente l'inquinamento ambientale più

significativo è quello dovuto ai siti inquinati dal passato dalle diverse attività industriali e dal deposito di rifiuti tossici non a regola o abusivi, alle torce che pulsano continuamente negli stabilimenti chimici, ad incidenti o disastri in petroliere o in perforazioni petrolifere, in impianti chimici o nel trasporto di prodotti chimici e alla presenza di sostanze tossiche ancora in commercio. Quando si parla di siti inquinati, in eventi riportati continuamente sui quotidiani e che pesano sulla percezione pubblica della chimica, si fa riferimento a inquinamento da fanghi tossici, da sostanze organiche clorate, fitofarmaci, metalli pesanti, nerofumo, amianto, petrolio e gas tossici. Un'altra immagine emblematica degli effetti dannosi della produzione chimica sull'ambiente sono le torce presenti nei siti industriali, che pulsano con le loro fiamme bruciando continuamente emissioni gassose combustibili, mentre dovrebbero essere attive solo saltuariamente per interventi di sicurezza. Un'altra importante fonte di inquinamento è costituita dagli incidenti che si verificano nel corso del trasporto di petrolio via nave e di perforazioni marine. Uno degli strumenti più efficaci e concreti, a livello nazionale, per coniugare sviluppo, società e ambiente è il programma "Responsible Care" di Federchimica, attivato da molte industrie chimiche italiane, dal quale discendono anche le iniziative di Fabbriche Aperte (visite alle aziende da parte della popolazione e dei media). "Responsible Care" è un'iniziativa volontaria dell'industria chimica mondiale per dimostrare che l'impegno delle singole imprese sui temi dell'ambiente e della salute è concreto e tangibile e in direzione di un continuo miglioramento. Quello che si è solo iniziato a fare in questi ultimi anni, ma che si dovrà portare avanti in futuro, è trasformare i processi per ridurre la produzione di rifiuti e coprodotti a monte e non utilizzare sostanze tossiche per l'uomo e per l'ambiente, così da scongiurare effetti dannosi di eventuali incidenti o emissioni saltuarie quasi impossibili da evitare in un impianto chimico.

### La chimica e i cambiamenti climatici

Una conseguenza di molte attività umane è avere contribuito ad innalzare la temperatura del pianeta, essenzialmente a causa delle emissioni di gas serra ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ) generate dal trasporto urbano, dalla produzione di energia, da riscaldamento e raffreddamento domestico e da diverse attività industriali e agricole. Disgraziatamente non esiste ancora un accordo a livello globale in merito all'abbattimento dei gas serra e soprattutto sono contrari a firmare una convenzione, come quella di Kyoto, i Paesi più inquinanti, come gli Stati Uniti e la Cina. La mancanza di un largo accordo



internazionale è dovuta alla recente crisi economica, che scoraggia investimenti sull'uso di fonti alternative per la produzione di energia e di carburanti, nonché alla presenza di scienziati che mettono in dubbio che la  $\text{CO}_2$  sia l'unica causa dei cambiamenti climatici. Comunque il principio di precauzione spinge a non aumentare la concentrazione di  $\text{CO}_2$  nell'atmosfera e a non sperperare i combustibili fossili: ciò dovrebbe spingere alla riduzione di  $\text{CO}_2$  nell'atmosfera,

alla ricerca di vie alternative per la produzione di energia e alla messa a punto di tecnologie per la sequestrazione ed il riutilizzo di  $\text{CO}_2$ . La chimica è coinvolta in diverse strategie per diminuire il riscaldamento del pianeta ed alcuni progetti significativi per contrastare i cambiamenti climatici sono una maggiore efficienza nella produzione e nel risparmio di energia in ogni settore, per esempio la messa a punto di nuovi materiali isolanti per gli edifici o leggeri per i trasporti, la realizzazione di una combustione pulita del carbone mediante sua previa gassificazione ad un gas combustibile in modo che sia più facile purificare e sequestrare la  $\text{CO}_2$  formata, la produzione di biocombustibili, l'utilizzo di fonti rinnovabili, l'utilizzo di idrogeno come combustibile, il riciclo dei prodotti a fine vita per chiudere il ciclo e riottenere eventualmente le rispettive materie prime di

partenza. Altri progetti significativi sono l'impiego in futuro di una maggiore quantità di CO<sub>2</sub> come materia prima, attraverso la messa a punto di nuovi prodotti, la sintesi di idrocarburi in processi foto(elettro)catalitici e metanolo per sua idrogenazione catalitica, un suo maggiore utilizzo come solvente e refrigerante e per estrarre petrolio pesante e riattivare giacimenti in esaurimento.

### Le diverse facce dello sviluppo sostenibile

La sostenibilità, definita come lo sviluppo che va incontro alle necessità delle generazioni presenti senza compromettere la possibilità di quelle future di soddisfare le proprie esigenze, si basa su tre pilastri: quello sociale, quello ambientale e quello economico. La chimica è coinvolta nel trovare una soluzione a tutti questi tre aspetti. Nel campo della sostenibilità sociale la chimica può migliorare la vita delle persone direttamente, curando la protezione dell'ambiente, ma anche indirettamente, procurando benessere, sicurezza e salute. Nel campo della sostenibilità ambientale la chimica può fare risparmiare risorse naturali, ridurre l'inquinamento, migliorare l'efficienza energetica delle abitazioni, dei trasporti e delle industrie e aiutare a trovare nuove fonti di energia. Per la sostenibilità economica la chimica produce ricchezza perché consente di realizzare prodotti di sempre più elevata qualità rispetto ai precedenti a un minor costo, migliorando la competitività di qualsiasi settore, quindi il benessere economico di tutti. Più specificamente, per un'industria chimica sostenibilità significa utilizzo responsabile dei



combustibili e delle materie prime, tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori e delle comunità vicine (quindi integrazione nel territorio e comunicazione con la cittadinanza), riduzione delle emissioni, gestione ottimale degli impianti, realizzazione di prodotti sicuri nell'uso, sempre più riciclabili o smaltibili, attuazione di interventi recuperare e riutilizzare le risorse, di ridurre al minimo l'impatto della produzione, dello stoccaggio, del trasporto, della distribuzione, dell'uso e dello smaltimento dei prodotti che possono provocare danni all'uomo e all'ambiente. Una delle strategie per lo sviluppo sostenibile della chimica è la scelta di materie prime naturali che

permettano di ridurre il consumo di materie prime petrolchimiche e diminuire le emissioni di CO<sub>2</sub>. Nel settore dell'energia significative sono le ricerche per il miglioramento della tecnologia delle celle a combustibile per processi con elevata potenzialità come sorgenti di energia più pulita e per lo sviluppo di veicoli a emissione zero: la sfida è la messa a punto di materiali che siano meno costosi e più efficienti di quelli attualmente disponibili. Le industrie chimiche che aderiscono a Federchimica operano in una strategia di sviluppo sostenibile aderendo al programma "Responsible Care" i cui obiettivi sono: tutelare la sicurezza e la salute dei dipendenti, aumentare la sicurezza dei processi diminuendone i rischi, garantire la protezione dell'ambiente controllando le emissioni gassose liquide ed i rifiuti solidi, realizzare una gestione sostenibile dei loro prodotti in tutto il loro ciclo di vita, utilizzare una logistica sostenibile, in particolare curando la sicurezza nel trasporto e nella distribuzione dei prodotti chimici e comunicare e dialogare con tutti gli stakeholder della società per far conoscere meglio l'industria chimica. Proprio per divulgare le strategie di uno sviluppo sostenibile alla società, le industrie chimiche sono state ricevute nel 2014 al Parlamento, dove è stato ricordato che l'industria chimico-farmaceutica è il settore con il minor numero di incidenti denunciati per milioni di ore lavorate rispetto a tutte le attività industriali nel nostro Paese, seconda solo a quella petrolifera. L'industria chimico-farmaceutica è l'industria manifatturiera con il minore numero di malattie professionali e infettive per ore lavorate. Superando gli obiettivi fissati dall'Europa di una riduzione del 20% per il 2020, l'industria chimica ha ridotto nel 2014 i consumi di energia del 38%, ossia il 2% rispetto al 1980 e ha ridotto le emissioni di gas serra (CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>O) del 68% rispetto al 1980.