



**MaCSIS**

Università degli Studi di Milano-Bicocca

Centro Interuniversitario MaCSIS

**MaCSIS Working Paper Series**

**CHIMICA NE ABBIAMO  
È LA PAURA CHE CI FREGA**

Riccardo Lucentini

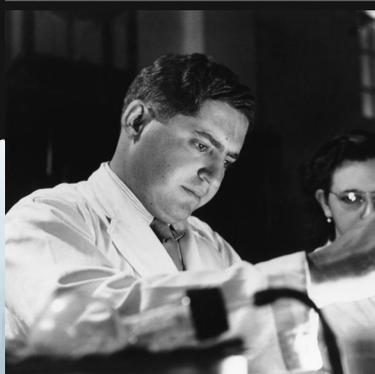
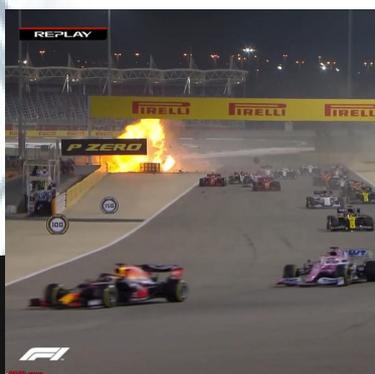
**Working Paper n.3/2020**



MaCSIS 19/20

Riccardo Lucentini

# CHIMICA NE ABBIAMO



È LA  
**PAURA**  
CHE CI FREGA

Relatore:  
prof. Gianfranco Pacchioni

## **Indice**

<b>Introduzione: Ma di cosa abbiamo paura?</b>	<b>1</b>
<b>Capitolo 1: All'inferno e ritorno.</b>	<b>7</b>
<b>Capitolo 2: il primo referendum consultivo in Europa</b>	<b>13</b>
<b>Capitolo 3: Grandi passi e piccoli passi</b>	<b>20</b>
<b>Capitolo 4: un soldato molecolare e primavere silenziose</b>	<b>26</b>
<b>Conclusione: ignoranza, sfiducia e il ruolo del comunicatore</b>	<b>34</b>
<b>Bibliografia</b>	<b>36</b>

## **Introduzione: Ma di cosa abbiamo paura?**

“La materia è materia, né nobile né vile, infinitamente trasformabile, e non importa affatto quale sia la sua origine prossima” – Primo Levi

Il periodo universitario è unico: ci sia avvia sulla strada della vita adulta con indosso ancora tutta la spensieratezza e la voglia di spaccare il mondo tipiche della giovinezza. Ma soprattutto si incontrano persone nuove, provenienti da tutta Italia, e non solo. Chi ha dovuto vivere quegli anni da studente fuori sede, ha anche incontrato delle persone uniche: i padroni di casa. Ne esistono di varie tipologie. Per fare alcuni esempi...

C'è l'essere mitologico: leggi di lui sulla carta dei contratti di locazione, non lo hai mai visto, parla con te solo attraverso le agenzie immobiliari e gli interessa esclusivamente di avere ogni mese i soldi che chiede.

C'è la madre superiora: classica signora benestante in pensione che odia i giovani, ma è costretta a dare loro il proprio appartamento perché nessun altro lo considera. Vive alla porta accanto, affitta esclusivamente a ragazze e le controlla dal suo balcone, pronta ad allontanare ogni essere umano di genere maschile che si avvicini all'appartamento. “Fate le vostre porcherie ovunque, ma non in casa mia”.

C'è l'eremita: possiede case in città, le affitta tutte e vive a centinaia di chilometri, dove si è isolato dalla società e dalla tecnologia. Non si fida di nessuno, soprattutto dei vicini e delle persone a cui affitta, ma entra in città solo quando costretto e quindi l'universitario usufruisce dell'appartamento come meglio crede. Ogni eremita ha le sue fissazioni: ad esempio, esiste il tecnofobo con un tale terrore per le radiazioni, che non possiede un televisore o un frigorifero, figurarsi un computer. Una situazione così particolare, non è, però, unica nel suo genere ed è sintomo di un rapporto piuttosto altalenante tra l'umanità e alcune scoperte scientifiche.

Il concetto di radioattività, ad esempio, è piuttosto giovane: la scoperta dei raggi X è del 1895, il lavoro dei coniugi Curie, che poi frutterà a Marie 2 premi Nobel, avviene a cavallo tra i due secoli. E a quei tempi non faceva alcuna paura: questa nuova proprietà della materia incuriosiva il pubblico ed elettrizzava gli scienziati. In poco tempo si arrivò a riporre una fiducia cieca nelle radiazioni, al punto che si pensava fossero la soluzione ad ogni problema. Si era infatti diffusa, anche nella comunità medica, la credenza che le giuste dosi di radiazioni guarissero dalle più svariate malattie: nevrosi, paralisi, artrite, cecità e cancro. Quando Marie

Curie isola il radio, elemento con una radioattività naturale così elevata che pochi milligrammi sono sufficienti a creare piccole ustioni, la situazione sfugge completamente di mano. Ad una conferenza dell'Università di Parigi, il dottor Darier si esprime così: "Nella mia prima nota rivolta all'Accademia della Medicina, il 6 ottobre 1903, io già affermavo che credevo di essere arrivato a determinare in quali dosi si poteva utilizzare il radio. A partire da quel giorno, ho curato un grande numero di malati. Ho avuto sicuramente degli insuccessi ma era inevitabile e non ho mai osservato la più piccola complicazione." Il radio era diventato la panacea a tutti i problemi senza effetti collaterali. Anche le industrie prendono la palla al balzo e mettono sul mercato prodotti addizionati del nuovo elemento. Negli Stati Uniti, il prodotto denominato *Radithor* viene venduto come rimedio per oltre 150 malattie; più vicino a noi, si possono acquistare creme di bellezza radioattive. In Francia, ad esempio, diventano molto popolari i prodotti dell'azienda Tho-Radia. Gli hotel forniscono soluzioni radioattive per il bagno e non mancano anche i casi estremi di profilattici al radio. Il Radium Palace, situato sui Monti Metalliferi della Boemia, diventa un importante stabilimento termale, perché le sue acque sono naturalmente radioattive.

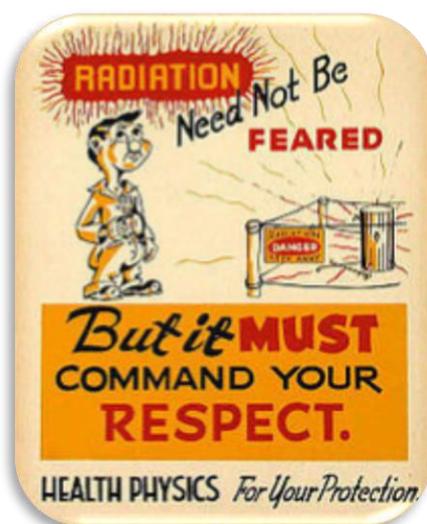
Dagli anni '20, nei negozi di scarpe diventano comuni i pedoscopi: macchinari radiologici per la verifica della comodità delle scarpe, che affascinavano soprattutto i bambini. In pratica si entrava in negozio con il denaro, si usciva con un nuovo paio di scarpe e una radiografia ai piedi.



Figura 1. Un pedoscopio in mostra al museo della fisica di Salisburgo

È una bolla positivista completamente fuori controllo e, per questo, destinata ad esplodere. E esplode definitivamente insieme alle bombe atomiche su Hiroshima e Nagasaki. Il 6 agosto 1945 l'umanità raggiunge contemporaneamente il punto più alto e il punto più basso della sua storia: nel progetto Manhattan sono coinvolti tutti i migliori scienziati del periodo, se si escludono Albert Einstein, di cui gli americani avevano poca fiducia, e Werner Heisenberg, che invece guidava il progetto nucleare tedesco. Mai si erano viste così tante eccellenze scientifiche impegnate in solo progetto e mai erano stati raggiunti risultati tanto eclatanti in così poco tempo. Tutti, però, conosciamo le conseguenze di tali risultati. Insieme ad una esplosione di potenza difficile anche solo da descrivere, le radiazioni emesse dai due ordigni hanno avuto effetti devastanti sulla popolazione e sul territorio. Di colpo, l'umanità si rende conto della loro pericolosità. La visione positivista della scienza muore quel giorno: una ricerca scientifica senza freni può portare a risultati catastrofici, soprattutto quando messa al servizio dell'industria bellica. La fiducia cieca, prima di allora riposta in ogni nuova scoperta, viene tradita e le aspettative di un futuro ipertecnologico guidato dal progresso scientifico vengono disattese.

Le radiazioni passano da amiche fidate con cui fare un bagno ad assassini invisibili e iniziano a incutere timore. Cresce immediatamente la consapevolezza che è necessaria una adeguata protezione quando vengono usati apparecchi a raggi X, ma, con questa consapevolezza, cresce anche la paura.



*Figura 2 Un manifesto che mette in guardia dai rischi delle radiazioni*

Il manifesto in figura 2 è del 1947, solo due anni dopo Hiroshima e Nagasaki: fanno capolino, nella comunicazione scientifica, le parole “paura”, “rispetto” e “protezione”. Il Radium Palace e le sue terme al radio sembrano già un lontanissimo ricordo.

Viene da chiedersi: ma cosa è cambiato? Le radiazioni, da un momento all'altro, sono diventate nemiche dell'uomo, quasi fossero dotate di una doppia personalità? Prima amiche fidate e panacea di tutti i mali e ora acerrime nemiche da evitare e imprigionare?

Nulla di tutto questo. Il cambiamento è avvenuto nella mente umana e nell'approccio a problemi scientifici o di salute. Se prima la parola radioattività era legata a concetti come "cura" "terme" "relax" "curiosità", dopo la bomba la stessa parola si lega ad altri temi quali "distruzione" "morte" "paura" "cancro". Come in una reazione chimica, dove nulla si crea nulla si distrugge ma tutto si trasforma e gli atomi cambiano solo i legami tra loro, anche le radiazioni hanno cambiato il loro legame con la società, rimanendo sempre le stesse. Innocue e curative se usate al meglio, distruttive se maneggiate senza scrupoli.

Questa storia di uomini e di scienza serve a descrivere al meglio il concetto di chemofobia: da qualcuno è stato declinato come paura della chimica, la materia scientifica a 360°. Nonostante accada spesso che, tra i banchi di scuola o all'università, lo studio della chimica metta a disagio sia allievi che docenti (questi ultimi a volte inadeguati ad insegnare una materia tanto affascinante quanto complessa), un sondaggio tra la popolazione ha chiarito che c'è neutralità verso la materia.

#### How do you feel about chemistry? (%)\*\*

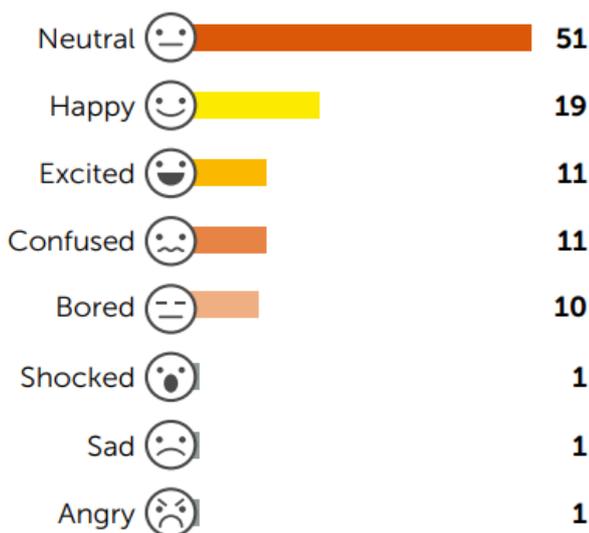


Figura 3 Risultati di un sondaggio sulla percezione della chimica

La metà degli intervistati ha scelto “neutrale” come risposta alla domanda “come ti senti nei confronti della chimica?”. I principali sentimenti negativi sono, invece, noia e confusione, probabilmente retaggio di esperienze poco positive negli anni dell’istruzione. Ma allora di cosa abbiamo paura?

Bisogna guardare in un’altra direzione per trovare l’innesco che scatena questo sentimento: alzando lo sguardo, l’orizzonte si fa molto più complesso.

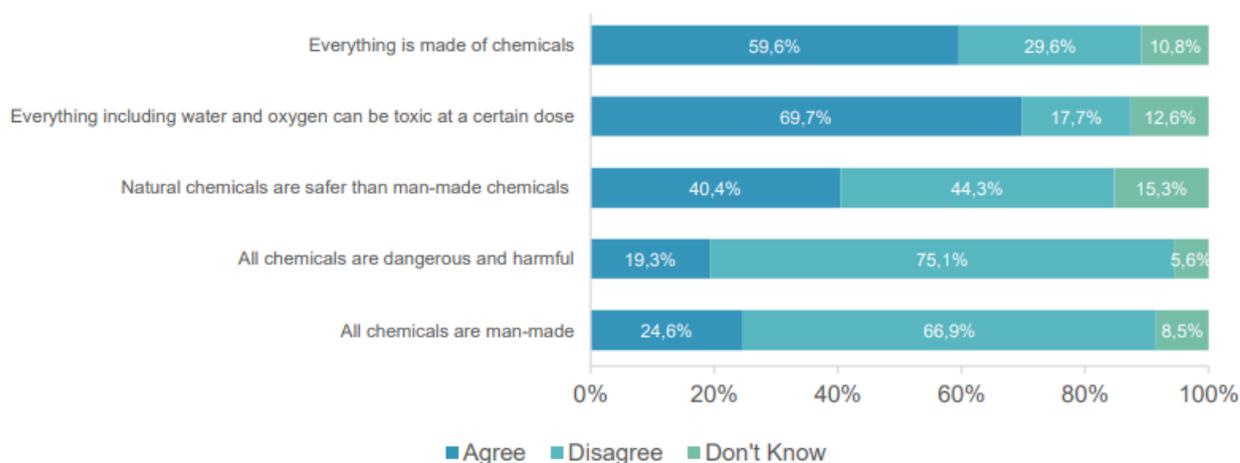


Figura 4: I risultati di un sondaggio sulla percezione del rischio legato alla chimica

Quando entra in gioco il concetto di sostanza<sup>1</sup> e, soprattutto, la separazione tra naturale ed artificiale, si cammina su un terreno molto più accidentato e la semplice dicotomia “mi piace/non mi piace” non è più sufficiente a spiegare le risposte date nel sondaggio. La spaccatura degli intervistati sulla affermazione “le sostanze naturali sono più sicure delle sostanze artificiali” ci porta di nuovo alla sfera dei rapporti scienza-umanità. Come nelle radiazioni, la cui pericolosità è saltata davanti agli occhi dell’opinione pubblica dopo eventi catastrofici e “artificiali”, la diffidenza e la paura nascono da come l’umanità manipola le sostanze. Il parallelismo tra il 30% di intervistati che non è d’accordo sulla frase “tutto è chimica” e il 25% di intervistati che è d’accordo con la frase “tutta la chimica è artificiale”, accende una nuova luce sul concetto di chemofobia, che può essere descritta come l’irrazionale paura delle sostanze artificiali, a cui si contrappongono, secondo lo schema logico identificato nel sondaggio, le sostanze naturali. Queste ultime, poiché non manipolate dall’uomo, vengono intese come benefiche e non pericolose.

Siccome ci troviamo nella sfera emotiva del comportamento umano, parlare solo di scienza con numeri, dati, affermazioni logiche e grafici non basta e potrebbe anche essere controproducente. La paura è, infatti, una emozione primaria che si scontra con la razionalità:

si basa su esperienze passate, sia vissute sia ascoltate, e attiva reazioni immediate ed istintive. Per combattere la natura di tali reazioni si deve creare un legame tra umanità e scienza: noi cercheremo di raggiungere l'obiettivo raccontando delle storie. Spazieremo nella realtà umana, tenendo come filo conduttore la chimica e il suo strettissimo legame con la società, anche dove questo sembra meno evidente.

1. In questo testo, non verrà mai affiancato l'aggettivo "chimica" alla parola sostanza, nella ferma convinzione che "tutto è chimica" e quindi la locuzione sostanza chimica sarebbe ridondante. Inoltre il termine inglese "chemical" ha una accezione neutrale, mentre, in italiano, l'aggettivo "chimico" ha una accezione più negativa.

## Capitolo 1: All'inferno e ritorno.

“La fortuna e la sfortuna non esistono” – Enzo Ferrari

Da quando l'essere umano ha imparato a muoversi sfruttando altri animali o macchinari, è sempre stato affascinato dalla velocità e dalla competizione. Già gli antichi greci e romani organizzavano corse di carri i cui vincitori erano premiati con la famosa corona di alloro e una somma di denari, oltre ad avere il riconoscimento pubblico per il loro coraggio: fin da allora, la ricerca della velocità era vista come una sfida alla morte e alla natura, e non solo una competizione tra esseri umani.

Nel '900, il secolo dei motori, questa sfida è stata trasferita sulle piste e sulle strade di tutto il mondo. Le bighe e i carri sono stati rimpiazzati da motociclette e automobili, mentre gli aurighi degli antichi sono diventati i piloti moderni. Fin da inizio secolo, i piloti hanno accettato di affrontare la morte per dimostrarsi i più veloci e temerari a bordo di un veicolo: i mezzi e le piste messi a punto nei primi decenni del novecento sono stati estremamente pericolosi e gli incidenti mortali non sono mancati. In questa situazione, i piloti sono stati riconosciuti come veri e propri eroi, incuranti dei rischi e pronti ad affrontare la morte ad ogni curva: per alcuni, come Jim Clark, Jarno Saarinen o Gilles Villeneuve, la morte stessa ha rappresentato la consacrazione a leggende indimenticate dello sport.

Con il procedere dei decenni, si è alzato il livello di preparazione atletica e professionalità dei piloti, che, seppur consapevoli dei rischi a cui erano sottoposti, iniziano a chiedere sempre maggior rispetto del loro lavoro e mettono la sicurezza al centro della discussione, sia pubblica che privata.

“Sì, certo che ho paura, come tutti voi. Ogni volta che salgo in macchina accetto il 20% di probabilità di morire, e mi sta bene. Ma neanche uno di più e oggi con la pioggia il rischio è maggiore”

Così si esprime Niki Lauda, interpretato da Daniel Brühl, nel film *Rush*, durante la scena che anticipa il suo famoso incidente al Nurburgring del 1976. E' questo incidente a segnare un punto di svolta nella storia dei motori: gli anni '70 si erano rivelati assai inclementi verso i piloti e ormai non si poteva più accettare di vederne altri morire. La sicurezza diventa, quindi, tema imprescindibile nelle competizioni motoristiche e l'ingegno umano inizia ad adoperarsi in due settori paralleli: alla ricerca per migliorare le prestazioni dei veicoli, che non si è mai arrestata

e probabilmente mai si arresterà, si affianca la ricerca per migliorare la sicurezza, sia delle piste che delle vetture.

Dopo un primo periodo dilettantistico, dove i piloti mettono a punto i propri mezzi e guidano per se stessi e per la gloria, le cause produttrici iniziano a usare le competizioni come veri e propri laboratori di ricerca, dove creare le tecnologie che sarebbero poi tornate utili nella quotidianità. Le competizioni motoristiche diventano quindi una perfetta metafora della ricerca scientifica: il laboratorio è la pista, il veicolo è il pallone di reazione e la squadra, pilota incluso, è il team di ricerca che sperimenta, produce dati, e li analizza.



*Figura 5 in entrambe le foto sono presenti un laboratorio, un operatore e degli strumenti di ricerca*

La continua sperimentazione, in pista come in laboratorio, porta le prestazioni tecnologiche a livelli sempre più elevati. I miglioramenti in sicurezza sono andati di pari passo con il miglioramento delle prestazioni in pista: oggi le vetture resistono a crash test estremi, i caschi rispondono a incredibili esigenze di resistenza e leggerezza, le tute dei piloti sono il non plus ultra nel campo della ignifugazione, rimanendo allo stesso tempo confortevoli alla guida.

Alcuni dati possono rendere l'idea di quali performance abbiano raggiunto i dispositivi di sicurezza utilizzati in formula 1. Il pilota guida in una cellula di sopravvivenza in fibra di carbonio, che, in sede di omologazione, resiste ad un urto frontale causato da una parete metallica scagliata a 57 km/h. La cellula è ulteriormente rinforzata da dei pannelli in Zylon, un materiale talmente rigido e resistente da far impallidire il famoso Kevlar: questi pannelli sopportano forze di circa 50 mila Newton, paragonabili alle forze che spingono i razzi militari. Ma la vera innovazione sulla cellula di sopravvivenza è il sistema di protezione della testa, denominato HALO (in figura 4, la barra nera di fronte alla testa del pilota): reso obbligatorio dalla stagione 2018, è costruito in titanio e fibra di carbonio ed è in grado di sopportare una

pressione verticale di 10 tonnellate. Grazie ad esso, qualsiasi cosa approcci minacciosamente il casco, verrà rispedita al mittente.

L'altro grande pericolo, oltre gli urti, a cui un pilota va incontro è il fuoco: alcune parti della vettura devono raggiungere migliaia di gradi centigradi per lavorare al meglio e, a pieno carico, il serbatoio contiene 100 kg di carburante. Un mix decisamente esplosivo che ha fatto anche notevoli danni: non serve, infatti, essere appassionati per avere in mente le immagini dell'incidente a Niki Lauda già citato. Da questo punto di vista, la protezione del pilota passa da un altro materiale, che è stato denominato Nomex: esso, con l'aiuto di altri ritardanti di fiamma a base di fosforo, permette, a chi una tuta da formula 1, di stare nelle fiamme per 30 secondi senza soffrire danni da ustioni. Tutti questi materiali trovano la giusta sintesi nell'oggetto forse più iconico degli sport motoristici: il casco. La protezione della testa è affidata ad un oggetto di soli 1,5 kg in fibra di carbonio, nomex e zylon che, in fase di omologazione, supera veri e propri test balistici militari: non è perforato da proiettili scagliati a 225km/h e non brucia se esposto ad una fiamma di 790°C. Tutto unito, il casco diventa poi la tela degli artisti a cui il pilota commissiona la personalizzazione, rendendolo un oggetto da collezione e un brand facilmente riconoscibile.

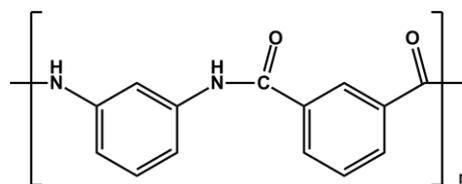
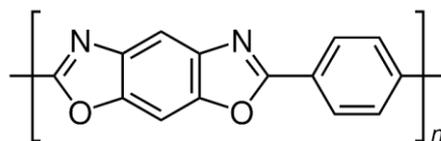


Figura 6 Lo zylon (in alto) e il nomex (in basso), i materiali nei caschi e nelle tute dei piloti

Lo zylon e il nomex, quest'ultimo chimicamente imparentato con il kevlar, sono il risultato di una ricerca nel campo dei polimeri durata decenni. Aziende e università hanno collaborato per individuare le strutture molecolari adatte alle funzioni richieste e poi per mettere a punto processi industriali che producessero questi materiali a costi ragionevoli. Successivamente, lo

studio ingegneristico ha plasmato e unito i materiali nelle forme ottimali a fornire la massima protezione, pur mantenendo il comfort ottimale che permetta al pilota di performare al meglio.

La sicurezza nelle competizioni, è quindi materia scientifica e oggetto di ricerche molto avanzate: un lavoro dietro le quinte di cui non ci si rende conto, anche quando dovrebbe essere elogiato e raccontato.

Il 2020 è stato un anno molto particolare, anche per gli sport motoristici, che hanno potuto scendere in pista solo dopo una riorganizzazione durata mesi. In Italia, i risultati ottenuti dai piloti sono passati piuttosto in sordina, vista l'oggettiva difficoltà della scuderia Ferrari e un motomondiale stagnante, in preda ad un ricambio generazionale che stenta ad attirare l'attenzione dei tifosi. In questo deserto di indifferenza, un evento è rimasto sulla bocca di tutti, appassionati e non, per alcuni giorni: il 29 novembre, subito dopo il via del Gran Premio del Bahrain di Formula 1, il pilota francese Romain Grosjean è uscito con le proprie gambe da un incidente che, guardando le immagini in diretta, sembrava una sentenza già scritta. A causa di un contatto involontario con un avversario, la sua vettura è entrata frontalmente in un guardrail, spezzandosi subito in 2 tronconi e avvolgendo nelle fiamme l'intera zona dello scontro. Per pochi minuti, l'appassionato medio, che seguiva la gara alla tv, ha vissuto in uno stato misto tra angoscia e rassegnazione, preparandosi ad accettare la scomparsa di un altro dei suoi beniamini. Eppure, poco dopo, le inquadrature, che riprendevano il pilota seduto sulla medical car intervenuta in soccorso, hanno raccontato una storia ben diversa e a lieto fine. Il finale non drammatico della vicenda ha permesso alle televisioni mondiali di divulgare tutte le immagini dell'incidente, momento per momento. E' stato così possibile ricostruire in maniera molto dettagliata gli avvenimenti: la vettura è entrata nel guardrail a 221 Km/h con un angolo di 75°, ha subito una decelerazione di 53g e si è spezzata. La cellula di sopravvivenza ha resistito all'urto e il sistema HALO ha squarciato il guardrail, proteggendo la testa del pilota. La stessa cellula ha quindi ruotato fino a rimanere parallela alla direzione del guardrail, dove è rimasta incastrata. In circa mezzo secondo, inoltre, si è sviluppato un incendio, probabilmente dovuto a perdite di carburante: le fiamme hanno avvolto la cellula di sicurezza e quindi il pilota. Dopo circa 20 secondi dall'impatto, Grosjean è uscito dalle fiamme ed è saltato oltre il guardrail: ha perso una scarpa e un guanto, mentre il resto delle sue dotazioni di sicurezza sono rimaste

integre. I successivi accertamenti medici hanno riscontrato ustioni a mani e piedi, senza alcuna frattura.



*Figura 7 A sinistra, il momento dell'impatto come visto in diretta TV.  
A destra, la cellula di sicurezza incastrata nel guard rail*

In una normale vicenda sportiva, il lato umano e psicologico è fondamentale e fa la differenza tra una vittoria e una sconfitta: lo sport non è solo ed esclusivamente tecnica, ma anche intelligenza, talento, perseveranza e mentalità. Per questo, da sempre, il giornalismo sportivo enfatizza il lato emotivo ed eroico di un evento, facendo affidamento su una ampia gamma di metafore che rimangono impresse nella mente dell'appassionato.

E quando anche questi concetti non sembrano sufficienti a spiegare un avvenimento, lo storytelling sportivo fa affidamento sull'ultraterreno e sull'imponderabile (termine, quest'ultimo, molto caro a Flavio Tranquillo, un grandissimo della comunicazione sportiva in Italia): si tende a tirare in ballo le parole "miracolo" e "fortuna". I primi istanti dell'incidente a Romain Grosjean sono stati sicuramente molto forti dal punto di vista emotivo e, in quei momenti, è normale definire il pilota un miracolato: uscire dalle fiamme in quel modo non è un avvenimento che si vede tutti i giorni.

Il ragionamento critico arriva comunque in un secondo momento, dopo che l'emotività è scesa e si può ragionare lucidamente sull'accaduto. E' qui che interviene la comunicazione scientifica ed è in questo momento che deve far sentire la propria voce, perché Romain Grosjean è vivo per un miracolo scientifico: ogni singolo pezzo montato sulla sua vettura, ogni singola molecola di cui la sua tuta, la sua cellula di sicurezza e il suo casco sono composti, hanno fatto egregiamente il proprio lavoro. La cellula di sicurezza ha attutito il colpo, il sistema HALO ha divelto il guardrail, il casco e i sistemi di protezione della testa hanno mantenuto cosciente il pilota, la tuta ignifuga gli ha permesso di muoversi liberamente nelle fiamme. Tutte le

invenzioni e le scoperte scientifiche atte a proteggere un essere umano hanno adempiuto alla loro missione.

In alcuni sport, un essere umano si allena anni e anni per performare in una gara di pochi minuti o secondi. E' un lavoro oscuro che non si vede mai, e spesso non viene esaltato a sufficienza. Nel caso dell'incidente a Grosjean, in 20 secondi si sono visti i risultati di anni di ricerche ingegneristiche, chimiche e fisiche. Nella comunicazione, questo aspetto è passato in secondo piano o addirittura è stato screditato, tacciando di "scientismo" coloro i quali volessero dare credito ai miglioramenti fatti nel corso degli anni. Eppure, nelle moderne vetture di Formula 1 le prestazioni velocistiche aumentano di pari passo con quelle di sicurezza. Oggi tutti sorridiamo per la salvezza del pilota, ma possiamo immaginare gli scienziati, che hanno lavorato per ottenere questi risultati, sorridere con un pizzico di soddisfazione in più e pensare: "ragazzo, ti abbiamo salvato la vita".

Per fare in modo che questi risultati passino anche all'opinione pubblica, è necessario che la comunicazione scientifica intervenga a mostrarli e raccontarli: non è più sufficiente esporre un evento e lasciarlo passare come miracoloso e straordinario, ma è necessario che si porti alla luce il lavoro di ricerca e sviluppo, che il "dietro-le-quinte" non sia più così dietro. E' fondamentale che questo avvenga soprattutto in eventi a lieto fine, poiché hanno una copertura mediatica limitata nel tempo: si tende a dimenticarli e con essi si tende a dimenticare il risultato scientifico che ha permesso il lieto fine stesso. Ogni volta che qualcosa di positivo accade, si apre una finestra in cui la comunicazione della scienza si deve gettare a capofitto, in modo da prendersi i meriti che spettano ai ricercatori e in modo da fare breccia in una opinione pubblica bersagliata da cronaca nera ed eventi negativi. Se si forma un legame logico tra eventi positivi e ricerca scientifica, sarà allora più facile dialogare con il pubblico anche quando si devono affrontare temi più delicati come la salute pubblica. Un possibile approccio per affrontare la chemofobia parte allora da qui: raccontare storie in cui la chimica ha fatto la sua parte per salvare delle vite. Un 2020 travagliato ha regalato a tutti, pubblico e professionisti della comunicazione un piccolo spunto per iniziare questo percorso.

## Capitolo 2: il primo referendum consultivo in Europa

“Più lontano accade una catastrofe o un incidente, più alto deve essere il numero di morti e feriti perché faccia notizia.” - Arthur Bloch

Sei favorevole alla chiusura, lo smantellamento e la bonifica degli stabilimenti Farmoplant (compreso l'inceneritore Lurgi) del polo chimico per un'alternativa di sviluppo che punti alla valorizzazione delle risorse del territorio?

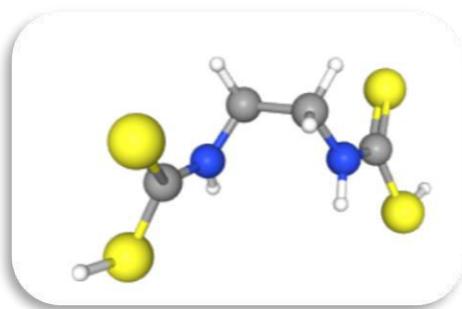
Sei favorevole alla trasformazione e alla diversificazione produttiva dello stabilimento Farmoplant di Massa (386 dipendenti e circa 200 occupati nelle lavorazioni indotte) a fronte degli impegni, certi e verificabili da parte della Farmoplant rispetto al documento di intenti presentato dall'ente locale, con superamento delle produzioni a rischio, nella prospettiva di uno sviluppo compatibile con l'ambiente e la salute dei cittadini e basato sulla valorizzazione delle risorse del territorio?

E' il 25 ottobre 1987: nei comuni di Massa, Carrara e Montignoso si sta tenendo il primo referendum consultivo della storia europea. Quel giorno si sarebbe dovuta chiudere una vicenda iniziata ufficialmente il 5 gennaio 1939, quando il governo fascista aveva istituito il consorzio per la Zona Industriale Apuana (ZIA), con lo scopo di frenare la dilagante disoccupazione che stava flagellando l'alta Toscana. Sono le industrie metalmeccaniche e chimiche le più interessate al progetto, così, in questo lembo di terra compreso tra Versilia, Cinque Terre e appennino tosco-emiliano, vedono la luce alcuni stabilimenti di Montedison, Dalmine, Nuovo Pignone e Solvay.

Come nello sport è facile arrivare al top, ma è complicato mantenersi allo stesso livello, così, alla stessa velocità con cui sorgono nuovi impianti industriali, a metà degli anni 40 inizia una inesorabile deindustrializzazione che nemmeno il boom economico e gli interventi statali riescono a frenare. In pochi anni, le stesse aziende, che avevano investito nei nuovi stabilimenti, perdono l'interesse nella zona: i capannoni rimangono in vita più per “accanimento terapeutico” che per dare loro un vero e proprio futuro. Si viene a creare, quindi, una economia industriale malata che mira alla sola sopravvivenza: gli impianti sono obsoleti e gestiti con una manutenzione minima, i rapporti tra le varie realtà industriali sono praticamente inesistenti e le abitazioni sono pericolosamente vicine ai luoghi di produzione.

Con questi presupposti, non deve stupire che, nel 1972, la Montedison decida di chiudere lo stabilimento “Azoto”, ormai obsoleto in ogni sua parte. Sembra il colpo di grazia a tutto il settore industriale della zona, ma, con un colpo di reni finale, la pubblica amministrazione riesce a convincere la multinazionale a reinvestire sul territorio. Così, nel 1975 viene stilata una relazione per assicurare “sulla sicurezza e non nocività” delle sostanze che sarebbero state prodotte nel nuovo impianto industriale: Montedison propone di aprire uno stabilimento dedicato alla produzione di fitofarmaci, una categoria di sostanze molto importanti, “date le crescenti esigenze nutritive dell’umanità”. Nel 1976, stesso anno in cui il comune di Seveso e tutta la Brianza si trovano ad affrontare il tristemente famoso incidente della ICMESA, apre Farmoplant, ditta che non darà alcun aiuto a migliorare l’opinione generale sulla chimica e l’industria: con il senno di poi, si può dire che il 1976 sia stato il 2020 della chimica italiana.

Nonostante lo stabilimento rispettasse, almeno dal punto di vista burocratico, le norme allora in vigore in materia di ambiente e sicurezza, e nonostante la giunta comunale concedesse licenze trimestrali, la breve storia di Farmoplant è una agonia costellata di incidenti. Ad esempio, il 17 agosto 1980 si sviluppa un incendio spontaneo da un magazzino contenente il fungicida Mancozeb.



*Figura 8 La struttura molecolare alla base del Mancozeb. In grigio gli atomi di carbonio, in blu l'azoto, in giallo lo zolfo e in bianco l'idrogeno*

L’incidente non crea danni alla popolazione, ma il comportamento dell’azienda, che è solita costruire magazzini non autorizzati, e della protezione civile, che minimizza i rischi parlando alla popolazione con toni eccessivamente paternalistici, spinge la gente a protestare apertamente contro lo stabilimento. Viene, infatti, istituita l’associazione “Assemblea Permanente”, ancora oggi attiva sul territorio, per dare voce a tutti coloro che chiedono la chiusura immediata di Farmoplant.

Il sindaco è costretto a sospendere le attività di produzione e a spostare le discussioni sulla riapertura al ministero della sanità a Roma. La popolazione è spaccata: da una parte i lavoratori e le istituzioni si impegnano per riaprire e tornare al lavoro, dall’altra parte gli abitanti chiedono

a gran voce la chiusura immediata. E' una diatriba ancora attuale: salute pubblica e ambiente o lavoro e sussistenza? Cosa sta più in alto nella lista delle priorità?

A novembre del 1980 si raggiunge un compromesso: Farmoplant è classificata come azienda ad alto rischio e riapre dopo aver garantito il rispetto di alcune condizioni, tra cui l'utilizzo dei soli impianti più moderni e la riduzione al minimo dei depositi (soprattutto per sostanze pericolose). Le attività riprendono ufficialmente a inizio 1981, ma nella popolazione continua a serpeggiare il malumore, sentimento amplificato dalla generale situazione di malcontento: la deindustrializzazione è ormai inarrestabile mentre le istituzioni sembrano disinteressate e distaccate. E' il 1984 quando il consiglio regionale toscano concede a Farmoplant i permessi per smaltire, tramite termovalorizzatore, rifiuti di aziende esterne. Una decisione incomprensibile dato il clima di tensione generale nella zona, ma perfettamente in linea con la storia politico-sociale dei legami tra la regione Toscana e la provincia di Massa-Carrara: è tutt'ora viva nella popolazione lunigianese e versiliese la sensazione di essere trattati con estrema indifferenza dai palazzi fiorentini.

E' comunque la giunta provinciale a bloccare la decisione e la Farmoplant non smaltirà rifiuti provenienti da aziende esterne.

Come se non bastasse questa improvvida decisione, pochi mesi dopo, un incidente alla Union Carbide in India uccide 14 mila persone e ha una risonanza mondiale. Dopo Seveso, e dopo i primi problemi alla Farmoplant, questo è il colpo di grazia definitivo alla percezione dell'industria chimica in Italia, soprattutto nei luoghi direttamente coinvolti.

Tra il 1979 e il 1987 il comune di Massa documenta 42 incidenti igienico-sanitari-ambientali alla Farmoplant, di cui due mortali: è evidente che, a livello tecnologico, lo stabilimento non raggiunge gli standard necessari a garantire la sicurezza delle persone e del territorio. Un numero così alto di incidenti è sintomo di scarse conoscenze chimico-ingegneristiche, di gestioni altamente superficiali e di impianti tecnologicamente arretrati o comunque non adatti ai processi che avvengono al loro interno.

Nel 1985 nasce il comitato per il referendum che, nel giro di 18 mesi, raccoglie 10 mila firme a favore della consultazione popolare. Il 25 ottobre 1987, il 70% dei votanti chiede la chiusura definitiva dello stabilimento Farmoplant, con conseguente bonifica del terreno: il primo referendum consultivo della storia europea è sfruttato dai cittadini per tutelare la propria salute e il proprio territorio. Di fronte ad una elevata affluenza e ad un risultato elettorale netto,

il sindaco di Massa si muove immediatamente e revoca le licenze di produzione alla ditta, che risponde licenziando tutti i suoi dipendenti.

Vista la storia dello stabilimento e visto il clima di generale sfiducia verso l'industria chimica, sarebbe stato corretto e coerente mettere la parola fine a tutta la vicenda: si sarebbe così concluso anche il progetto ZIA, che aveva dato ben pochi risultati e moltissimi problemi a tutta la zona. Ma l'accanimento terapeutico continua e Farmoplant non vuole arrendersi al proprio destino, così ricorre al TAR, chiedendo l'annullamento di tutte le decisioni e la ripresa della produzione. Con una decisione ancor più incomprensibile, il tribunale accoglie il ricorso, appellandosi ad alcuni vizi di forma e al danno ricevuto dai lavoratori licenziati. Il TAR conclude la sentenza definendo gli apparati di sicurezza efficienti al 99%. Una valutazione arrogante e irrispettosa che spinge la popolazione a scendere in piazza e che viene fragorosamente smentita il 17 luglio 1988.

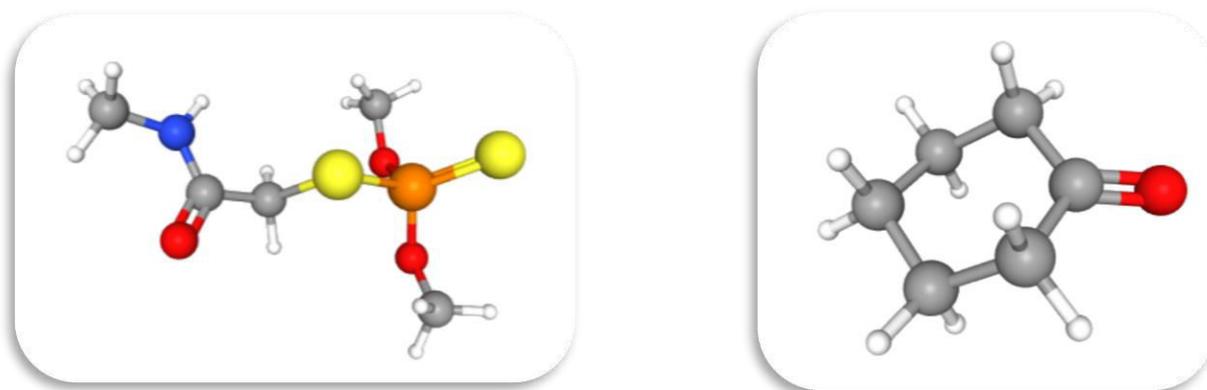


*Figura 9 Cittadini protestano dopo la sentenza del TAR*

Quel giorno, infatti, i cittadini sono svegliati da due esplosioni successive, la seconda delle quali innesca un incendio in cui brucia una soluzione di Rogor (per i chimici “dimetoato”, un pesticida) in cicloesano: si sviluppa quindi una nube nera che, in poche ore, si disperde su tutta la provincia, fino a La Spezia.

Al disastro ambientale, ampiamente annunciato da tutti gli eventi descritti, segue un disastro comunicativo perpetrato dalla protezione civile sia nazionale che locale. Raggiunti telefonicamente da alcuni giornalisti, circa 2 ore dopo l'esplosione, i responsabili della protezione civile minimizzano il problema: la sede centrale di Roma afferma addirittura che

“non seguono neanche la nube perché non è preoccupante; è maleodorante ma non tossica”. La telefonata si chiude con un serafico “non c’è nulla da seguire perché non è preoccupante”. Pur argomentando in maniera più approfondita, anche dalla sede locale di Massa arrivano messaggi dal tono paternalistico, volti a rassicurare e a minimizzare l’accaduto. La popolazione infatti, fin dai primi momenti successivi alle esplosioni, si era riversata sulle strade con lo scopo di allontanarsi il più possibile dal luogo dell’incendio, di conseguenza le strade erano intasate e le infrastrutture bloccate. Una reazione emotiva comprensibile, dettata anche da anni di faticosi scontri con le istituzioni e con l’azienda. Per giungere allo scopo, gli addetti della protezione civile di Massa parlano ai giornalisti, entrando subito nel merito della sostanza che si è incendiata, per dare l’impressione di avere tutto sotto controllo. “E’ stata una esplosione di un serbatoio di cicloesano”. Alla richiesta di chiarimenti da parte del giornalista, il funzionario risponde con un laconico “è un solvente”, quasi a voler indicare che il suo essere solvente lo renda non pericoloso. Chiude il cerchio la dichiarazione secondo cui nel serbatoio incendiato ci fosse una piccola percentuale di Rogor che quindi non destava alcuna preoccupazione.



*Figura 10 Le molecole di Rogor (sinistra) e di cicloesano (destra) coinvolte nell’incendio del 1988*

Anche questa dichiarazione è smentita dagli accertamenti: l’incendio ha coinvolto un serbatoio contenente una soluzione di Rogor al 45% in cicloesano. Una percentuale tutto tranne che trascurabile.

Più si tenta di minimizzare l’evento, circoscrivendolo ad un semplice incendio rapidamente domato dai vigili del fuoco, più l’impatto mediatico ne risulta amplificato: già nel pomeriggio, infatti, la USL raccomanda il divieto di balneazione delle spiagge vicine e il non consumo di frutta e verdura coltivate in loco. Intorno a metà pomeriggio, si viene a sapere che alcune persone sono ricoverate in ospedale per l’esposizione alle sostanze coinvolte nell’incendio.

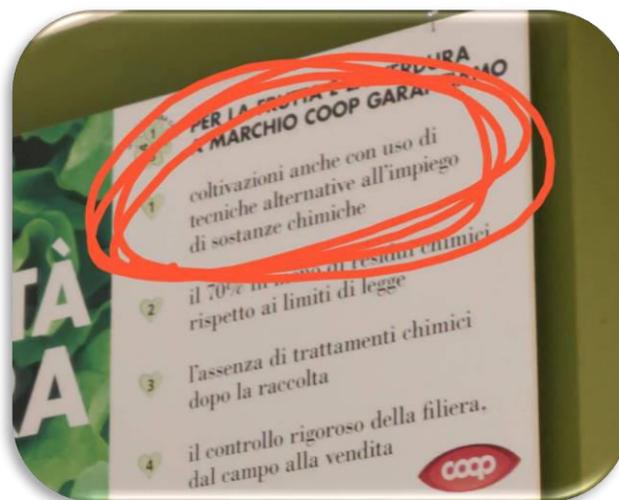
Il coinvolgimento della salute pubblica rende allora l’incidente di interesse nazionale e anche il TG1 riprende la notizia, facendo leva sul lato emotivo della vicenda e sottolineando

l'exasperazione della popolazione. Nei servizi televisivi, inoltre, si fa largo uso della dicitura "sostanze chimiche pericolose", rimarcando una associazione logica che ancora oggi è forte nell'immaginario collettivo. Con una simile esposizione mediatica e con la direttiva europea "Seveso" appena entrata in vigore, non si torna più indietro e Farmoplant chiude definitivamente i battenti.

Se una storia si chiude, un'altra si apre: bisogna infatti stabilire tempi, modalità e responsabilità della bonifica del sito. Viene istituita una nuova società che smaltisca rifiuti e sostanze sfruttando gli inceneritori già presenti nello stabilimento. La decisione di rimanere sul territorio è appoggiata dal ministro dell'ambiente che dichiara: "è impensabile, dopo quello che è successo alla Farmoplant, che si possa anche soltanto pensare alla chiusura o alla delocalizzazione di attività produttive chimiche, perché altrimenti noi daremmo alla popolazione l'immagine che la *chimica non è affidabile*"

Una vicenda costellata di responsabilità umane si chiude, quindi, con una dichiarazione che vuole scaricare ogni colpa sulla chimica.

E' una conclusione ingiusta e irrispettosa, sia verso la chimica sia verso le persone coinvolte: la chimica, come ramo della conoscenza scientifica, non ha tratti "umani" quali l'affidabilità o l'inefficienza. Individuando, inoltre, il colpevole nella "chimica poco affidabile" si manca di rispetto a quelle persone che hanno subito, loro malgrado, tutta la vicenda. Come nelle vicende a lieto fine esiste un lato umano da elogiare per la buona riuscita di un progetto, così in una vicenda triste esistono persone negligenti che non hanno fatto a pieno il proprio dovere. Le colpe di un incidente sicuramente evitabile come quello alla Farmoplant non sono sicuramente chimiche, ma umane. La sufficienza, con cui sono state trattate le sostanze in gioco, è una grande mancanza di rispetto verso la scienza e i pericoli che porta sempre con sé. La sufficienza, con cui le richieste della popolazione sono state snobbate dalle istituzioni, è una mancanza di rispetto verso le persone direttamente coinvolte nella vita dello stabilimento e verso un ambiente che è stato notevolmente danneggiato da una gestione troppo leggera di tutte le fasi di vita degli impianti. E così sono umane le colpe derivate da una comunicazione fortemente deficitaria, basata su toni paternalistici, sull'imposizione di regole, sullo scarico di colpe e sull'emotività. Con il disastro di Farmoplant, si chiude il cerchio nero della chimica italiana aperto nel 1976 a Seveso: le conseguenze, prima di tutto ambientali e sanitarie, ma anche psicologiche e comunicative hanno un'onda lunga che arriva fino ai giorni nostri e a strategie di marketing che demonizzano l'utilizzo di "sostanze chimiche". All'alba del 2021, questi approcci non sono più accettabili.



*Figura 11 una nota azienda della grande distribuzione si vanta di non usare "sostanze chimiche" in agricoltura; immagine proveniente dai social network*

### Capitolo 3: Grandi passi e piccoli passi

“Scientific work must not be considered from the point of view of the direct usefulness of it. It must be done for itself, for the beauty of science, and then there is always the chance that a scientific discovery may become a benefit for humanity.” – Maria Skłodowska-Curie

“Today a new era in human spaceflight begins”. Così apre la conferenza stampa Jim Bridenstine, amministratore della NASA che ha appena assistito al lancio della SpaceX Crew Dragon Demo 2. Per la prima volta, la ricerca in questo campo, che era stata sempre appannaggio di enti governativi e statali, diventa un interesse di privati. La NASA stessa è passata dal ruolo di committente a quello di cliente: semplificando la situazione, si può dire che gli astronauti hanno pagato il biglietto per il viaggio nello spazio.



*Figura 12 Un lancio da Cape Canaveral*

E' una rivoluzione che porta con sé molti punti interrogativi. La domanda che più si è diffusa nell'opinione pubblica è “l'intromissione dei privati è un danno per la ricerca spaziale?”, lasciando intendere che la ricerca pubblica di base sia pura perché orientata solo al bene dell'umanità, mentre la ricerca applicata dei privati sia sporca, o addirittura immorale perché orientata solo al profitto. Come spesso accade in queste distinzioni molto nette, e come ci insegnano i latini, “in medio stat virtus”, ovvero la verità si trova a metà strada tra questi due pensieri. Nell'ambito pubblico della ricerca, si possono trovare realtà umane molto differenti tra loro, dal ricercatore disinteressato, il cui unico scopo è lavorare per amor di scienza, al professore che mette fama e successo in cima alla propria lista delle priorità; a prescindere da queste caratterizzazioni, tutti loro dipendono dai fondi che ottengono durante la propria carriera. Non basta, quindi, essere ricercatori pubblici per allontanarsi dalle logiche di mercato: esse

sono fondamentali alla sopravvivenza di un progetto. La ricerca pubblica, allora, non è solo pura e disinteressata, ma una realtà molto complessa: normalmente un ricercatore pubblico non aspira al profitto personale, ma deve comunque fare i conti con dinamiche di stampo politico-economico. Essere capace di attirare attenzione sul proprio progetto è una dote molto importante in un ricercatore pubblico di successo.

C'è, però, anche un rovescio della medaglia: la ricerca pubblica crea profitto e lo mette direttamente a disposizione dello stato, non di una specifica azienda. Ogni dollaro speso in ricerca genera indotti per tre dollari, sotto forma di lavoro, tecnologie, brevetti e dinamiche di import-export: la ricerca è quindi un investimento, talvolta rischioso e comunque a lungo termine, ma paga dividendi.

La ricerca portata avanti da privati gioca in questo territorio: rispetto al pubblico, nel privato si vogliono correre minori rischi e quindi la ricerca è applicata. Si prendono le conoscenze sviluppate dalla ricerca di base e si cerca una loro applicazione innovativa, che dia all'azienda un ruolo dominante sul mercato. Per l'industria quindi esiste un ritorno economico, mentre l'umanità ottiene nuove tecnologie per superare problemi reali e per migliorarsi.

Sia nel pubblico che nel privato, allora, esiste un guadagno sia in termini economici che in termini tecnologici, per cui le due realtà sono sinergiche: una vive solo se l'altra sopravvive, una prospera se anche l'altra prospera.

Anche se strettamente connesso a quelle dinamiche politico-economiche già citate in precedenza, l'evento legato alla ricerca pubblica più conosciuto della storia umana è, senza dubbio, lo sbarco sulla luna: il 20 luglio 1969 Neil Armstrong compie "un piccolo passo per un uomo, un grande balzo per l'umanità".

Analizzando con il tanto vituperato "senno di poi" questa frase, si potrebbe portare una obiezione: a cavallo tra gli anni '60 e '70, l'umanità stava già compiendo passi importanti su un percorso tutto nuovo, che l'avrebbe portata in una rivoluzione culturale senza precedenti. Sulla luna, è avvenuto un passo storico; sulla terra, invece, un intero cammino è stato consegnato ai libri di storia e la chimica ha lasciato impronte chiarissime lungo questo tragitto.

Dopo aver girato gli Stati Uniti, aver conseguito una laurea in chimica a soli 19 anni e aver ottenuto il dottorato di ricerca a 22, nel 1949 Carl Djerassi si trasferisce a Città del Messico, attratto dalle moderne attrezzature di laboratorio che una giovane ma ambiziosa azienda farmaceutica gli avrebbe messo a disposizione. Il suo ingaggio è legato ad una sostanza: il cortisone. Si è, infatti, aperta una vera e propria corsa all'oro: le conoscenze e le tecnologie

sono abbastanza avanzate per mettere a punto una sintesi industriale del principio attivo e la Syntex, specializzata in steroidi, vuole arrivare per prima a tale risultato.



*Figura 13 Un giovane Djerassi durante il periodo di dottorato alla University of Wisconsin-Madison*

I mesi di lavoro che seguono il trasferimento di Djerassi in Messico sono frenetici, con laboratori aperti 16 ore al giorno, ma il duro lavoro paga e il gruppo di ricerca brevetta per primo una nuova tecnica per produrre cortisone a basso costo: un farmaco prima raro diventa, da questo momento, a portata di tutti. Nonostante il risultato sia notevole e abbia aperto le porte a nuovi farmaci tuttora utilizzati, non è questo il grande contributo di Carl Djerassi alla storia dell'umanità. Nel 1951, quando iniziano a suonare forti le sirene della Wayne State University, che offre un posto da professore di chimica, dai vertici della Syntex arriva una richiesta particolare. Mettere a punto un nuovo principio attivo che avesse le stesse proprietà del progesterone, ma fosse somministrabile per via orale. Il progesterone è uno dei più importanti ormoni femminili, che regola l'attività dell'apparato riproduttore prima, durante e dopo la gravidanza. Quando Djerassi si interessa del problema, le donne, che abbiano necessità di una somministrazione esterna dell'ormone, sono costrette al ricovero in ospedale, perché la cura è possibile solo tramite flebo. Il progesterone è distrutto dagli acidi gastrici, quindi una qualsiasi somministrazione orale non lo renderebbe disponibile all'organismo. Djerassi intuisce che la soluzione più immediata è la preparazione di una nuova molecola, con gli stessi effetti, ma resistente anche ai potenti acidi dello stomaco. Data la notevole mole di letteratura disponibile sull'argomento, Djerassi, insieme ai colleghi Miramontes e Rosenkranz, impiega pochi mesi a raggiungere l'obiettivo e fornisce ai vertici aziendali un nuovo principio attivo, denominato noretindrone.

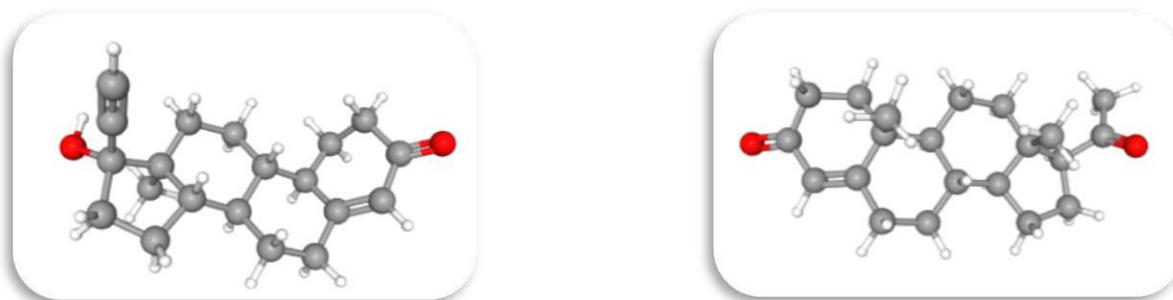


Figura 14 Noretindrone (a sinistra) e progesterone (a destra). Le molecole della rivoluzione sessuale

In quel momento, nessuno si rende conto che un piccolo passo chimico, ovvero la messa a punto di un nuovo principio attivo, sarebbe diventato un grande passo per l'umanità. Il farmaco, infatti, incuriosisce fin da subito i ginecologi statunitensi, che studiano come risolvere i problemi di fertilità delle pazienti. Il loro approccio terapeutico si basa su una sorta di effetto rimbalzo: bloccare l'ovulazione per un breve periodo per ottenere poi un beneficio non appena questa venga sbloccata. Il noretindrone, molto efficace nel bloccare l'ovulazione, di facilissima assunzione e di altrettanto facile gestione, è il farmaco perfetto per portare avanti questi esperimenti. Qualche sporadico risultato è effettivamente ottenuto; a volte l'effetto rimbalzo funziona, ma i medici non ottengono nulla di risolutivo. Altri studi, invece, sono più interessati non all'effetto rimbalzo, ma all'effetto primario del noretindrone: tramite una semplice pillola, è possibile gestire liberamente la fertilità delle proprie pazienti. Assumendo questa pillola regolarmente, l'ovulazione non avviene e quindi risulta impossibile avere gravidanze indesiderate; non appena si interrompe la terapia, la fertilità ritorna a pieno regime.

Tra i pionieri di questi studi, avvenuti comunque in sordina poiché le cure anti-concezionali sono severamente proibite negli USA, ci sono il biologo Gregory Pincus e il ginecologo John Rock che vedono nella pillola una rivoluzione per il loro lavoro. Non dovendo fare più affidamento su flebo e iniezioni, possono gestire agilmente la terapia e affidare l'assunzione alla responsabilità diretta delle proprie pazienti: può avvenire, allora, uno studio più sistematico e diffuso. Serve, però, una notevole quantità di denaro, che i medici non hanno: è qui che intervengono le madri della pillola anticoncezionale. L'attivismo di Margareth Sanger, unito alla disponibilità economica di Katharine McCormick, che fornisce 2 milioni di dollari (paragonabili a circa 20 milioni di dollari odierni), permette ai medici di realizzare un esperimento a Porto Rico: a centinaia di donne viene somministrata una pillola contenente il nuovo principio, monitorando il numero di gravidanze indesiderate.



*Figura 15 Sanger (sinistra) e McCormick (destra): le madri della pillola*

I risultati sono estremamente positivi per cui John Rock può chiedere ufficialmente l'approvazione della pillola come farmaco anti-concezionale. Questa richiesta, che, con occhi moderni, può sembrare di esito scontato, apre una vera e propria battaglia tra la FDA (l'ente regolatore americano) e lo stesso John Rock. Il

medico avanza la sua richiesta ininterrottamente per 5 anni, dal 1955 al 1960, ma la FDA ha dei timori etici e legali: in molti stati federati la contraccezione è illegale e, soprattutto, per la prima volta verrebbe approvato un farmaco che non cura alcuna malattia. La perseveranza di John Rock porta comunque alla conclusione sperata e nel 1960, il farmaco universalmente noto come “la pillola” viene commercializzato come metodo anticoncezionale.

Gli eventi noti come “esperimento di Porto Rico” hanno lasciato molti strascichi negli anni e, rileggendo oggi come fu gestito l'intero trial, non si riesce a rimanere indifferenti: le donne coinvolte erano tra le più povere dello stato, non avevano accesso ad alcun metodo di contraccezione conosciuto e gestivano, con enorme fatica, famiglie molto numerose. In una situazione sociale così estrema, gli effetti collaterali erano ben poca cosa rispetto alla prospettiva di gestire liberamente la propria fertilità. Se aggiungiamo che i medici non informarono le donne sui possibili rischi e sottostimarono sintomi quali nausea, emicrania e coaguli di sangue, si viene a creare un quadro in cui si vedono poche rose e molte spine. Oggi nessun ente accetterebbe un esperimento gestito con questa leggerezza e nessun paziente accetterebbe di sottoporsi alla somministrazione di un nuovo farmaco senza un consenso informato. Il tessuto socio-culturale moderno è, però, così diverso rispetto a quegli anni anche per merito delle ricerche di Djerassi, Pincus, Rock, Sanger e McCormick: mentre alla NASA si organizzava un grande passo “metaforico”, le ricerche condotte da privati in Messico prima e negli Stati Uniti poi hanno permesso all'umanità di compiere passi reali verso la modernità.

La ricerca chimica, sia privata che pubblica, si pone spesso all'inizio di un percorso di innovazione: il suo contributo si mescola a quello del campo di applicazione tecnologico, che può essere medico, ingegneristico, alimentare o anche sportivo. La chimica ha infatti ruolo di scienza centrale, ponte di collegamento tra le scienze fisiche e quelle applicate: un ruolo di cui molti chimici vanno fieri, ma che non genera riconoscimenti a livello del grande pubblico,

perché non adeguatamente comunicato. Questa storia ci insegna che per ogni problema dell'umanità (dal riscaldamento globale, alle malattie emergenti, dalle risorse energetiche, alla crescente richieste di cibo) esiste un gruppo di chimici impegnato a ricercare possibili soluzioni.

Dare il giusto riconoscimento a questo lavoro nascosto è fondamentale per costruire un'immagine a tutto tondo della ricerca chimica, sia essa condotta in istituti pubblici o in aziende private.

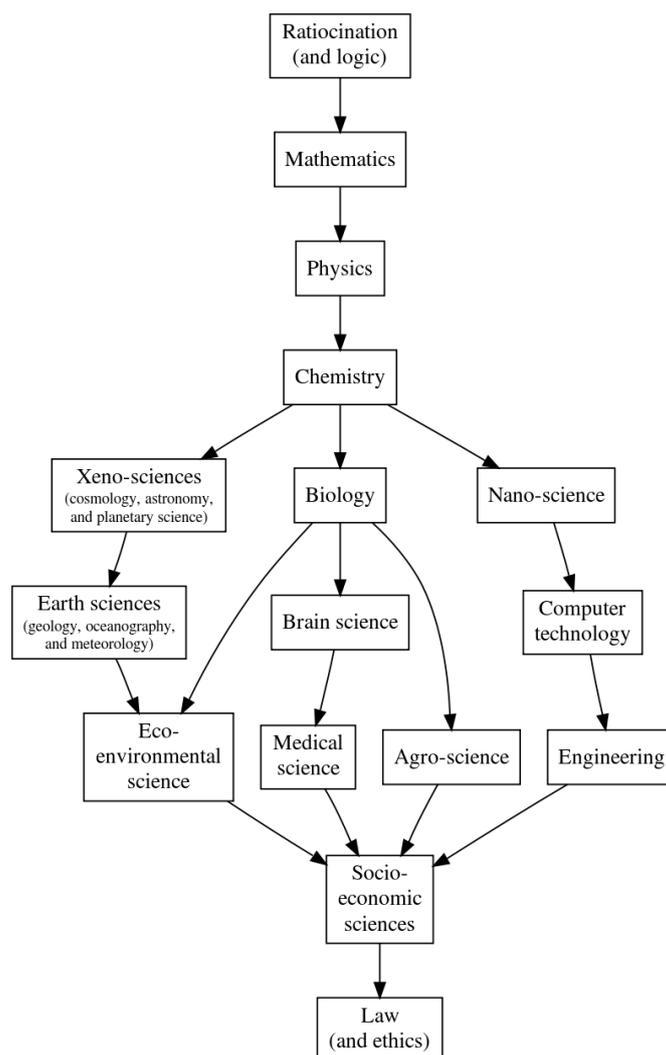


Figura 16 Un possibile schema delle scienze, senza pretesa di completezza.

## Capitolo 4: un soldato molecolare e primavere silenziose

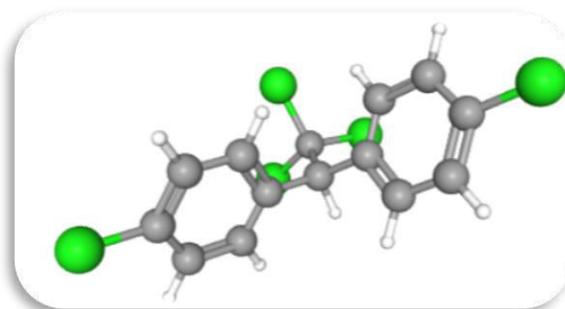
“Non tutti i prodotti chimici sono dannosi. Senza componenti chimici come l'idrogeno e l'ossigeno, per esempio, non ci sarebbe modo di produrre l'acqua, che è un ingrediente essenziale della birra.” – Dave Barry

Nella comunità chimica si tende spesso a parlare di atomi e molecole come fedeli amici, dando loro qualità umane. Prendiamo, a titolo di esempio, il concetto di elettronegatività, definita come la tendenza di un atomo ad attirare a sé elettroni condivisi con un altro atomo. Sembra la descrizione di una partita di tiro alla fune, ma altro non è che una rappresentazione, in termini umani, di avvenimenti su scala microscopica. E' un modello semplificato che si rende necessario perché le leggi dell'infinitamente piccolo non sono intuibili dal nostro cervello, che lavora sulla scala dei metri, invece che su quella dei nanometri. In questo modo, gli atomi diventano dei minuscoli sistemi solari in cui i piccoli elettroni compiono delle orbite intorno al grande nucleo.

Sempre con questo approccio “umanizzante”, le molecole diventano buone o cattive, a seconda di come una persona le percepisce. E proprio dalla percezione parte la discussione su uno degli argomenti più divisivi della chimica moderna.

A partire dalla propria percezione, l'opinione pubblica tende a categorizzare ogni argomento su cui si dibatte, polarizzando una discussione: ogni schieramento ideologico attacca chi ragiona in modo opposto e costruisce difese adatte a rendere i propri argomenti inattaccabili. Gli argomenti scientifici non fanno eccezione, soprattutto quando l'interesse diventa globale: basta navigare qualche minuto sui social network per trovare pagine a favore dell'energia nucleare e altrettante pagine contrarie, così come pagine che raccontano di organismi geneticamente modificati come la grande soluzione al problema della fame nel mondo o come un grande disastro per tutto il pianeta.

Guardando alla chimica, probabilmente nessuna molecola è stata, ed è tuttora, più polarizzante del diclorodifeniltricloroetano, noto a tutti come DDT.



*Figura 17: la struttura chimica del protagonista di questa storia, il DDT*

Quando un argomento diventa polarizzante, si viene a perdere un tratto fondamentale di una discussione seria e approfondita: il contesto. Quest'ultimo rende complesso un racconto, sfuma i confini tra bene e male e attenua la percezione che una persona può avere di un determinato argomento. In presenza di contesti ben definiti, anche posizioni opposte e inconciliabili diventano entrambe vere e quindi, contemporaneamente, entrambe false: la categorizzazione sparisce e il cervello, che necessita di un finale preciso, va in difficoltà. Ma è proprio il contesto la materia centrale della comunicazione scientifica; è il contesto a dare valore ad una storia.

Il DDT ha quindi bisogno del proprio contesto storico, politico e sociale per poter essere raccontato.

Nel periodo a cavallo tra le 2 guerre, il mondo è schiacciato da una crisi economica senza precedenti, di cui il *Big Crash* di Wall Street, avvenuto il 29 ottobre 1929, è forse l'evento più rappresentativo. In Europa montano i nazionalismi e non mancano problemi di carestia, legati soprattutto alle difficoltà dell'agricoltura: non ci sono strumenti efficaci a fermare le infestazioni sui raccolti e quindi le forniture di cibo sono piuttosto irregolari. Nessuno stato è immune a queste dinamiche, nemmeno la ricca Svizzera, che va incontro ad alcuni periodi di carestia durante gli anni '30: si rende ormai necessaria una soluzione per impedire che siano gli insetti a decidere gli approvvigionamenti di cibo umani. Una azienda chimica con sede a Basilea, la J. R. Geigy Ltd, si interessa del problema e mette al lavoro uno dei suoi migliori ricercatori, Paul Hermann Muller. La scelta è tutt'altro che casuale, dato che lo stesso Muller è un appassionato botanico e si dimostra molto coinvolto nella ricerca di una sostanza che possa proteggere le piante dalle infestazioni e, allo stesso tempo, risolvere i problemi legati all'approvvigionamento di cibo. L'approccio scelto è tipico della ricerca applicata: non si va a caccia di una nuova molecola che risolva il problema, ma si procede ad una analisi della

letteratura esistente per identificare una sostanza adatta allo scopo. Non è un metodo tanto diverso da quello che porta Carl Djerassi alla sintesi del noretindrone. Il lavoro di Muller è certosino ed estenuante: negli anni 30, il sapere scientifico è raccolto in riviste e biblioteche, tutto è cartaceo e, ovviamente, non esistono motori di ricerca computerizzati. Per circa 4 anni, il gruppo di ricerca passa in rassegna più di 300 possibili candidati insetticidi, fino a quando non si imbatte in una molecola preparata nel 1874 da Othmar Zeidler, chimico Viennese allievo di Adolf von Baeyer (premio Nobel per la chimica nel 1905). Si può facilmente immaginare la sensazione di sollievo mista a felicità di Muller quando vede una mosca morire rapidamente a contatto con il DDT: è lui l'insetticida che stava cercando. Il governo svizzero tende immediatamente l'orecchio alla scoperta e stanziava importanti fondi per nuovi test. I risultati vanno oltre ogni più rosea aspettativa: una molecola inventata quasi per gioco da un giovane austriaco è un insetticida capace di fermare qualsiasi tipo di infestazione. Dalla dorifera della patata ai pidocchi, dalle zanzare alle pulci: nulla sfugge a questa polvere bianca.

Un principio attivo a così ampio spettro non è più solo un efficace rimedio alle infestazioni dei raccolti, ma apre le porte anche alla lotta contro malattie diffuse dagli insetti come tifo o malaria. Il tempo però, fuori dai laboratori della Geigy, è passato e il mondo è in guerra. Il primo pensiero dei governi va, allora, ai propri soldati e alle zone di combattimento: qui si fa ampio uso della polvere messa a punto dagli svizzeri. I fronti italiani non fanno eccezione.

L'8 settembre 1943 entra in vigore l'armistizio di Cassibile e i tedeschi stanziati in Italia sono, improvvisamente, in territorio nemico. Tra le varie rappresaglie messe in atto lungo tutta penisola, a Napoli distruggono qualsiasi cosa capiti a tiro: ne fanno le spese sia l'immenso patrimonio culturale, università compresa, sia le infrastrutture della città. Al termine della loro opera di devastazione, le truppe tedesche si ritirano, lasciandosi alle spalle una città estremamente vulnerabile sotto il profilo sanitario. Il primo ottobre, l'esercito alleato entra a Napoli accolto come liberatore dalla popolazione, ma, in mezzo a tutte le macerie e senza servizi igienici, è solo questione di tempo perché scoppi una epidemia. E infatti nel giro di un mese, migliaia di napoletani si ammalano di tifo, una malattia batterica trasmessa dai pidocchi: nella devastazione in cui si trova la città, la popolazione è quasi inerme e il tasso di letalità (definito come la percentuale di decessi sul totale degli ammalati) raggiunge anche il 25%. Un malato su quattro, muore di tifo.

Impotente ed estremamente preoccupato, il generale Eisenhower richiede il supporto di Washington per porre fine all'epidemia. La Casa Bianca, visti gli ottimi risultati ottenuti con il DDT in altri fronti, invia immediatamente dei carichi di pesticida che arrivano in città i primi

di gennaio. L'utilizzo massiccio del DDT direttamente sulla popolazione non lascia scampo ai pidocchi e pone fine all'epidemia nel giro di un mese. In una situazione così estrema, un evento di tale portata somiglia molto ad un "miracolo scientifico".



*Figura 18: un soldato applica il pesticida direttamente su una persona*

L'opera di distruzione tedesca, però, è tutto tranne che conclusa e, tra Napoli e Roma c'è l'Agro Pontino, ovvero quella regione diventata argomento principale di tutta la propaganda fascista, al punto che resiste ancora oggi nel cliché "Mussolini ha fatto anche cose buone". I tedeschi conoscono benissimo le opere di bonifica messe in atto in quelle pianure, e si impegnano per riportare la malaria in tutta la zona, distruggendo tutte le infrastrutture possibili. In poche parole, i nazisti arruolano l'anofele e il plasmodio della malaria, con il compito di rallentare l'inseguimento americano.

Gli alleati, però, hanno visto il DDT in azione a Napoli e si organizzano per aprirsi la strada in quell'enorme nugolo di insetti: con l'aiuto di velivoli e camion agricoli oltre che di veri e propri spray-teams di terra, gli americani distribuiscono l'insetticida su tutto il territorio e marciano senza impedimenti verso Roma, che viene liberata il 5 giugno. Su ogni fronte aperto, ormai, il DDT è un soldato che marcia con le truppe, salvando milioni di vite sia tra i militari sia tra i civili. Anche i terribili fronti asiatici diventano un po' meno terribili grazie al massiccio uso di pesticida.

E' difficile trovare, nella storia dell'umanità, una sostanza che abbia contribuito a salvare così tante vite in così poco tempo. Anche la comunità scientifica riconosce i meriti di Paul Hermann Muller, che vince il premio Nobel per la medicina nel 1948. Nel discorso di presentazione, la commissione mette l'accento sulle epidemie di tifo stroncate dal DDT e guarda anche al futuro, perché la "medicina preventiva è ora capace di combattere tutte le

malattie trasmesse dagli insetti”. Il pensiero va ovviamente alla malaria, che “infetta trecento milioni di persone e ne uccide tre milioni ogni anno”.

Nel 1955 l’organizzazione mondiale della sanità (OMS) avvia un ambizioso programma per l’eradicazione della malattia, con un massiccio uso di DDT per uccidere quante più anofele possibili in tutto il mondo. Si vuole replicare, a livello globale, l’enorme successo di Napoli e dell’Agro Pontino, ma una buona riuscita su piccola scala non garantisce un risultato positivo anche su grande scala. La diversità di contesti socio-politico-economici è talmente elevata che solo alcuni stati riescono a debellare del tutto la malaria nei loro territori. L’OMS identifica alcune caratteristiche comuni a tutti questi stati: stabilità politica, forte dedizione economica e politica alla causa, buone infrastrutture, personale specializzato e servizi sanitari funzionali. Le mappe mostrate in figura 3 sono una semplificazione di quanto detto: la malaria sparisce da stati sviluppati e solidi, gli stati in via di sviluppo godono di alcuni miglioramenti, gli stati più poveri, invece, non riescono nemmeno ad avviare il programma.



Figura 19: confronto tra la diffusione della malaria nel 1945 (sx) e nel 1977 (dx)

L’utilizzo del DDT nel mondo, quindi, non sconfigge la malaria: ne attenua solo l’impatto e ci si trova di fronte immediatamente ad una realtà diversa dalle ambizioni iniziali. La malaria può essere tenuta sotto controllo, ma non definitivamente sconfitta.

Quella bolla positivista, di cui si è già discusso, esplose anche nel caso del DDT: questa volta il detonatore è un libro o, per meglio dire, il libro che smuove le coscienze e apre ad una nuova visione del mondo, più consapevole e più attenta all’ambiente. E’ il 1962 e con *Silent Spring*, Rachel Carson mette sul tavolo una questione nuova, ma assolutamente in linea con il contesto storico che si sta delineando: la guerra è finita, il mondo, seppur diviso in 2 blocchi, è in ricostruzione e si stanno seminando i primi semi della rivoluzione culturale sessantottina. L’idea di un uomo onnipotente al di sopra della natura fa spazio alla consapevolezza che l’umanità e il pianeta sono interdipendenti: la salute ambientale necessita della stessa salvaguardia della salute umana. Se l’ambiente è in salute, anche l’umanità ne trae giovamento

e una “primavera silenziosa” in cui non c’è alcuna fauna a cantare perché uccisa dal massiccio uso di fitofarmaci non può essere accettata. L’impatto mediatico delle ricerche della Carson è elevatissimo, anche a causa di come la scrittrice si era preparata all’uscita del libro: aspettandosi forti reazioni, aveva assunto avvocati e aveva chiesto ad alcuni scienziati la revisione dei suoi scritti. Già prima della messa in vendita, il testo faceva notizia.

Fin da subito (e anche nel corso dei decenni successivi), tantissime critiche sono state mosse alle affermazioni contenute in *Silent Spring* e ai metodi utilizzati per arrivare ad alcune forti conclusioni (compreso il legame tra l’uso di DDT e l’insorgenza di alcuni tipi di tumore), ma è innegabile che Rachel Carson abbia messo sul tavolo problemi reali. Vari pesticidi usati tra gli anni ‘50 e ‘60 sono sostanze estremamente stabili: mantengono la loro attività per molto tempo, tendono a rimanere nel suolo e sulla vegetazione, entrando poi nella catena alimentare e accumulandosi negli organismi. In alcune specie di uccelli, il DDT interferisce con l’attività di enzimi coinvolti nel metabolismo del calcio: se il pesticida è presente in concentrazioni troppo elevate, le uova prodotte hanno un guscio talmente fine da non resistere durante la covata. Quindi si può evidenziare una diretta correlazione tra il DDT e il declino della popolazione di alcuni volatili. Come se questo non bastasse, tramite il processo geochimico noto come distillazione globale, o Grasshopper effect, sostanze estremamente stabili arrivano anche nelle zone più remote dell’artico, contaminando terreni e avvelenando anche gli orsi polari. E’ evidente che non si può restare indifferenti di fronte a problematiche di tale portata e da qui parte la denuncia della Carson e dei movimenti attenti alle tematiche ambientali.

Questa nuova sensibilità, unita ad una campagna anti-malarica efficace ma non risolutiva e ad una industria chimica barricata dietro a logiche lobbistiche, comporta forti ripercussioni politiche: negli Stati Uniti ci si chiede se non sia davvero arrivato il momento di bandire il DDT e regolamentare attentamente l’utilizzo di fitofarmaci per salvaguardare l’ambiente. Il presidente Kennedy chiede chiarimenti alla sua commissione scientifica, che raccomanda una graduale sostituzione del DDT con altre sostanze meno inquinanti: già nel 1965, l’esercito rinuncia al suo utilizzo.

Nel 1971, la neonata EPA (agenzia statunitense per la protezione ambientale) prende in mano le carte sul DDT e chiede una analisi approfondita della questione. Su cosa sia successo nei mesi successivi, c’è ancora oggi un acceso dibattito: non è chiaro se il rapporto degli esperti fosse realmente super-partes e non è nemmeno chiaro su quali basi l’EPA abbia preso alcune decisioni. E’ certo, comunque, che, nell’estate del 1972, il DDT viene ufficialmente bandito dagli Stati Uniti i quali decidono anche di non stringere accordi commerciali con nazioni che

non prendessero la stessa posizione. La potenza diplomatica ed economica degli americani è tale che molti altri alleati si trovano costretti a rinunciare al DDT: la decisione è talmente drastica che nemmeno il tabacco importato dall’Africa deve contenere le minime tracce dell’insetticida. Paradossi dell’umana specie...

Nel giro di quasi 30 anni, la stessa sostanza che “marciava con le truppe” e salvava milioni di vite, è diventata il nemico giurato di buona parte dell’umanità: diventa impossibile anche solo pensare di utilizzarla. Nel 2004, intervistata dal New York Times, Anne Peterson della USAID (l’agenzia statunitense per lo sviluppo internazionale) ammette che l’uso del DDT comporterebbe enormi sforzi politici e comunicativi: “Dovresti spiegare a tutti perché è corretto e sicuro ogni volta che lo utilizzi”.

Il cerchio si completa proprio nel 2004, alla convenzione di Stoccolma, dove 152 paesi firmano per la messa al bando degli inquinanti organici persistenti, DDT in primis.

Sembra la fine di una storia molto articolata, in cui gli scenari cambiano con grande rapidità e dove i contesti sociali sono così mutevoli da far girare la testa. Ma l’ultimo capitolo sulla storia del DDT non è stato ancora scritto: in molti paesi, soprattutto africani e del sud-est asiatico, la malaria miete un gran numero di vittime e, dopo il ban del 1972, anche l’OMS, privata della sua arma più efficace, si trova costretta ad abbandonare il programma di eradicazione.

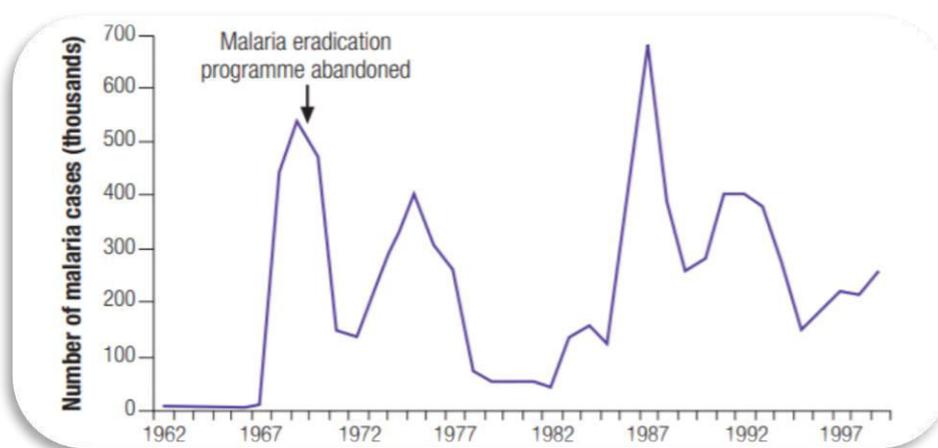
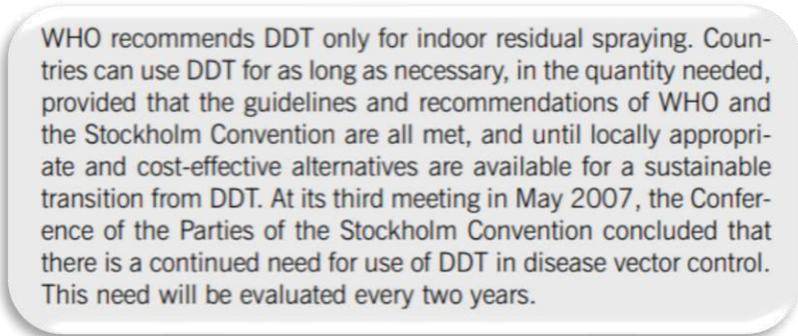


Figura 20: Casi di malaria per anno in Sri Lanka

Gli effetti sono praticamente istantanei: la malaria torna ad infettare come se nulla fosse accaduto. Il grafico in figura 18, non riporta solo numeri, ma racconta una storia estremamente complessa: nonostante evidenti problemi di salute ambientale, ancora adesso il DDT è la sostanza più semplice ed efficace per tenere sotto controllo malattie diffuse e mortali. Anche

l'OMS non riesce a prendere posizioni nette e tutt'oggi raccomanda l'utilizzo di DDT dove assolutamente necessario e con tutte le cautele del caso.



WHO recommends DDT only for indoor residual spraying. Countries can use DDT for as long as necessary, in the quantity needed, provided that the guidelines and recommendations of WHO and the Stockholm Convention are all met, and until locally appropriate and cost-effective alternatives are available for a sustainable transition from DDT. At its third meeting in May 2007, the Conference of the Parties of the Stockholm Convention concluded that there is a continued need for use of DDT in disease vector control. This need will be evaluated every two years.

*Figura 21: la presa di posizione dell'OMS sull'utilizzo di DDT*

La complessità del rapporto chimica-società sta tutto in questa storia dai mille contorni e dalle infinite sfaccettature: comunicare con efficacia la chimica, allora, significa accettare un tale livello di complessità, significa lavorare per portare al pubblico la complessità stessa, ma allo stesso tempo renderla accattivante ed interessante. Contestualizzare a partire da storie realmente accadute, può essere una valida strategia per raggiungere lo scopo.

Così facendo, le polarizzazioni, tipiche di una opinione pubblica spaccata su temi delicati, possono essere mitigate e si può raggiungere la consapevolezza che la chimica non fa bene o non fa male: dipende tutto da chi, dove come e quando viene utilizzata.

## **Conclusione: ignoranza, sfiducia e il ruolo del comunicatore**

“La fiducia è un capitale che si perde con una singola giocata.” – Marco Malvaldi

Si sente spesso dire che la paura sia diretta conseguenza dell'ignoranza, definita come la mancanza di conoscenze approfondite nei confronti del tema che spaventa. E' una considerazione molto debole che porta con sé almeno 2 paradossi.

Se la paura per la chimica fosse dettata esclusivamente dalla mancanza delle nozioni base della materia, basterebbe istruire il pubblico per fornire adeguati strumenti ad affrontare la paura: il cittadino, a cui un comunicatore dovrebbe parlare, sarebbe un fruitore passivo, mentre il comunicatore stesso diventa un semplice insegnante che parla dall'alto della sua cattedra. E' un deficit model che, soprattutto nel mondo iperconnesso in cui viviamo, non funziona.

Il secondo paradosso ci riporta al pubblico istruito: ogni attività umana, scienza compresa, porta con sé rischi e pericoli, dai cui possono sorgere paure. La paura delle radiazioni, la paura di volare, la paura dei vaccini: sono tutti stati d'animo riscontrabili nella società. Se applicassimo un deficit model, dovremmo immaginare che, per vincere tutte le paure, il pubblico dovrebbe essere onnisciente.

Non è un obiettivo che ha senso porsi, non è un obiettivo raggiungibile: il bagaglio di conoscenze umane sta crescendo a ritmi esponenziali e si valuta che circa 1 abitante della Terra su 700 sia impegnato nella ricerca scientifica. Con questi numeri, è impossibile pensare che una sola persona sia in grado di avere conoscenze adeguate in tutte le discipline scientifiche.

Cogliendo il senso delle storie che abbiamo riportato in questa trattazione, non si può ridurre tutto ad una semplice ignoranza del pubblico: i cittadini napoletani cosparsi di DDT nulla sapevano della sostanza, ma avevano fiducia che il trattamento avrebbe risolto il loro problema. Una maggiore conoscenza sui problemi ambientali legati al DDT ha portato a sfiduciare la sostanza, nonostante, nei giusti contesti, aiuti ancora oggi a salvare vite.

Tutto allora parte dal concetto di fiducia. E tutto si complica enormemente.

Se la comunicazione è uno scambio reciproco che porta ad un mutuo cambiamento, si può definire la fiducia come una misura della qualità di questo scambio. Un rapporto di fiducia permette alla scienza di lavorare in sintonia con la cittadinanza e permette alla cittadinanza di sentirsi parte attiva nella costruzione di nuova conoscenza e nuova tecnologia.

La comunicazione della scienza ha allora il compito di costruire e mantenere un solido rapporto di fiducia. E' una strada da percorrere anche quando si affronta il problema della

chemofobia: svariati eventi negativi, a partire dagli incidenti delle industrie chimiche fino al caso talidomide, uniti ad una comunità chimica disinteressata alla comunicazione hanno portato ad una progressiva perdita di fiducia nei confronti dei chimici e delle loro attività. Chimici e comunicatori possono e devono lavorare insieme per riportare a livelli accettabili la fiducia del pubblico e dimostrare che **“chimica ne abbiamo, è la paura che ci frega”**.

## Bibliografia

Le strutture molecolari proposte sono state recuperate dal sito <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>

### *Introduzione*

Albicocco C., Occhipinti S. (2010) Il radio ti fa bella, disponibile al link

[http://www.moebiusonline.eu/fuorionda/creme\\_radioattive.shtml](http://www.moebiusonline.eu/fuorionda/creme_radioattive.shtml) [consultato il 15/12/2020]

Ballero S. (20/11/2018) Quando la radioattività era di moda, disponibile al link

<https://www.iltascabile.com/scienze/radioattivita-moda/> [consultato il 9/02/2021]

Macklis R.M. (1990) Radithor and the Era of Mild Radium Therapy. *JAMA*. 264(5), 614–618.

doi:10.1001/jama.1990.03450050072031

Royal Society of Chemistry (2015), Public Attitudes to Chemistry: Research Report

Ceci C. (2015) Take concepts of chemistry out of the classroom, *Nature* **522**, 7

doi:10.1038/522007a

Saleh, R., Bearth, A. and Siegrist, M. (2019), “Chemophobia” Today: Consumers’ Knowledge and Perceptions of Chemicals. *Risk Analysis*, 39: 2668-2682

Siegrist, M., Bearth, A. Chemophobia in Europe and reasons for biased risk perceptions. *Nat. Chem.* **11**, 1071–1072 (2019) doi: [10.1111/risa.13375](https://doi.org/10.1111/risa.13375)

### *Capitolo 1*

Duxbury A. (26/03/2020) History of safety devices in Formula 1: The halo, barriers & more, disponibile al link <https://www.autosport.com/f1/news/149628/history-of-safety-devices-in-formula-1> [consultato il 21/12/2020]

Piola G. (28/03/2016) Analisi Tecnica: ecco le soluzioni di sicurezza che hanno salvato Alonso, disponibile al link <https://it.motorsport.com/f1/news/analisi-tecnica-ecco-le-soluzioni-di-sicurezza-che-hanno-salvato-alonso-682544/682544/> [consultato il 21/12/2020]

Ghiloni F. (29/11/2020) GP Bahrain: Analisi dell’incidente di Grosjean disponibile al link <https://flingenerale.com/f1-gp-bahrain-analisi-dellincidente-di-grosjean/> [consultato il 21/12/2020]

Gabara, V. (2016). High-Performance Fibers. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, (Ed.). [https://doi.org/10.1002/14356007.a13\\_001.pub2](https://doi.org/10.1002/14356007.a13_001.pub2)

Donnini M. (30/11/2020) Quando HALO fa rima con culo, disponibile al link [https://autosprint.corrieredellosport.it/news/sterzi-a-parte/2020/11/30-3674236/quando\\_halo\\_fa\\_rima\\_con\\_culo/](https://autosprint.corrieredellosport.it/news/sterzi-a-parte/2020/11/30-3674236/quando_halo_fa_rima_con_culo/) [consultato il 21/12/2020]

## *Capitolo 2*

Vagheggi P (20/11/1987) Il ministro alla Farmoplant “Ritirate i licenziamenti”, disponibile al link <https://ricerca.repubblica.it/repubblica/archivio/repubblica/1987/11/20/il-ministro-alla-farmoplant-ritirate-licenziamenti.html> [consultato il 04/01/2021]

Pucciarelli L. (1990) Farmoplant – Nel nome del popolo italiano ed. Zappa

Chianura C. (07/06/1989) Alla farmoplant andò così, disponibile al link <https://ricerca.repubblica.it/repubblica/archivio/repubblica/1989/06/07/alla-farmoplant-ando-cosi.html> [consultato il 04/01/2021]

Luverà B., Meletti M. (17/07/1988) Esplosione ed incendio alla ditta Farmoplant, disponibile al link <http://www.radioradicale.it/scheda/28098/esplosione-ed-incendio-alla-ditta-farmoplant> [consultato il 04/01/2021]

Conferenza stampa (20/07/1988) Incendio alla Farmoplant: i provvedimenti del Comune, disponibile al link <http://www.radioradicale.it/scheda/28256/incendio-alla-farmoplant-i-provvedimenti-del-comune> [consultato il 04/01/2021]

Il Post (17/07/2018) Il disastro ambientale alla Farmoplant, 30 anni fa, disponibile al link <https://www.ilpost.it/2018/07/17/farmoplant-massa/> [consultato il 04/01/2021]

Arpat News (09/11/2020) Farmoplant, la Costanza della ragione, disponibile al link <http://www.arpat.toscana.it/notizie/arpatnews/2020/166-20/farmoplant-la-costanza-della-ragione> [consultato il 04/01/2021]

## *Capitolo 3*

Nasa (30/05/2020) Astronauts Launch from America in Historic Test Flight of SpaceX Crew Dragon, disponibile al link <https://www.nasa.gov/press-release/nasa-astronauts-launch-from-america-in-historic-test-flight-of-spacex-crew-dragon> [consultato il 9/01/2021]

Perri L., Rollini R., (02/10/2020) Una nuova era dell'esplorazione spaziale?, disponibile al link <https://www.cicapfest.it/programma/244> [consultato il 9/01/2021]

D'Arpizio D. (05/01/2021) Le multinazionali alla conquista dello spazio, disponibile al link <https://ilbolive.unipd.it/index.php/it/news/multinazionali-conquista-spazio> [consultato il 9/01/2021]

Belardinelli S. (27/05/2020) Crew Dragon gli Usa tornano nello spazio (ma con l'aiuto dei privati), disponibile al link <https://ilbolive.unipd.it/index.php/it/news/crew-dragon-usa-tornano-spazio-laiuto-privati> [consultato il 9/01/2021]

Carl Djerassi, intervista di Jeffrey Sturchio e Arnold Thackray presso la Stanford University, Stanford, California, 31 July 1985 (Philadelphia: Chemical Heritage Foundation, Oral History Transcript #0017)

Le Couteur P., Bureson J. (2006) I bottoni di Napoleone. Come 17 molecole hanno cambiato la Storia, traduzione di Sosio L., Milano, Ed. Longanesi.

Junod S.W., Marks L. (2002). *J Hist Med Allied Sci.* **57** (2) 117–60 doi: 10.1093/jhmas/57.2.117

Rock J., Pincus G., Celso Ramon G. (1956) Effects of Certain 19-Nor Steroids on the Normal Human Menstrual Cycle. *Science*, **124** (3227) , 891–893. doi: 10.1126/science.124.3227.891

Quintanilla R. (11/04/2004) Puerto Ricans recall being guinea pigs for 'magic pill', disponibile al link <https://www.chicagotribune.com/news/ct-xpm-2004-04-11-0404110509-story.html> [consultato il 18/01/2021]

Blakemore E. (11/03/2019) The First Birth Control Pill Used Puerto Rican Women as Guinea Pigs, disponibile al link <https://www.history.com/news/birth-control-pill-history-puerto-rico-enovid> [consultato il 18/01/2021]

Balaban, A., Klein, D. (2006) Is chemistry 'The Central Science'? How are different sciences related? Co-citations, reductionism, emergence, and posets. *Scientometrics* 69, 615–637. Doi: 10.1007/s11192-006-0173-2

## *Capitolo 4*

Zeidler, O. (1874), I. Verbindungen von Chloral mit Brom- und Chlorbenzol. *Ber. Dtsch. Chem. Ges.*, 7, 1180-1181. doi: 10.1002/cber.18740070278

Paul Müller – Biographical. NobelPrize.org. Nobel Media AB disponibile al link <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/1948/muller/biographical/> [consultato il 25/01/2021]

Stapleton D.H. The Short-lived Miracle Of Ddt, *Invention & technology* **15** (3) disponibile al link <https://www.inventionandtech.com/content/short-lived-miracle-ddt-1> [consultato il 25/01/2021]

Rosenberg T. (11/04/2004) What the world needs now is DDT, disponibile al link <https://www.nytimes.com/2004/04/11/magazine/what-the-world-needs-now-is-ddt.html> [consultato il 25/01/2021]

Zubrin R. (27/09/2012), The Truth About DDT and Silent Spring, disponibile al link <https://www.thenewatlantis.com/publications/the-truth-about-ddt-and-silent-spring> [consultato il 25/01/2021]

Attaran, A., Roberts, D., Curtis, C. et al. (2000) Balancing risks on the backs of the poor. *Nat Med* 6, 729–731 doi: 10.1038/77438

Fischer G. (1948), Award ceremony speech, disponibile al link <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/1948/ceremony-speech/>

World health organization (2011), The use of DDT in malaria vector control WHO position statement, disponibile al link

[https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69945/WHO\\_HTM\\_GMP\\_2011\\_eng.pdf](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69945/WHO_HTM_GMP_2011_eng.pdf)

[consultato il 25/01/2021]

World health organization (2008), Global malaria control and elimination: report of a technical review, disponibile al link

[https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43903/9789241596756\\_eng.pdf](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43903/9789241596756_eng.pdf) [consultato il 25/01/2021]