



GREEN JOBS: sfide ed opportunità - Ravenna, 23 settembre 2011

Scienziati Ambientale & Green Jobs: un'esperienza diretta nel campo della Green Chemistry

Chiara Samorì

CIRSA - Centro Interdipartimentale di Ricerca per le Scienze Ambientali, Ravenna



Green Chemist come Green Job



Green Chemist: modifica la natura intrinseca di un prodotto chimico o di un processo in modo da ridurre il rischio ad esso associato sia per l'uomo che per l'ambiente

Approccio preventivo riducendo e/o eliminando l'uso di sostanze pericolose nella progettazione, nella sintesi, nell'utilizzo e nello smaltimento di una molecola



Green Chemistry, metà anni '90



10 Luglio 1976, Seveso, Italia:

- Esplosione nell'impianto dell'ICMESA con rilascio di una nube carica di 150-300 kg di diossina



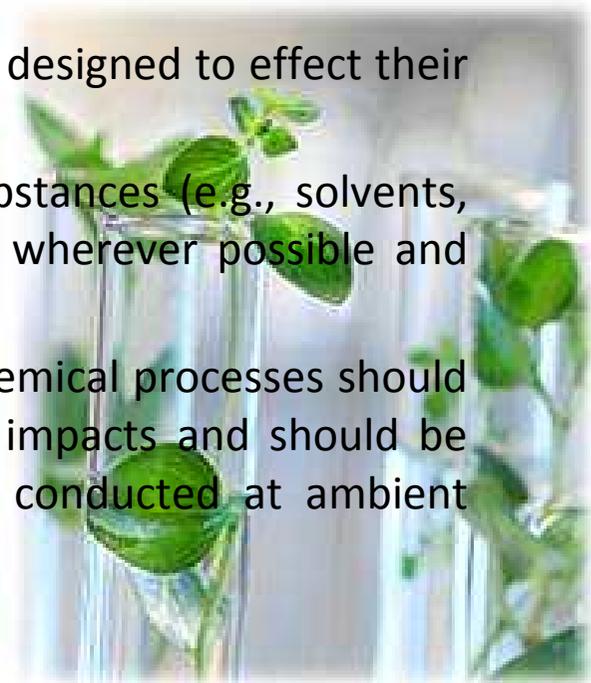
3 Dicembre 1984, Bhopal, India:

- 40 t di isocianato di metile fuoriuscite dall'impianto della Union Carbide
- 2259 persone morte
- Decine di migliaia di persone avvelenate



Green Chemistry

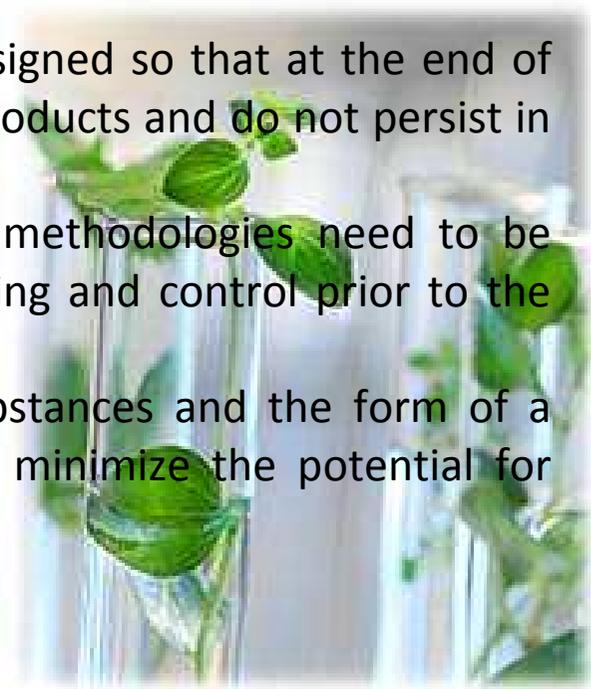
1. **Prevention.** It is better to prevent waste than to treat or clean up waste after it has been created.
2. **Atom Economy.** Synthetic methods should be designed to maximize the incorporation of all materials used in the process into the final product.
3. **Less hazardous chemical syntheses.** Wherever practicable, synthetic methods should be designed to use and generate substances that possess little or no toxicity to human health and the environment.
4. **Designing safer chemicals.** Chemical products should be designed to effect their desired function while minimizing their toxicity.
5. **Safer solvents and auxiliaries.** The use of auxiliary substances (e.g., solvents, separation agents, etc.) should be made unnecessary wherever possible and innocuous when used.
6. **Design for energy efficiency.** Energy requirements of chemical processes should be recognized for their environmental and economic impacts and should be minimized. If possible, synthetic methods should be conducted at ambient temperature and pressure.





Green Chemistry

7. **Use of renewable feedstock.** A raw material or feedstock should be renewable rather than depleting whenever technically and economically practicable.
8. **Reduce derivatives.** Unnecessary derivatisation (use of blocking groups, protection/deprotection, temporary modification of physical/chemical processes) should be minimized or avoided if possible, because such steps require additional reagents and can generate waste.
9. **Catalysis.** Catalytic reagents (as selective as possible) are superior to stoichiometric reagents.
10. **Design for degradation.** Chemical products should be designed so that at the end of their function they break down into innocuous degradation products and do not persist in the environment.
11. **Real-time analysis for pollution prevention.** Analytical methodologies need to be further developed to allow for real-time, in-process monitoring and control prior to the formation of hazardous substances.
12. **Inherently safer chemistry for accident prevention.** Substances and the form of a substance used in a chemical process should be chosen to minimize the potential for chemical accidents, including releases, explosions, and fires.





Green Chemistry nell'industria

Decaffeinazione del caffè



Sintesi farmaceutiche

Regolamento REACH



Esempio 1: Decaffeinazione del caffè



Inizi del 1900, Roselius:
estrazione con **benzene**



Facilmente infiammabile
Può provocare il cancro
Può provocare alterazioni genetiche ereditarie
 Nocivo per i polmoni

Successivamente:
estrazione con **diclorometano**



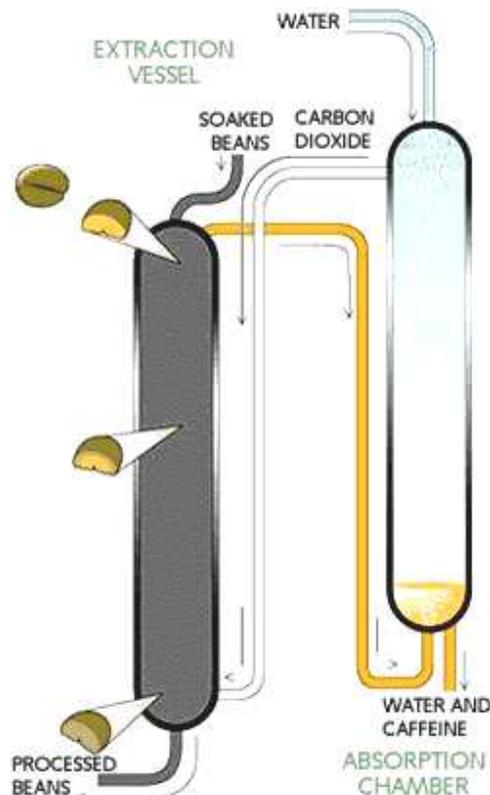
Nocivo per inalazione
 Nocivo per ingestione
Possibilità di effetti cancerogeni-prove insufficienti



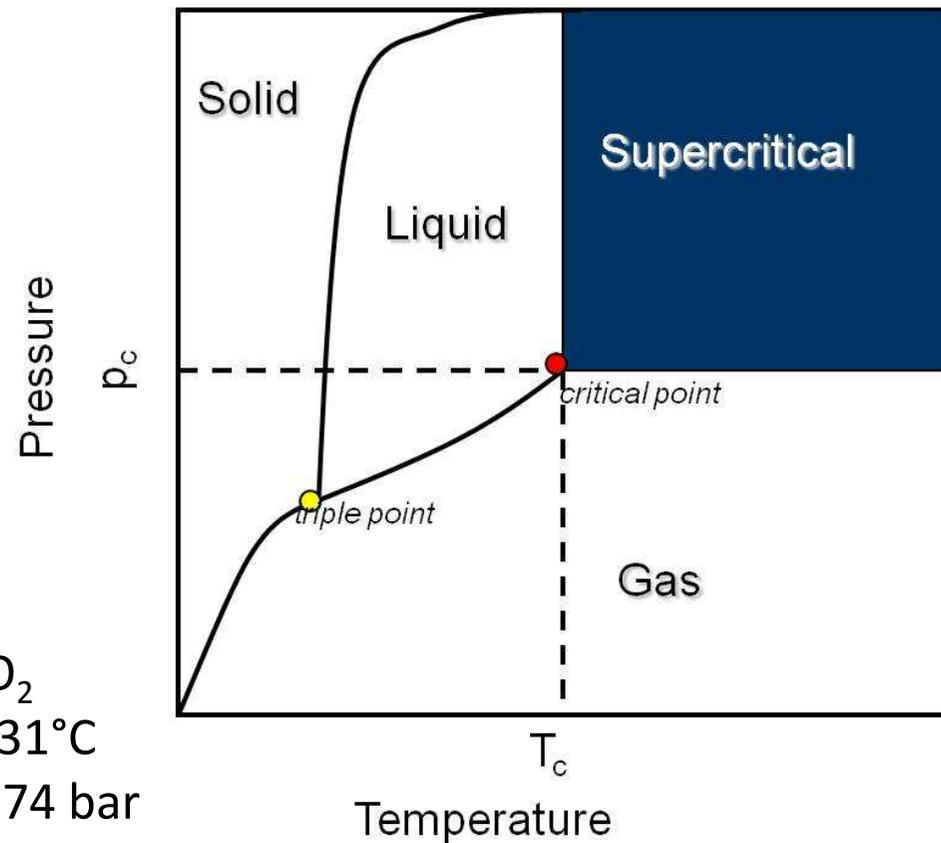
Esempio 1: Decaffeinazione del caffè

Ora: estrazione con **CO₂ supercritica!!!!**

- ✓ non tossico
- ✓ non infiammabile
- ✓ riciclabile



scCO₂
T_c = 31°C
p_c = 74 bar



Esempio 1: CO₂ supercritica



Oli essenziali

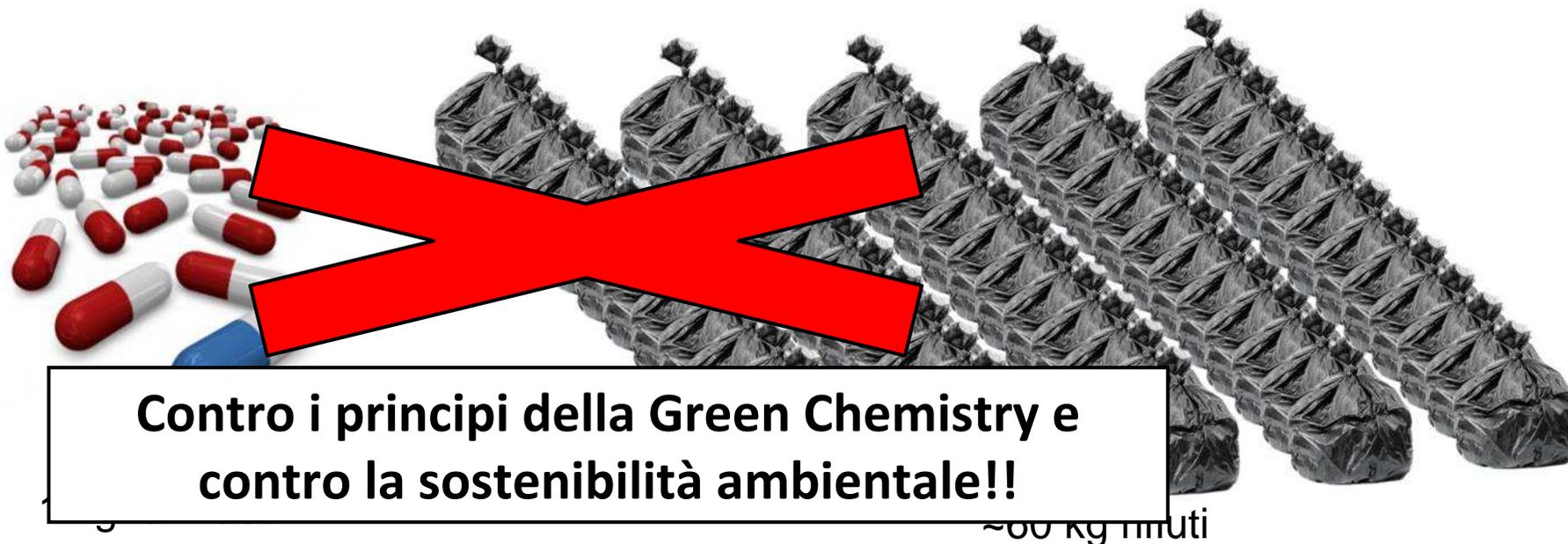


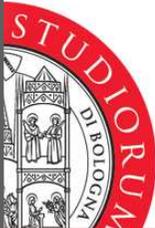
Integratori alimentari



Esempio 2: farmaci

Industry segment	Annual product tonnage	Kg waste/ Kg product
Oil refining	10^6 – 10^8	ca. 0.1
Bulk chemicals	10^4 – 10^6	< 1–5
Fine chemicals	10^2 – 10^4	5–> 50
Pharmaceuticals	10 – 10^3	25–> 100





Esempio 2: farmaci-Sertralina

Principio attivo Zolotof[®] (antidepressivo)

Consumi USA (2000): 20 milioni di pazienti,
115 milioni di ricette

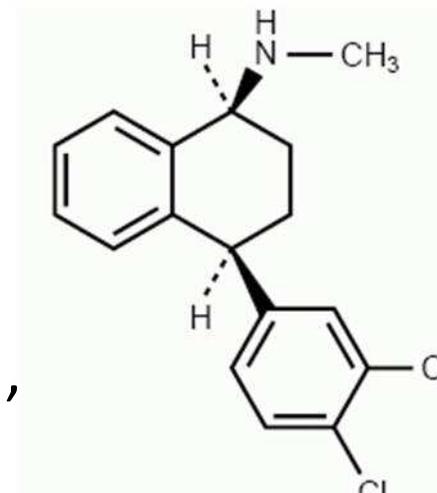
Dose terapeutica: 50 mg/giorno

Mercato mondiale (2004): 3.1 miliardi \$



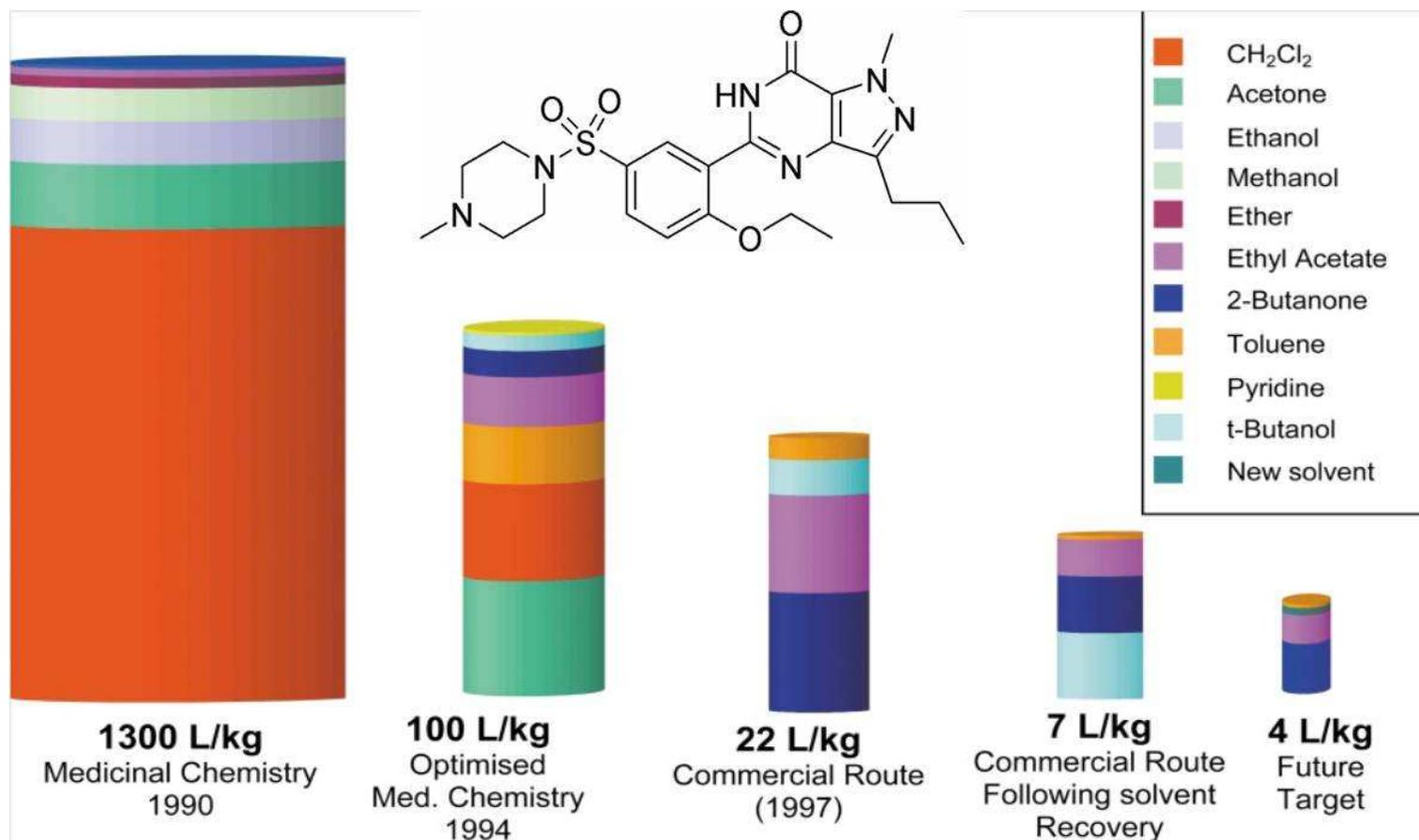
Pfizer & Green Chemistry

- sintesi da 3 steps a 1 step
- riduzione della quantità di solventi: da 240.000 l/ t_{sertralina} a 24.000 l/ t_{sertralina}
- riduzione di rifiuti prodotti: TiO₂ 440 t/ t_{sertralina} ,
HCl 150 t/ t_{sertralina} , NaOH 100 t/ t_{sertralina}





Esempio 2: farmaci-Viagra



Pfizer & Green Chemistry

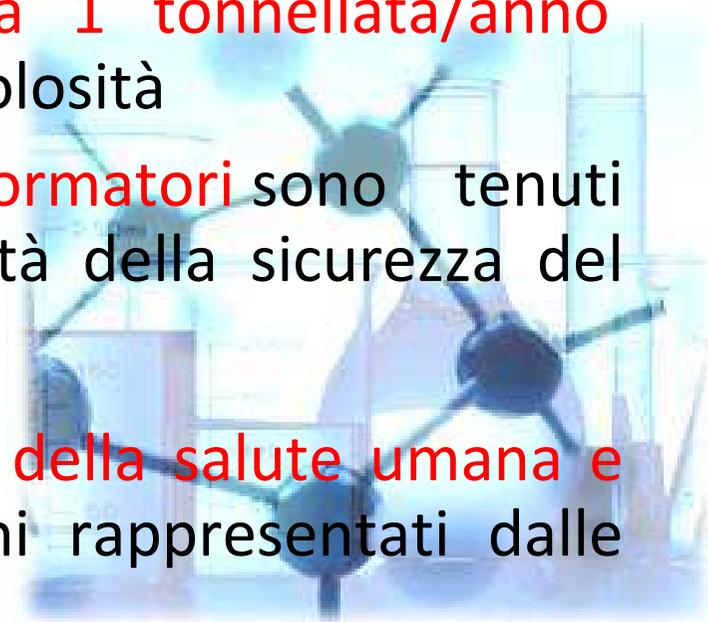
- sintesi in 7 step senza work up
- riciclo dei solventi
- riduzione di rifiuti prodotti: 6 kg/kg_{sildenafil citrato}

**UK Green Chemical
Technology Award nel 2003**



Esempio 3: regolamento REACH

- **Registration, Evaluation and Authorization of Chemicals**
- Regolamento **1907/2006** del Parlamento Europeo, entrato in vigore il 1° giugno 2007
- Obbligatorio per tutte le sostanze fabbricate o importate **in quantitativi pari o superiori a 1 tonnellata/anno** indipendentemente dalla loro pericolosità
- I **produttori**, gli **importatori** e i **trasformatori** sono tenuti agli obblighi e hanno la responsabilità della sicurezza del prodotto per tutto il ciclo di vita
- Obiettivo: migliorare la **protezione della salute umana e dell'ambiente** contro i possibili rischi rappresentati dalle sostanze chimiche





Produttori, importatori e trasformatori: chi sono?

A tutte le filiere produttive che utilizzano **sostanze chimiche**:

- aziende chimiche
- aziende manifatturiere
- aziende metallurgiche
- aziende alimentari
- aziende tessili
- aziende estrattive
- aziende del “personal care”





Produttori, importatori e trasformatori: cosa devono fare?

- Sostituire i prodotti “REACH-problematici” (PBT o vPvB) con prodotti più sicuri per l’uomo e l’ambiente
- Raccogliere le informazioni chimiche, eco-tossicologiche e tossicologiche relative ai propri prodotti
- Compilare i dossier di registrazione e i chemical safety report
- Registrare i prodotti





Produttori, importatori e trasformatori: chi li può aiutare?

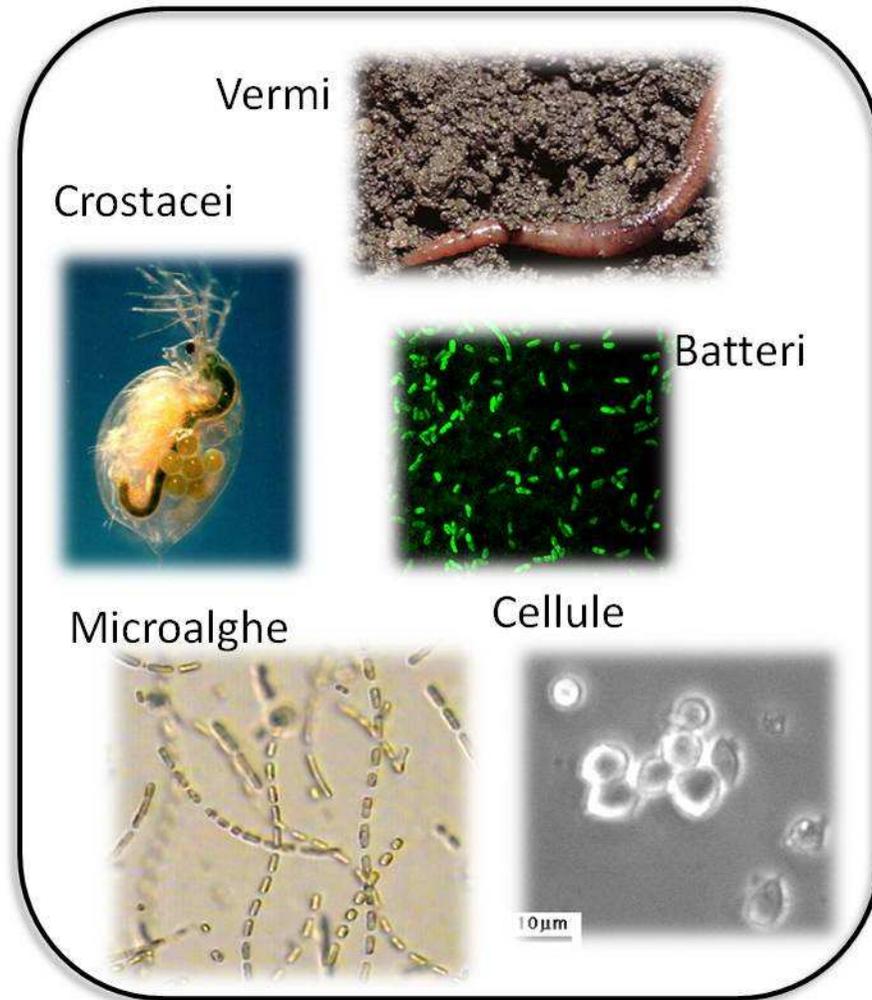


Scienziati ambientali-
chimici sostenibili!



Scienziati Ambientali-Chimici Sostenibili

Batteria di test eco-tossicologici Biodegradazione in acqua e suolo





Scienziati Ambientali-Chimici Sostenibili

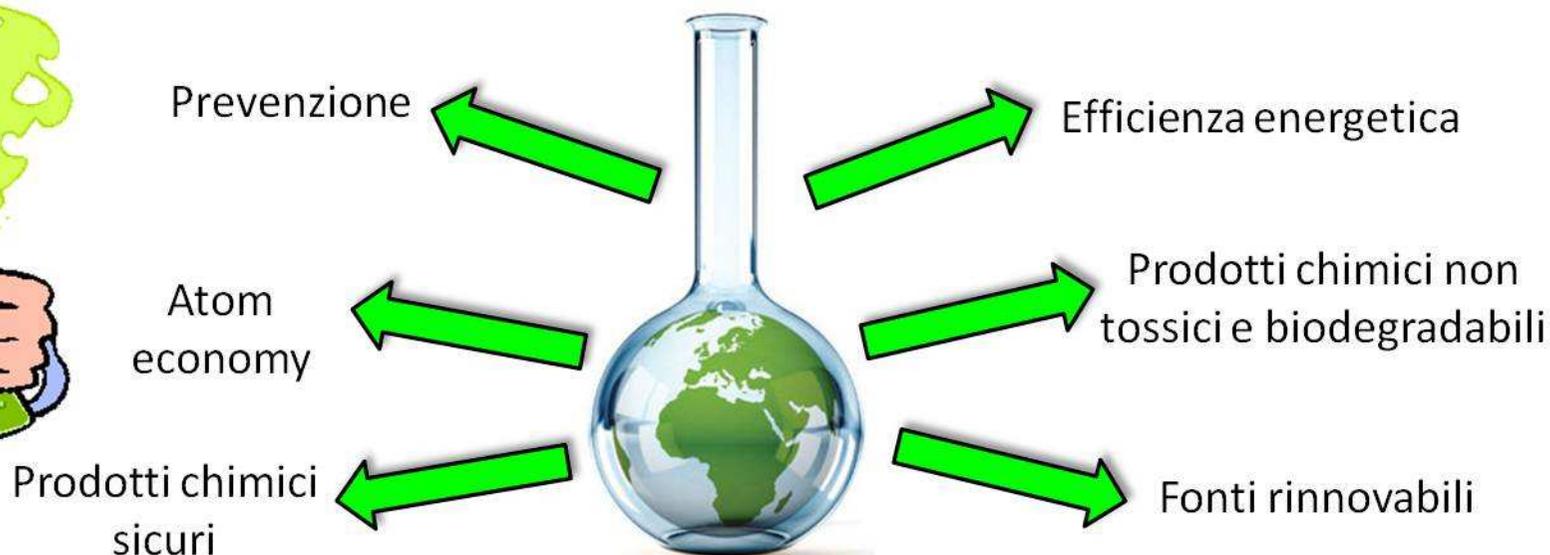


- Messa a punto e/o perfezionamento e validazione di test (eco)tossicologici basati su invertebrati acquatici e terrestri, alghe, batteri e linee cellulari
- Esecuzione di analisi chimiche ed (eco)tossicologiche su sostanze e materiali di interesse per le imprese coinvolte
- Individuazione di metodologie produttive alternative e sintesi di nuovi composti a minor impatto ambientale



Scienziati Ambientali-Chimici Sostenibili

- Progettazione e sintesi di prodotti alternativi a quelli “REACH problematici” seguendo i principi della **chimica sostenibile**.





Scienziati Ambientali-Chimici Sostenibili



- Messa a punto e/o perfezionamento e validazione di test (eco)tossicologici basati su invertebrati acquatici e terrestri, alghe, batteri e linee cellulari
- Esecuzione di analisi chimiche ed (eco)tossicologiche su sostanze e materiali di interesse per le imprese coinvolte
- Individuazione di metodologie produttive alternative e sintesi di nuovi composti a minor impatto ambientale



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
SEDE DI RAVENNA



Chiara Samorì

Unità Operativa REACH-CIRI energia & ambiente

chiara.samori3@unibo.it