

## **PREVISIONE DELLA CONTAMINAZIONE DI ACQUE SUPERFICIALI DA FITOFARMACI NEL BASSO BACINO DEL FIUME BIFERNO (MOLISE)**

**A. FINIZIO\*, A. DI GUARDO\*\* e G. ROTUNDO\***

\* Dipartimento di Scienze Animali, Vegetali e dell'Ambiente, Università degli Studi del Molise, via Cavour 50, 86100 Campobasso

\*\* Gruppo di Ecotossicologia, Istituto di Entomologia Agraria, Università degli Studi di Milano, via Celoria 2, 20133 Milano

### **RIASSUNTO**

In questo lavoro si propone una valutazione preliminare del rischio potenziale da fitofarmaci usati nel bacino agricolo del basso Biferno (Molise), con particolare riferimento a erbicidi e insetticidi largamente impiegati, in quest'area, nei programmi di difesa della barbabietola da zucchero.

In tale contesto, su di un bacino di circa 500 ha è stata effettuata una caratterizzazione dell'area (caratteristiche pedologiche, regime pluviometrico e idrologico, quantità di principi attivi impiegati). È stato, quindi, applicato un modello previsionale basato sul concetto di fugacità (SoilFug) atto a prevedere la contaminazione di acque superficiali.

Sono state calcolate, in questo modo, le concentrazioni di alcuni erbicidi e insetticidi nell'acqua in uscita dal bacino e nel fiume Biferno in seguito all'apporto delle acque di tale area.

### **SUMMARY**

#### **ASSESSMENT OF SURFACE WATER CONTAMINATION DERIVED FROM PESTICIDES USED IN THE LOW BASIN OF BIFERNO RIVER (MOLISE, ITALY)**

A preliminary risk assessment for surface waters derived from pesticides used in sugarbeet crops in Biferno river basin (Molise, Italy) is proposed. A basin of about 500 ha was characterized in terms of precipitations, hydrological and soil conditions and amounts of applied pesticides. A fugacity model for the prediction of surface water contamination (SoilFug) was eventually applied, allowing the calculations of concentrations of several pesticides (carbaryl, chloridazon, cypermethrin, fluazifop-p-butyl, phenmedipham, phorate) in the water flowing out of the basin and tentatively in the Biferno river.

### **INTRODUZIONE**

Nel bacino agricolo del basso Biferno negli ultimi venti anni si è sviluppata un'agricoltura di tipo intensivo soprattutto grazie ad opere di bonifica idraulica che hanno reso irrigui numerosi terreni agricoli. A partire dal 1970, infatti, si è verificato, in quest'area, un incremento delle superfici destinate alle colture arboree ed industriali, con particolare riferimento alla barbabietola da zucchero (ISTAT, 1990). Queste colture, come è noto, richiedono un carico maggiore di fitofarmaci per la difesa delle produzioni dagli agenti biotici.

Una diretta conseguenza dell'uso continuo di antiparassitari è la possibilità che una certa quantità di queste sostanze possa trasferirsi dai bacini agricoli di utilizzo fino alle acque superficiali attraverso fenomeni di scorrimento superficiale (runoff), oppure raggiungere le falde sotterranee attraverso fenomeni di infiltrazione (leaching). Questo flusso può produrre degli effetti indesiderati su organismi non-target o determinare la contaminazione di acque potabili o di irrigazione.

Scopo del presente lavoro è quello di acquisire delle informazioni sulle eventuali presenze di insetticidi ed erbicidi nelle acque in uscita da un bacino di circa 500 ha prevalentemente destinato alla coltivazione della barbabietola da zucchero. Inoltre ci si propone di valutare preliminarmente, a livello regionale, le concentrazioni di questi fitofarmaci sulle acque superficiali del fiume Biferno mediante l'uso di modelli previsionali.

In particolare si utilizzerà un modello di runoff (Di Guardo *et al.*, 1994a) in uno scenario ambientale che riflette le condizioni tipo di una area bieticola nel bacino del fiume.

Tale modello denominato SoilFug, sviluppato e validato in aree agricole italiane di varia estensione (300-1700 ha) (Di Guardo *et al.*, 1994a) è stato ulteriormente verificato in un bacino agricolo nel sud dell'Inghilterra (Di Guardo *et al.*, 1994b).

Le concentrazioni di fitofarmaci, previste dal citato modello, comparate con le soglie di tossicità acuta per alcune specie acquatiche, possono essere utilizzate per valutare il rischio potenziale di queste sostanze (Di Guardo *et al.*, 1993).

## MATERIALI E METODI

### Scenario ambientale

L'area selezionata per la simulazione è un bacino di circa 500 ha caratterizzato da un pendenza media di circa 4,6%, situato nell'agro di Portocannone (CB), e inserito nel bacino di drenaggio del fiume Biferno. In tale area la coltura prevalente è la barbabietola da zucchero che copre una superficie di circa 350 ha. Di essa, il 70% è a semina autunnale, il 30% è primaverile (Catalano, 1993). Da un'inchiesta effettuata presso alcuni enti locali (Consorzio Agrario Interprovinciale di Campobasso e Isernia, Consorzio Molisano Regionale di Difesa) è emerso che nell'intero bacino di drenaggio del fiume Biferno, la barbabietola da zucchero copre in media una superficie di circa 4500 ha. Le acque superficiali che fuoriescono dall'area oggetto della presente modellizzazione confluiscono nel fiume Biferno, nel tratto compreso fra la diga Ponte del Liscione e la foce (circa 25 Km) (Fig. 1).

I suoli di questa zona si possono classificare come vertisuoli e sono caratterizzati da una leggera prevalenza di argilla. Tali caratteristiche spiegano il generale insufficiente drenaggio e conseguente possibile ristagno e/o scorrimento superficiale dell'acqua meteorica in surplus. La sostanza organica, in media, si attesta su valori dell' 1,6% in peso secco. La capacità di campo è di circa 30-34% (Caciandro e Catalano, 1992). Dalla porosità totale e dalla capacità di campo sono state calcolate le frazioni di acqua ed aria nel suolo (Tab. 1).

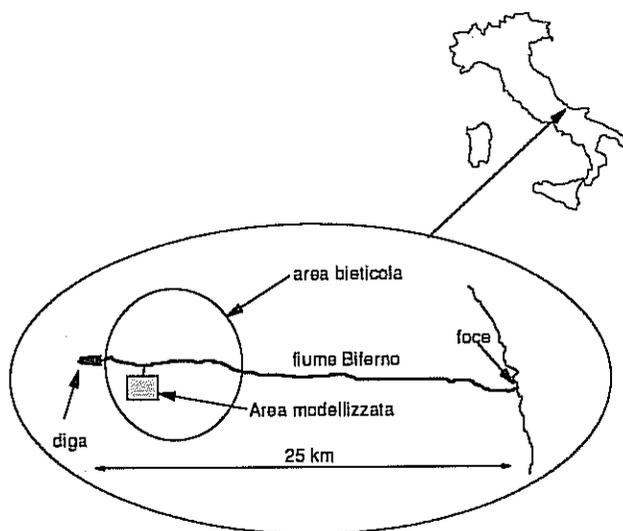


Figura 1 - Area bieticola e bacino oggetto di studio.

Tabella 1 - Caratteristiche del bacino selezionato per la simulazione. Il volume d'aria e d'acqua nel suolo sono calcolati alla capacità di campo; (aut. = semina autunnale; pri. = semina primaverile). Si assume che il carbonio organico costituisca il 56% della sostanza organica.

<b>Area del Bacino</b>	500 ha
<b>Area coltivata a barbabietola da zucchero</b>	350 ha (245 ha aut., 105 ha pri.)
<b>Tessitura del suolo</b>	
- Argilla	40%
- Sabbia	30%
- Limo	30%
<b>Porosità totale del suolo</b>	49%
- Frazione occupata dall'acqua	0,32
- Frazione occupata dall'aria	0,17
<b>Frazione del carbonio organico</b>	0,009

I dati climatici sono stati rilevati da una centralina posta nelle immediate vicinanze del bacino in studio.

#### Modello

Il modello utilizzato per prevedere la concentrazione dei principi attivi nelle acque superficiali, basato sul concetto di fugacità (Mackay, 1991), è denominato SoilFug (Di Guardo *et al.*, 1994a).

Questo è un modello a stato non stazionario (unsteady-state) anche se considera i singoli eventi in equilibrio. Il modello valuta la scomparsa del principio attivo secondo differenti fenomeni (degradazione, volatilizzazione, scorrimento superficiale), ma calcola la partizione fra le differenti fasi del suolo in condizioni di

equilibrio (equifugacità fra le fasi del suolo) in specifici periodi di tempo (eventi piovosi).

Il risultato di tale modellizzazione, se riferito ad aree omogenee, può permettere di valutare il carico complessivo di fitofarmaci di un'area agricola situata in un dato bacino di drenaggio di un fiume.

Il modello considera quattro differenti comparti presenti nel suolo: aria, acqua, sostanza organica e minerale. Per ciascun comparto si calcola la capacità di trattenere il principio attivo e quindi la fugacità, che può essere estrapolata una volta noti il volume del comparto e le quantità utilizzate. Dalla fugacità, infine, si calcolano le quantità e le concentrazioni dei principi attivi per ogni singolo comparto. Il modello calcola le concentrazioni nel suolo e nell'acqua di deflusso per ogni evento piovoso, che è considerato come il periodo di tempo che intercorre tra l'inizio della pioggia ed il momento in cui il flusso d'acqua in uscita ritorna ai valori precedenti l'evento piovoso. Le concentrazioni nel suolo e nell'acqua sono da considerare quindi come una concentrazione media dell'intero evento.

I dati da utilizzare per il modello sono le caratteristiche chimico-fisiche delle sostanze, il tempo di emivita nel suolo dovuto a fenomeni degradativi, alcune caratteristiche del suolo (quantità di aria e acqua nel suolo alla capacità di campo, profondità accessibile, contenuto in carbonio organico), dati di piovosità/deflusso (quantità di pioggia e di deflusso per ogni evento piovoso e intervallo di tempo tra i differenti eventi), infine le superfici delle aree trattate e le dosi di principi attivi applicati. Per una più dettagliata descrizione del modello si rimanda a Di Guardo *et al.* (1994a).

Le simulazioni sono state eseguite nello scenario ambientale mostrato in precedenza. Molte assunzioni sono necessarie per contenere la complessità delle condizioni reali e permettere la modellizzazione.

Nell'applicare il modello si è supposto che l'area in esame sia stata trattata in un solo giorno e che tutta la dose utilizzata abbia raggiunto la superficie (non considerando ad es. i fenomeni di deriva). Inoltre si è supposto che la profondità del suolo in cui la molecola si sia ripartita fosse di 20 cm. Le condizioni ipotizzate tendono a massimizzare i fenomeni di scorrimento superficiale dei fitofarmaci applicati nel bacino in studio.

Le concentrazioni ( $\mu\text{g}/\text{l}$ ) dei diversi principi attivi nel fiume Biferno sono state calcolate dividendo le quantità ( $\mu\text{g}$ ) di fitofarmaci presenti in ogni deflusso, seguenti ogni evento piovoso, per la durata dell'evento (h) e riferendo i valori ( $\mu\text{g}/\text{h}$ ) alla portata del fiume in quel determinato momento (l/h).

#### Principi attivi

Le simulazioni sono state effettuate su insetticidi (carbaryl, cypermethrin, phorate) ed erbicidi (chloridazon, phenmedipham, fluazifop-p-butyl) largamente utilizzati, nei programmi di difesa della barbabietola da zucchero, nell'area in esame. I fungicidi impiegati sulla coltura non sono stati modellizzati essendo alcuni parametri, necessari per la modellizzazione, non definibili.

La Tabella 2 riporta le caratteristiche chimico-fisiche utilizzate nella modellizzazione.

Tabella 2 - Proprietà chimico-fisiche dei principi attivi esaminati (Wauchope *et al.*, 1992).

Principio attivo (p.a.)	Peso Molecolare	Solubilità in acqua (mg/l)	Tensione di Vapore (Pa) a 20°C	Koc (l/Kg)	t½ in suolo (giorni)
<b>Insetticidi</b>					
carbaryl	201,2	120	0,00016	300	10
cypermethrin	416,3	0,004	1,87E-07	100000	30
phorate	260,4	22	0,088	1000	60
<b>Erbicidi</b>					
chloridazon	221,6	400	6,66	120	21
fluazifop-p-butyl	327,3	2	3,33E-05	5700	15
phenmedipham	300,3	4,7	1,33E-09	2400	30

In Tabella 3 si riporta un piano di intervento fitosanitario, basato sui programmi di lotta che si effettuano nel bacino oggetto di studio.

In questa fase del lavoro non è stato necessario individuare le reali date dei trattamenti che gli agricoltori hanno effettuato, poiché interessava valutare il comportamento delle molecole nell'ambiente con una simulazione del tipo "worst case".

Tabella 3 - Piano di intervento fitosanitario ipotizzato per la simulazione .

Data presunta	Principio attivo (p.a.)	Epoca del trattamento	Semina	Superficie (ha)	Quantità p.a. (Kg/ha)
10 Nov.	phorate	semina	autunnale	245	0,495
23 Nov.	chloridazon	pre-emerg.	autunnale	245	0,52
30 Gen.	chloridazon	post-emerg.	autunnale	245	0,325
30 Gen.	phenmedipham	post-emerg.	autunnale	245	0,112
30 Gen.	fluazifop-p-butyl	post-emerg.	autunnale	245	0,26
2 Feb.	phorate	semina	primaverile	105	0,495
15 Feb.	chloridazon	pre-emerg.	primaverile	105	0,52
10 Mar.	chloridazon	post-emerg.	primaverile	105	0,325
10 Mar.	phenmedipham	post-emerg.	primaverile	105	0,112
10 Mar.	fluazifop-p-butyl	post-emerg.	primaverile	105	0,26
30 Mag.	carbaryl	accr. fittone	autunnale	245	0,95
30 Mag.	cypermethrin	accr. fittone	autunnale	245	0,1
10 Giu.	carbaryl	accr. fittone	primaverile	105	0,95
10 Giu.	cypermethrin	accr. fittone	primaverile	105	0,1

## RISULTATI E DISCUSSIONE

Nella Tabella 4 sono riportati i dati relativi agli eventi piovosi e i corrispondenti deflussi considerati nel corso della simulazione (10 novembre 1991 + 31 ottobre 1992). Sono state considerate eventi piovosi le precipitazioni maggiori di 15 mm, comprendendo anche le piogge in giorni contigui. I dati, riferiti al 1992, rilevano una piovosità totale annua di circa 570 mm e una temperatura media annua di circa 16°C. Nel modello è stato considerato un coefficiente medio di deflusso pari al 35% dell'acqua caduta.

Tabella 4 - Eventi piovosi (E.P.), loro durata, periodi fra gli eventi e corrispondenti deflussi.

n° dell'E.P.	Date degli E.P.	Periodo fra E.P. (giorni)	Durata degli E.P. (giorni)	pioggia (mm)	deflussi (mm)
1	12-20 Nov.'91	/	9	55,5	19,4
2	6-10 Dic.	15	5	27	9,4
3	21-25 Gen.'92	40	5	25,7	9,0
4	17-19 Feb.	22	3	25,2	8,8
5	9-12 Apr.	48	4	80,2	28,1
6	17-19 Apr.	4	3	125,3	43,8
7	15 Mag.	26	1	16,4	5,7
8	11-13 Giu.	25	3	15,2	5,3
9	25 Giu.	11	1	16	5,6
10	5 Set.	69	1	16,2	5,7
11	25-26 Set.	19	2	57,8	20,2
12	11-14 Ott.	14	5	17,2	6,0

Le concentrazioni dei principi attivi, riferite ai 500 ha del bacino in esame e calcolate secondo il modello, sono riportate in Figura 2.

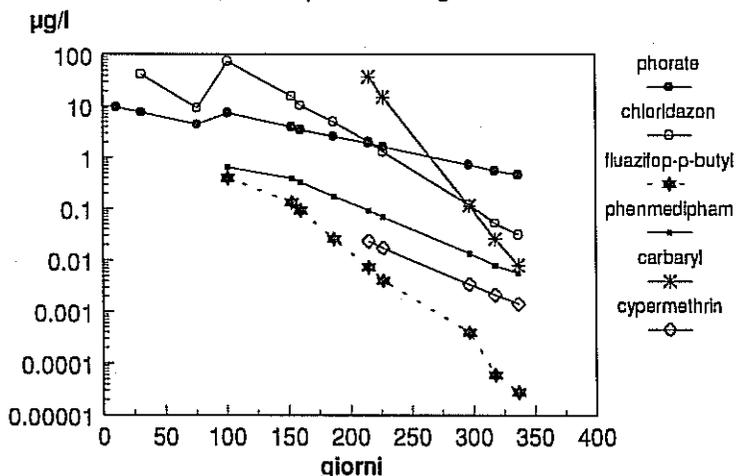


Figura 2 - Concentrazioni medie previste dal modello per i differenti principi attivi nelle acque superficiali all'uscita del bacino ad ogni evento piovoso (10 Novembre 1992 ÷ 11 Ottobre 1993).

Come si può osservare il chloridazon presenta le più alte concentrazioni nelle acque di deflusso per l'ampio uso, bassa affinità per il suolo ed emivita intermedia (21 gg). Il picco più alto (73 µg/l) si registra a circa 100 giorni dalla semina della coltura autunnale per il sovrapporsi degli interventi fitosanitari in semina autunnale e semina primaverile. Il phorate essendo più affine per il suolo e con un'emivita circa tripla, rispetto al precedente fitofarmaco, presenta una più blanda diminuzione della concentrazione nel tempo. La concentrazione prevista nelle acque di deflusso per il carbaryl risulta, invece, elevata subito dopo il trattamento per la sua idrosolubilità, si abbassa rapidamente per la veloce degradazione cui questa sostanza è soggetta

nel comparto suolo (10 gg). Infine, il phenmedipham, fluazifop-p-butyl e la cypermethrin si trovano a concentrazioni molto inferiori, pari a 1 o 2 ordini di grandezza in meno rispetto alle sostanze precedentemente esaminate.

La Tabella 5 mostra le portate medie mensili del fiume Biferno fornite dall'E.R.I.M (Ente Risorse Idriche Molise), nel tratto immediatamente seguente la diga. Un apporto ulteriore stimabile intorno al 5-10% può essere dovuto all'afflusso di acque superficiali.

Tabella 5 - Portate del fiume Biferno dopo la diga Ponte sul Liscione (1992).

Mese	Portata (m <sup>3</sup> /sec)
Gennaio	10
Febbraio	10
Marzo	3,5
Aprile	44
Maggio	4,5
Giugno	3,5
Luglio	4
Agosto	5
Settembre	5
Ottobre	4
Novembre	1
Dicembre	3,5

Da tali dati (Tabella 5) e dalle concentrazioni previste dal modello, è stato stimato l'impatto che tale bacino può esercitare, calcolando l'apporto in µg/h di principio attivo che giunge nel fiume Biferno. La Figura 3 mostra le concentrazioni previste nel fiume Biferno in seguito al deflusso delle acque superficiali dal bacino in studio.

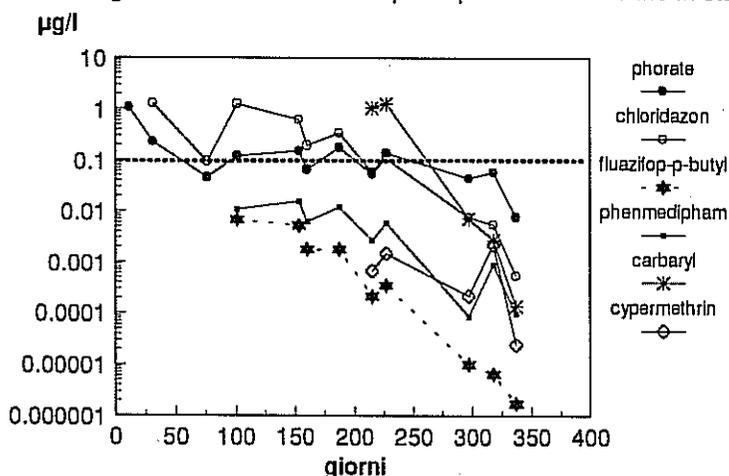


Figura 3 - Andamento delle concentrazioni medie dei fitofarmaci nel fiume Biferno (dal 10 Novembre 1992 al 31 Ottobre 1993). La linea tratteggiata orizzontale mostra la concentrazione massima di antiparassitari nelle acque per uso potabile fissata dalla CEE (0,1µg/l) (CEE, 1980).

Il chloridazon e il phorate, nel corso dell'intero periodo preso in esame, si ritrovano al di sopra o comunque al limite della soglia stabilita dalla CEE (0,1µg/l) per le acque potabili (Figura 3). Il carbaryl, viceversa, supera tale limite solo per un breve periodo di tempo, mentre gli altri principi attivi (cypermethrin, phenmedipham e fluzifop-p-butyl) sono presenti in concentrazioni di gran lunga inferiore al limite CEE.

## CONCLUSIONI

Le simulazioni condotte hanno permesso di valutare il diverso comportamento delle molecole in studio nei riguardi della contaminazione di acque superficiali e di fornire delle prime indicazioni per l'impostazione di un lavoro sperimentale sull'area. Confrontando il comportamento di diversi principi attivi è stato possibile ottenere informazioni molto utili nello studio dell'impatto sull'ambiente delle molecole esaminate, in quanto sono state valutate contemporaneamente caratteristiche di ripartizione dei fitofarmaci, legate al loro uso ed alle particolari condizioni ambientali. Le molecole da sottoporre ad un più attento monitoraggio ambientale potrebbero essere chloridazon, phorate e carbaryl. Tuttavia, solo attraverso una più accurata descrizione dello scenario ambientale, si potranno valutare in modo più preciso le concentrazioni dei principi attivi nelle acque superficiali in uscita dal bacino e quindi nel fiume Biferno.

## RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia l'Ing. L. Brunetti del Dipartimento S.A.V.A. per i dati sulle caratteristiche pedologiche ed il Consorzio Molisano Regionale di Difesa per i dati meteorologici forniti.

## LAVORI CITATI

- CACIANDRO A., CATALANO M. (1992). Irrigazione della barbabietola da zucchero nell'Italia meridionale. *Bieticoltura Associata*, Aprile 1992, 8-12.
- CATALANO M. (1993). Problematiche dell'irrigazione della barbabietola da zucchero nell'Italia meridionale. *Bieticoltura Associata*, Maggio 1993, 6-7.
- CEE (1980). Council directive of 15 July 1980 relating to the quality of water intended for human consumption, (80/778/EEC).
- DI GUARDO A., FINIZIO A., TREMOLADA P., SANDRONI D., VIGHI M. (1993). Preliminary Hazard Assessment of Pesticides Used on Orchards in Forlì Province, *Atti del IX Symposium Pesticide Chemistry, Mobility and Degradation of Xenobiotics*, Piacenza, 11-13 Ottobre. In stampa su *Environmental Science and Pollution Research*.
- DI GUARDO A., CALAMARI D., ZANIN G., CONSALTER A., MACKAY D. (1994a). A Fugacity Model of Pesticide Runoff to Surface Water: Development and Validation, In stampa su *Chemosphere*.
- DI GUARDO A., WILLIAMS R.J., MATTHIESSEN P., BROOKE D.N., CALAMARI D. (1994b). Simulation of Pesticide Runoff at Rosemaund Farm (UK) Using the SoilFug Model, In stampa su *Environmental Science and Pollution Research*.
- ISTAT (1990). Quarto censimento generale dell'Agricoltura, Roma.
- MACKAY D. (1991). *Multimedia environmental models. The fugacity approach*. Lewis Publishers, Chelsea, MI, USA.
- WAUCHOPE R.D., BUTTLER T.M., HORNSBY A.G., AUGUSTIJN-BECKERS P.W.M., BURT J.P. (1992). The SCS/ARS/CES Pesticide Properties Database for Environmental Decision-Making, *Rev. Environ. Contam. Toxicol.*, 123, 1-158.