

# **I MODELLI FOCUS GROUND-WATER E LA REGISTRAZIONE ITALIANA**

**Mario Businelli**

*Dipartimento di Scienze Agroambientali e della Produzione Vegetale  
Università di Perugia*

## **INTRODUZIONE**

I modelli matematici di previsione della diffusione ambientale dei prodotti fitosanitari elaborati dal FOCUS (*FOrum for the Coordination of pesticide fate models and their USE*) sono una diretta conseguenza della Direttiva 414/91/CEE, recepita in Italia con il D.L. 194/95. Tale Direttiva, infatti, introduce tra i requisiti necessari per l'autorizzazione al commercio dei prodotti fitosanitari, oltre alla valutazione del danno per la salute dell'uomo, anche la valutazione del danno potenziale per l'ambiente e le specie non-bersaglio. Ciò rende necessaria la valutazione delle concentrazioni di prodotti fitosanitari nei comparti ambientali in cui vivono i diversi organismi non-bersaglio. Tale valutazione andrebbe effettuata mediante prove di monitoraggio.

Gli estensori della Direttiva 91/414/CEE però, rendendosi conto che il monitoraggio è un'operazione lunga, impegnativa e costosa, hanno introdotto la possibilità di utilizzare, come primo approccio al problema, le concentrazioni stimate (PEC = concentrazioni ambientali prevedibili) da prove di simulazione con modelli matematici di previsione. Poiché la Direttiva non dà alcuna indicazione sui modelli da adottare, il FOCUS costituì un gruppo di lavoro *ad hoc*, con il compito di indicare quali

modelli utilizzare, e come. Si trattava di un compito impegnativo, in quanto è noto che le simulazioni dipendono da una grande varietà di fattori (tipo di modello, quantità e qualità degli *input* e degli *output* scelti per caratterizzare lo scenario). La via scelta dal gruppo di lavoro che si occupava delle concentrazioni nelle acque profonde ( $PEC_{gw}$ ) fu quella di standardizzare tutto il possibile. Si riuscì a farlo per quanto riguarda gli "scenari" (file climatici, parametri pedologici, idrologici e colturali) e per gli *input* relativi alla caratterizzazione dei prodotti fitosanitari da utilizzare per le simulazioni, non si riuscì invece per i modelli. Per questi, la strada ideale sarebbe stata quella di individuare un modello unico, che sintetizzasse "il meglio" di tutti i modelli disponibili. Ciò non fu possibile in quanto, seguendo questa strada, si sarebbe prodotto un modello totalmente teorico, quindi completamente inaffidabile in mancanza di validazione. Non fu possibile, d'altra parte, identificare e scegliere un unico modello tra quelli disponibili e sufficientemente validati, in quanto esistevano numerosi modelli, e alcuni tra questi erano già da tempo in uso presso organismi governativi che avevano un peso notevole sulle scelte del gruppo di lavoro.

Per tale ragione furono scelti i tre modelli PRZM, PELMO e PESTLA (all'ultimo momento sostituito con PEARL, che tuttavia produce simulazioni molto simili a quelle del PESTLA), che erano i modelli ufficialmente adottati in USA, Germania e Olanda. Su insistenza dei rappresentanti di Francia e Italia fu in seguito inserito anche il modello MACRO che, dal momento che considera i flussi preferenziali nei macropori, si adatta meglio ai terreni strutturati dell'Europa meridionale.

## **CRITERI GENERALI PER LA SELEZIONE DEGLI SCENARI**

Obiettivo del gruppo di lavoro “*Groundwater Scenarios*”, istituito dal FOCUS nel 1997, era sviluppare circa 10 scenari realistici “*worst-case*” (“caso peggiore”) da utilizzare per simulare la lisciviazione dei fitofarmaci nelle procedure di registrazione europea (Boesten et al., 1999). Fu ulteriormente definito il “caso peggiore”, stabilendo che lo scenario doveva corrispondere ad una vulnerabilità del 90° percentile. La vulnerabilità di uno scenario è, in generale, funzione delle proprietà del prodotto fitosanitario: per esempio, la sensibilità al dilavamento in funzione delle condizioni climatiche può essere maggiore per prodotti “debolmente” trattenuti dal suolo, che per prodotti “fortemente” trattenuti. Un approccio teorico corretto avrebbe dovuto implicare lo sviluppo di centinaia di scenari, ciascuno dei quali avrebbe simulato la lisciviabilità di uno specifico prodotto; lo scenario vulnerabile al 90° percentile sarebbe stato quindi identificato dalla risultante distribuzione di frequenza.

Lo sviluppo di centinaia di scenari non era però tra gli scopi del gruppo di lavoro. Venne pertanto adottato un approccio molto più pragmatico: si assunse che la vulnerabilità di uno scenario fosse indipendente dalle proprietà del fitofarmaco e fu pertanto attribuita separatamente alle proprietà del suolo e al clima. Inoltre, gli effetti esercitati dalle proprietà del suolo e del clima sulla lisciviabilità dei fitofarmaci furono considerati tra loro indipendenti. Nonostante ciò, l'esatto percentile per le proprietà del suolo e del clima in grado di fornire una vulnerabilità del 90° percentile non poteva essere determinato con precisione senza estensive simulazioni delle varie combinazioni presenti in una specifica regione.

Inizialmente fu considerato che il valore del 70° percentile per il suolo, e del 70° percentile per il clima, dessero una buona rappresentazione di un 90° percentile complessivo. Tuttavia, dopo aver effettuato alcune analisi statistiche di prova, fu deciso, che un 90° percentile complessivo poteva essere meglio approssimato usando un 80° percentile per il suolo ed un 80° percentile per il clima. L' 80° percentile per il clima fu determinato effettuando simulazioni con dati climatici poliennali, mentre la selezione dell'80° percentile per il suolo, data la mancanza di sufficienti archivi di dati, fu ottenuta solo per approssimazione basandosi sul giudizio degli esperti. I percentili dei suoli così selezionati erano compresi probabilmente tra il 60° ed il 95°.

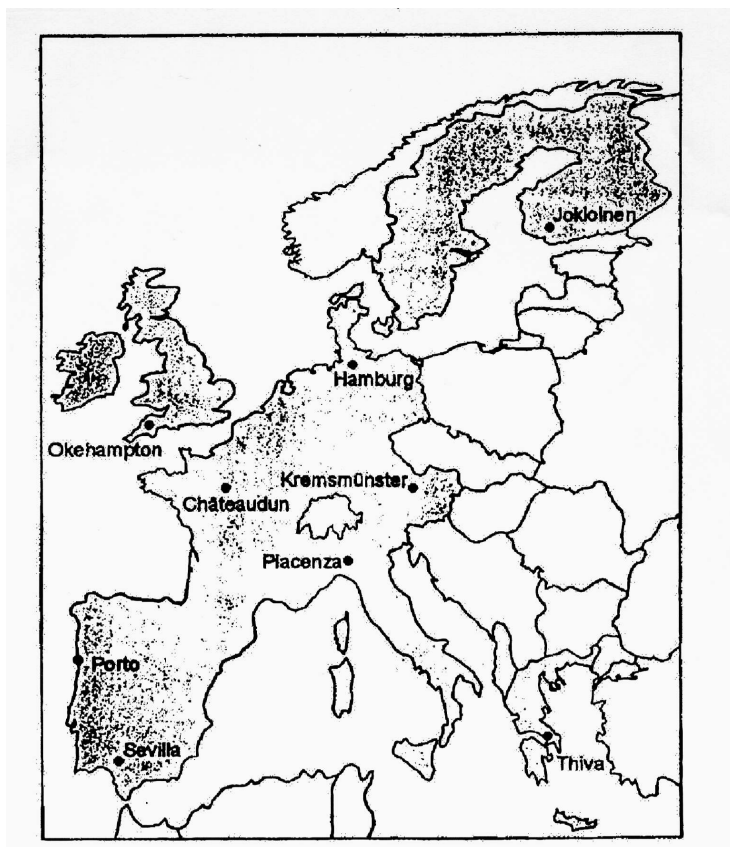
Le località, scelte mediante una procedura basata sul giudizio degli esperti, dovevano avere le seguenti caratteristiche:

- 1) essere possibilmente rappresentative delle più estese zone agricole europee
- 2) approssimare le variazioni di temperatura e piovosità delle località prescelte
- 3) essere distribuite geograficamente nell'intera Unione Europea con non più di uno scenario per nazione.

Il processo di selezione considerò una proposta iniziale di circa dieci località prescelte esaminando le informazioni ottenute da una serie di fonti (zone climatiche FAO, mappa d'Europa, tavole di temperatura e piovosità, informazioni sulla capacità d'uso, ecc.). Tale proposta fu completata raggruppando le aree climatiche simili ed aggiungendo località in aree climatiche non previste nella proposta originaria. Sebbene alcuni di questi scenari aggiuntivi non fossero collocati nelle zone agricole più importanti,

rappresentavano comunque aree percentualmente significative dei terreni agricoli europei. La piovosità media a lungo termine fu ricavata da quella di un luogo rappresentativo di ciascuna località (Heyer, 1984). Il risultato finale fu la selezione delle nove località riportate in Figura 1 alle quali sono stati attribuiti i valori di piovosità annuale riportati in Tabella 1.

**Figura 1**  
**Localizzazione dei nove scenari FOCUS per le acque di falda**



**Tabella 1**  
**Proprietà pedologiche e climatologiche utilizzate per la selezione dei nove scenari FOCUS acque di falda**

Località	Codice	Tessitura dello strato Superficiale del suolo (classificazione USDA)	Piovosità annua di riferimento (mm)
Châteaudun	C	Franco limoso argilloso	600
Hamburg	H	Sabbioso franco	700
Jokioinen	J	Franco sabbioso	600
Kremsmünster	K	Franco/limoso franco	900
Okehampton	N	Franco	>1000
Piacenza	P	Franco	750
Porto	O	Franco	1150
Sevilla	S	Limoso franco	550
Thiva	T	Franco	500

**Tabella 2**  
**Caratteristiche dei nove scenari FOCUS per le acque di falda (per le denominazioni complete delle località vedi Tab. 1). I quantitativi di acqua di irrigazione sono i massimi previsti per le sei colture**

PROPRIETÀ	Codice delle località								
	C	H	J	K	N	P	O	S	T
Sostanza organica (%)									
Strato 0 – 30 cm	2,3	2,6	7,0	3,6	3,4	1,7	6,6	1,6	1,3
Strato 30 – 60 cm	1,5	1,7	1,5	0,8	1,1	1,0	4,0	1,2	1,1
Strato 60 – 100 cm	0,5	0,1	0,6	0,5	0,5	0,3	3,7	1,0	0,4
Volume medio della frazione acquosa nello strato 0-100 cm assumendo un pF=2 per tutti gli strati	0,38	0,25	0,20	0,35	0,31	0,30	0,38	0,36	0,35
Profondità media della falda (m)	12	2	1,5	1,6	20	1,5	1,5	2,4	>5
Piovosità annua media (mm)	650	790	640	900	1040	860	1150	490	500
Irrigazione annua media (mm)	360	0	0	0	0	400	0	870	670
Temperatura media annua dell'aria (° C)	11	9	4	9	10	13	15	18	16

Questo approccio contrastava con quello scelto inizialmente, il quale prevedeva una suddivisione dell'Europa in 5 – 15 aree climatiche, per ciascuna delle quali si doveva scegliere una località rappresentativa. L'approccio prescelto può indubbiamente essere oggetto di critiche, in quanto la località selezionata può non essere rappresentativa di alcuna delle località effettivamente presenti nella zona climatica. Le località scelte non vanno tuttavia considerate come luoghi rappresentativi dell'agricoltura nei Paesi in cui sono collocate, ma debbono essere viste complessivamente come percentualmente rappresentative di tutte le zone agricole dell'Unione Europea.

### **SELEZIONE DEL PROFILO**

Un aspetto importante della scelta effettuata era costituito dal fatto che i suoli prescelti esistevano realmente (in tal modo, risultavano disponibili le proprietà del profilo del suolo almeno fino a 1 m di profondità). La scelta del suolo era basata sulle proprietà del suolo presente nella specifica zona agricola rappresentata. In tal modo si evitava la possibilità di combinazioni clima-suolo non realistiche. Lo scopo era di scegliere un suolo che fosse significativamente più vulnerabile della media dei suoli situati nella specifica zona agricola (80° percentile di vulnerabilità), ma non troppo vulnerabile da rappresentare un caso limite. Si stabilì che la vulnerabilità del profilo fosse determinata dalla tessitura e dal contenuto in sostanza organica. Questa scelta fu giustificata dalla constatazione che le analisi di sensibilità avevano dimostrato che il PELMO, il PRZM, il PESTLA ed il MACRO sono tutti molto sensibili al contenuto di sostanza organica e che i modelli PELMO e PRZM che calcolano il flusso idrico col sistema

“capacitavo” sono molto sensibili anche alla tessitura. Per tali modelli di capacità, la lisciviazione è maggiore nei suoli sabbiosi che in quelli con tessitura franca.

A causa della mancanza di consistenti insiemi di dati sulle proprietà dei suoli, la selezione dei suoli fu effettuata sulla base del giudizio di esperti, piuttosto che mediante una sistematica procedura di selezione. Un'eccezione a tale procedura fu adottata solo per Okehampton dove era disponibile il SEISMIC, una banca dati per l'Inghilterra e il Galles (Hallet et al., 1995). Per ottenere informazioni sul contenuto medio di sabbia e argilla e di sostanza organica in ciascuna regione, fu utilizzata la mappa dei suoli FAO. Basandosi su questi valori medi, furono elaborati per ciascuna località valori medi di riferimento per la tessitura del suolo ed il tenore in sostanza organica. Successivamente vari membri del gruppo di lavoro, in genere in consultazione con esperti locali, scelsero i suoli che presentavano gli stessi valori di riferimento (i dati dei parametri per lo strato superficiale del suolo sono riportati nelle Tabelle 1 e 2).

Ove possibile, furono esclusi i suoli privi di falda. In alcuni casi fu data speciale considerazione a suoli per i quali erano reperibili risultati di ricerche che ne descrivevano le proprietà. Talvolta i valori di riferimento erano riesaminati durante il processo di scelta dei suoli.

I dati sul profilo riguardavano i singoli orizzonti e contenevano le seguenti misure: (a) sostanza organica o carbonio organico, (b) percentuale di sabbia, limo e argilla, (c) pH e (d) massa volumica apparente.

E' noto come la velocità di trasformazione di un fitofarmaco decresce all'aumentare della profondità del suolo e sia funzione sia del suolo, sia del fitofarmaco stesso. Tuttavia, data la scarsità di dati reperibili in letteratura



sull'argomento, fu deciso di assumere la stessa dipendenza dalla profondità per tutti i profili, indipendentemente dalle proprietà del fitofarmaco. Furono pertanto scelti per la velocità di trasformazione i seguenti fattori moltiplicativi: 1,0 per lo strato 0-30 cm, 0,5 per lo strato 30-60 cm e 0,3 per lo strato 60-100 cm. Al di sotto di 100 cm, il fattore era posto uguale a zero (nessuna trasformazione). Questa fu la decisione assunta per tutti gli scenari. Se tuttavia per un particolare fitofarmaco erano disponibili sufficienti informazioni, l'utilizzatore poteva variare detta dipendenza con la profondità, in base alle informazioni ottenute.

La tabella 2 mostra come il tenore in sostanza organica nei primi 30 cm di suolo varia dall'1 al 4% in tutti gli scenari ad eccezione di quelli di Jokioinen e Porto che superano il 6%. L'elevato tenore di sostanza organica di Porto dipende dall'origine fluviale di quel suolo. La tabella 2 mostra anche che la diminuzione di sostanza organica con la profondità varia notevolmente nelle diverse zone: per esempio a Jokioinen il tenore di sostanza organica decresce rapidamente con la profondità, mentre a Porto decresce solo moderatamente. La tabella 2 mostra che in media il volume della frazione di acqua alla capacità di campo ( $pF = 2$ ) per lo strato 0-100 cm varia dal 20% al 40%. Il suolo sabbioso franco di Hamburg e quello franco sabbioso di Jokioinen hanno valori che sono inferiori a quelli degli altri sette suoli che, a loro volta, presentano un contenuto di acqua alla capacità di campo abbastanza elevato. La Tabella 2 mostra anche che il livello medio della falda per quattro dei nove scenari è a circa 1,5 metri. Due scenari (Hamburg e Seviglia) hanno livelli a circa 2 metri ed i rimanenti tre (Chateadun, Okehampton e Thiva) hanno livelli ad disotto dei 5 metri.

## **SELEZIONE DELLE COLTURE**

Gli scenari erano resi i più realistici possibili mediante l'inclusione delle più diffuse colture europee ad eccezione del riso, che andava trattato a parte (come, in effetti, è stato fatto successivamente) perché i modelli considerati per le colture "in asciutta" non consentono la simulazione della lisciviazione dei fitofarmaci al disotto delle zone allagate. Gli scenari erano sviluppati per cinque colture che si simulava potessero crescere in tutte le nove zone (mele, cereali vernini, erba inclusa la medica, patate estive e barbabietola da zucchero) e 21 colture che potevano crescere in almeno una delle zone considerate. Queste 21 colture sono, in ordine alfabetico: agrumi, bacche, carote, cavolo, cereali, cipolla, colza (estiva), colza (invernale), cotone, fagioli, fagiolini, fragole, girasole, lino, mais, patate, pisello, pomodoro, soia, tabacco e vite. Talvolta una coltura che normalmente non cresce in un'area specifica (ad esempio la barbabietola da zucchero a Okehampton), era ugualmente inclusa perché poteva essere coltivata in suoli e clima simili in altre parti d'Europa.

In teoria, anche le colture possono giocare un ruolo nella definizione della vulnerabilità di uno scenario. Tuttavia, come detto precedentemente, ci si è basati sull'assunto che la vulnerabilità dello scenario dipenda soltanto dal suolo e dal clima. Perciò, in generale, i parametri della coltura erano quantificati con la media e la mediana. Per tutte le combinazioni suolo-coltura-clima, la consistenza dei dati colturali era verificata e, se necessario, i dati colturali venivano modificati. Per caratterizzare una coltura in un determinato scenario, venivano utilizzati i seguenti parametri: (a) data di semina/trapianto, emergenza e raccolto, (b) valore massimo nel tempo dell'indice di area foliare, di copertura del suolo e di effettiva profondità

radicale con le date corrispondenti. Generalmente, i parametri colturali erano ottenuti da esperti locali che suggerivano anche le colture principali per ogni località.

### **SELEZIONE DEI DATI METEOROLOGICI ED IRRIGUI**

I modelli di lisciviazione necessitano di dati meteorologici giornalieri, che erano ottenuti dai dati MARS (Terres, 1997). Tali dati sono basati su celle reticolate di 50 x 50 cm per l'intera Europa (più la Turchia ed il Nord Africa). Per ciascuna cella erano disponibili le proprietà meteorologiche su base giornaliera per periodi di 15 – 30 anni. Le celle in cui erano collocati i nove profili di suolo, vennero selezionate e da esse vennero ricavati i dati meteorologici per un periodo di 20 anni, dal 1975 al 1994 (che rappresenta il periodo minimo per derivare l'80° percentile). Se le piogge annuali differivano troppo dai valori precedentemente assegnati in Tabella 1, la piovosità giornaliera dello scenario veniva aggiustata (ad esempio moltiplicandola per un fattore costante) in modo da ottenere valori accettabili per la piovosità annua. Questo approccio è giustificabile se si pensa che la piovosità annuale può variare sensibilmente anche per distanze di appena 50 km (ad es. per effetto delle montagne). Questa procedura fu applicata per quattro dei nove scenari (Kremsmunster, Okehampton, Porto e Thiva).

L'irrigazione fu inclusa per gli scenari nei quali appariva necessaria per le normali pratiche agricole (Chateadun, Piacenza, Sevilla, Thiva). Gli scenari irrigui erano basati sul programma d'irrigazione IRSIS (Raes et al., 1998) ed erano previsti per sei colture (patata, mais, melo, erba medica, pomodori e barbabietola da zucchero). Si stabilì che lo scenario irriguo di ogni coltura

fosse uguale ad uno di questi sei. E' anche possibile che una coltura con venga irrigata (ad esempio poiché il frumento vernino può crescere in tutti i luoghi senza irrigazione, si è stabilito che il frumento vernino non venga irrigato in nessuno scenario).

La tabella 2 mostra anche che le dosi annue di acqua di irrigazione possono essere considerevoli nelle zone irrigate. Dal momento che si è stabilito che il frumento vernino non venga irrigato, l'irrigazione minima per tutti i quattro scenari, dove è prevista è pari a zero. Per Châteaudun e Piacenza, la massima irrigazione annuale è 360 – 400 mm, mentre è maggiore per Sevilla e Thiva (670 – 870 mm). Sevilla e Thiva hanno la più bassa piovosità annua (490 – 500 mm), tuttavia se vi si fa crescere una coltura che richieda la massima irrigazione, la somma della pioggia più l'irrigazione è pari a 1170 – 1360 mm (e quindi Sevilla diventa la zona con il maggiore apporto annuo di acqua). Pertanto l'irrigazione può avere un enorme impatto sul bilancio idrico sia a Sevilla che a Thiva. La Tabella 2 mostra anche che la media della temperatura annua dell'aria varia da 4 a 18° C. Jokioinen è di gran lunga lo scenario più freddo con circa 4° C mentre Châteaudun, Hamburg, Kremsmünster e Okehampton si attestano a 10° C. I quattro scenari posti sulla parte destra della Tabella sono scenari dell'Europa del Sud con le temperature più elevate.

## **ADATTAMENTO DEGLI SCENARI AI MODELLI**

### ***Modelli***

Lo scopo principale del gruppo di lavoro “*groundwater scenarios*” del FOCUS, era di sviluppare scenari che fossero adatti per la valutazione del movimento dei fitofarmaci verso le falde. L'intento non era però quello di

produrre scenari per una specifica versione di un modello, ma piuttosto di descrivere una serie di condizioni che potessero essere impiegate anche nelle successive versioni dei modelli disponibili, e anche in modelli più evoluti che fossero stati sviluppati successivamente. Tuttavia, anche la simulazione con uno solo degli scenari prescelti con un modello esistente richiede la selezione di molti input specifici. Perciò, per uniformare l'utilizzo degli scenari standard, il gruppo di lavoro mise a punto gli "*input files*" necessari per inserire le caratteristiche di ciascuno scenario in alcuni dei più importanti modelli. Come richiesto dalla Commissione guida del FOCUS, furono sviluppati scenari "ad hoc" per tre dei principali modelli: PELMO, PESTLA e PRZM (Jene, 1998; Van Den Berg and Boesten, 1999; Carsel et al., 1998). Questi modelli sono basati sulla teoria del trasporto cromatografico e non simulano quello dei flussi preferenziali nei suoli strutturati. Uno scenario fu poi sviluppato anche per il modello MACRO (Jarvis and Larsson, 1998) per dimostrare agli Stati Membri l'effetto dei flussi preferenziali, dal momento che il MACRO è in Europa il modello più utilizzato per simulare il movimento dei prodotti fitosanitari attraverso i macropori del suolo. Come scenario per il MACRO fu scelto quello di Châteaudun, il cui suolo è il più pesante tra quelli delle altre otto zone e per il quale erano disponibili i dati necessari alla calibrazione del modello.

### **ROTAZIONE COLTURALE**

L'inclusione di realistiche rotazioni colturali nei vari scenari costituiva un impegno troppo gravoso per il gruppo di lavoro; pertanto, si stabilì di considerare che ogni simulazione del modello prevedesse la presenza in tutti gli anni della medesima coltura. Poiché però alcune colture (come la

patata) raramente sono coltivate tutti gli anni, fu aggiunta un'opzione che prevedeva la coltivazione, e quindi l'applicazione del fitofarmaco, ogni due e ogni tre anni. Pertanto, per effettuare delle valutazioni confrontabili, il periodo di simulazione fu esteso a 40 e 60 anni rispettivamente per le applicazioni fatte ogni due o ogni tre anni (ripetendo i 20 anni previsti per due e tre volte).

### ***Periodo di simulazione***

Come detto nella sezione precedente, i modelli necessitano di periodi di simulazione di 20, 40 e 60 anni. Per consentire di stabilizzare l'umidità del terreno lungo il profilo prima dell'inizio della simulazione, e poiché non sempre il dilavamento può essere consistente nel primo anno di applicazione (specialmente per composti persistenti e moderatamente o fortemente adsorbiti dal suolo), si aggiunge prima del periodo di simulazione un periodo di "riscaldamento" di sei anni (i sei anni furono scelti perché sono divisibili per 1, 2 e 3 cosicché il periodo di riscaldamento non dipende dalla frequenza di applicazione). Naturalmente i risultati della simulazione durante il periodo di "riscaldamento" vengono trascurati ai fini della valutazione della lisciviazione.

### ***Profondità della simulazione***

E' necessario che tutte le simulazioni siano effettuate fino ad una sufficiente profondità per permettere un accurato bilancio idrico. Per i modelli di capacità come il PRZM ed il PELMO, questo significa che le simulazioni vengano effettuate almeno fino alla zona interessata dall'apparato radicale. Per i modelli basati sull'equazione di Richards come

il PESTLA (PEARL) ed il MACRO, le simulazioni dovrebbero essere effettuate fino a profondità maggiori (al disotto del livello inferiore della falda). Per quanto riguarda le concentrazioni di principio attivo e dei suoi metaboliti, i Principi Uniformi dell'UE (Allegato VI della Direttiva 91/414/CEE) fanno riferimento alle concentrazioni nell'acqua di falda. Molti fattori rendono difficile tale valutazione. Tra questi, possiamo citare la mancanza d'informazioni sulle caratteristiche del sottosuolo, la mancanza d'informazioni sull'andamento dei processi (specialmente la degradazione) che avvengono nel sottosuolo a carico dei prodotti fitosanitari e dei loro metaboliti, le carenze dei modelli e l'eventuale presenza di "sfattoccio" di roccia o altri materiali che non possono essere convenientemente simulati con i modelli esistenti. Per tali ragioni si stabilì che, al momento, l'unica soluzione possibile fosse quella che i modelli fornissero come *output* i flussi dell'acqua e dei relativi prodotti organici rilevanti alla profondità di un metro. Ovviamente, quando possibile, i modelli avrebbero potuto fornire i flussi anche a profondità maggiore come ad esempio fino al confine idrologico o alla falda. Quando diventassero disponibili ulteriori informazioni e modelli più avanzati, l'obiettivo potrebbe diventare l'effettiva simulazione delle concentrazioni nelle acque di falda.

### ***Risposte del modello***

La lisciviazione di un composto è caratterizzata dalla sua concentrazione media nell'acqua lisciviata al disotto di una certa profondità (nel nostro caso 1 m, come precedentemente stabilito). Tale concentrazione è definita dall'integrale del flusso di soluto nel periodo prescelto (l'ammontare totale

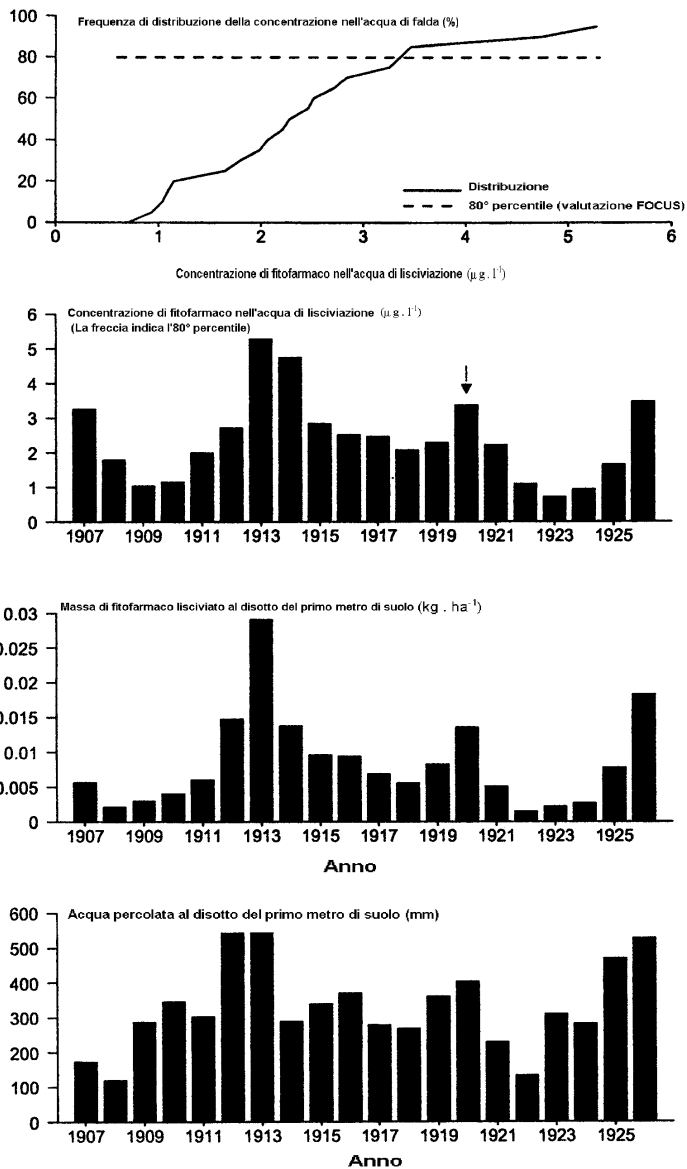
di principio attivo o metabolita che supera tale profondità), diviso per l'integrale del flusso idrico nello stesso periodo (la ricarica di acqua totale oltre detta profondità). In periodi in cui la ricarica netta al disotto di 1 metro è zero o negativa, la concentrazione media va posta uguale a zero. Il periodo è un anno di calendario per simulazioni di 26 anni, due anni di calendario per simulazioni di 46 anni e tre anni di calendario per simulazioni di 66 anni. Così una corsa del modello produce una media delle concentrazioni di 20 periodi. Tutti i modelli sono stati predisposti con questa procedura e forniscono questi 20 valori dal più basso al più alto e selezionano il 17° valore che rappresenta l'80° percentile per la serie climatica che, come detto precedentemente, porta al 90° il percentile complessivo (Tabella 2).

### ***Parametri descrittivi delle proprietà dei fitofarmaci e dei loro metaboliti***

Tutte le informazioni sulle proprietà dei fitofarmaci e dei loro metaboliti, sulle dosi e sui tempi di trattamento sono di pertinenza degli utilizzatori. Tuttavia, il rapporto del gruppo di lavoro contiene una guida dettagliata per assistere gli utenti nella selezione delle proprietà più importanti dei fitofarmaci per i quali vogliono simulare la mobilità. Dal momento poi che è stato stabilito che la vulnerabilità dello scenario dipende esclusivamente dalle proprietà del suolo e dai dati climatici, piuttosto che dalle proprietà dei fitofarmaci e dei loro metaboliti, si raccomanda che siano usati come parametri per la valutazione della velocità di degradazione e dei coefficienti d'adsorbimento, i valori medi o le mediane.



**Figura 2**  
**Esempio di grafico riassuntivo FOCUS (da Manual of FOCUS**  
**PEARL version 1.1.1. Rivm, Nov. 2000)**



## CONCLUSIONI

Come accennato nell'introduzione e illustrato nei paragrafi precedenti a questo, il lavoro di standardizzazione degli *input* e degli *output*, operato dal gruppo di lavoro "*groundwater scenarios*" del FOCUS, toglie ogni soggettività alla valutazione, mediante i modelli matematici previsionali, della pericolosità per le falde dei vari fitofarmaci. Purtroppo, rimane l'incertezza causata dalla mancata possibilità d'impiego di un modello unico. Tale scelta è quella che attualmente crea gli unici problemi sull'utilizzo dei modelli FOCUS che, come è stato dimostrato da prove di calcolo comparative con fitofarmaci "fittizi" aventi caratteristiche diverse, danno, come era logico aspettarsi, simulazioni che differiscono tra loro anche di uno o due ordini di grandezza, soprattutto per concentrazioni prossime a quello  $0,1 \mu\text{g.l}^{-1}$ , che è il limite soglia di accettabilità per le acque potabili, e che è stato assunto dal FOCUS come massimo livello di concentrazione ammissibile a 1 metro di profondità per giudicare non pericoloso un prodotto fitosanitario.

Questa non coincidenza delle simulazioni effettuate con i differenti modelli FOCUS consiglierebbe che, per i fini valutativi richiesti dalla Direttiva 414/91/CEE, le simulazioni fossero effettuate con tutti i modelli e su tutti gli scenari FOCUS compatibili con le colture controllate dal prodotto fitosanitario, per avere una visione completa dell'eventuale pericolo di contaminazione delle acque profonde. Tale è stata la scelta della Commissione Consultiva Prodotti Fitosanitari che opera presso il Ministero della Salute. In ambito europeo (ECCO Meetings), ci si accontenta spesso di simulazioni effettuate con un solo modello. Questa scelta, che potrebbe anche essere accettata per simulazioni che danno concentrazioni di prodotti

fitosanitari nelle acque profonde largamente superiori o largamente inferiori a  $0,1 \mu\text{g.l}^{-1}$ , non mi sembra molto opportuna per valori nell'intorno del limite soglia.

L'effettuazione di dette simulazioni non appare un impegno gravoso, considerato che i modelli MACRO, PEARL, PELMO e PRZM già standardizzati con i 9 scenari FOCUS e richiedenti per la simulazione un numero limitato di *input* (dal momento che molti di essi sono già prefissati) sono distribuiti dall'ISPRA e disponibili sul sito <http://viso.ei.jrc.it/focus/index.html>. Mi sento, pertanto, di invitare tutte le Ditte che richiedono la registrazione di un prodotto fitosanitario a presentare la documentazione completa anche per quanto riguarda le simulazioni modellistiche, al fine di evitare problemi ai valutatori e dannosi ritardi per la registrazione dei loro prodotti.

## **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Boesten J.J.T.I.; Jones R.L.; Businelli M.; Delmas A.B.; Gottesbüren B.; Hanse K.; Jarvis T.; Klein M.; van der Linden A.M.A.; Maier W.M.; Rekolainen S.; Ressler H.; Styczen M.; Travis K.; Vanclooster M. (1999). The development of FOCUS scenarios for assessing pesticide leaching to groundwater in EU registration. Proceedings of British Crop Protection Council, Farnham, Surrey, 527-536, 1999.

Carsel R. F.; Imhoff J. C.; Hummel P.R.; Cheplick J. M.; Donigian A. S. (1998). PRZM-3, A model for predicting pesticide and nitrogen fate in the crop root and unsaturated soil zones: Users Manual for Release 3.0. U.S. Environmental Protection Agency, Athens.

FOCUS Leaching Modelling Workgroup (1995). Leaching models and EU registration. Guidance document 4952/VI/95, Commission of the European Communities, Directorate-General for Agriculture VI B II-1, Brussels, 123 pp.

FOCUS Groundwater Scenarios Workgroup (2000). FOCUS groundwater scenarios in the EU review of active substances. Guidance document SANCO/321/2000. Commission of the European Communities, Directorate-General for Agriculture VI B II-1, Brussels.

Halliet S.H.; Thanigasalam P.; Hollis J.M.H. (1995). Scismic; a desktop information system for assessing the fate and behaviour of pesticides in the environment. *Computers and Electronics in Agriculture* 13, 227-242.

Heyer E. (1984). Witterung und Klima; eine allgemeim Klimatologie. Leipzig.

Jarvis N.; Larsson M. (1998). The Macro model (version 4.1): Technical Description. [www.mv.slu.se/macro/doc/](http://www.mv.slu.se/macro/doc/).

Jene B. (1998). PELMO 3.00, Manual extension. Staatliche Lehr - und Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Weinbau und Gartenbau, Neustadt, Germany.

Raes D.; Lemmens H.; Van Aelst P; Vandebulcke M.; Smith M (1988). IRSIS, Irrigation software scheduling system. Laboratory of land management, Faculty of Agricultural Sciences, Catholic University Leuven, Belgium, 119 pp.

Terres J.M. (1997). MARS meteorological database - Technical description. Report of Agricultural Information Systems Unit, Space Applications Institute, Joint Research Centre, Ispra, 14 pp.

Van Den Berg F.; Boesten J.J.T.I. (1999). Pesticide leaching and accumulation model (PESTLA) version 3.4 - Description and user's guide. Technical Document 43, Winand Staring Centre, Wageningen, The Netherlands, 150 pp.

*Indirizzare eventuale corrispondenza a:*

Mario Businelli

Dipartimento di Scienze Agroambientali e della Produzione Vegetale

Università di Perugia

[mbusinel@unipg.it](mailto:mbusinel@unipg.it)