

CHIMICA E AMBIENTE

Principi attivi utilizzati in agricoltura: prevedere il rischio per ambiente/salute connesso al loro uso e i mezzi di mitigazione del rischio



Giuseppe Zanin

**Professore Ordinario - Dipartimento di Agronomia Ambientale e
Produzioni Vegetali della Facoltà di Agraria dell'Università di Padova**

Negli ultimi anni la fiducia dei cittadini verso la sicurezza alimentare è stata profondamente minata dai tanti scandali che si sono verificati. Sempre più forte è la richiesta, da parte della società, di alimenti non solo sicuri dal punto di vista sanitario ma anche ottenuti con sistemi di produzione rispettosi dell'ambiente e del benessere degli animali: c'è quindi una richiesta molto forte che è stata recepita in pieno dall'Unione Europea con gli ultimi interventi legislativi.

Gli agrofarmaci rappresentano un gruppo di sostanze chimiche ritenute ad alto rischio dalla società, che ha da sempre manifestato una grande diffidenza verso questa tecnologia. C'è però da sottolineare che la percezione di tale rischio è spesso superiore rispetto ad altre sostanze normalmente utilizzate nel vivere quotidiano. La psicologia ci può venire incontro per spiegare questo atteggiamento: l'accettabilità del rischio dipende infatti dalla natura dell'attività esaminata; ad esempio i rischi associati ad attività volontarie, piacevoli, come il fumo, l'alcol, la guida sono accettati, spesso si finge che non esistano, nonostante presentino rischi elevati. Il rischio associato ad attività non controllate individualmente o non legate ad un beneficio immediato sono rifiutate in maniera decisa: è l'esempio degli additivi negli alimenti, degli agrofarmaci stessi, ecc.

L'implicazione sanitaria degli agrofarmaci risiede nel fatto che, impiegati per tenere sotto controllo o eliminare i parassiti animali e vegetali che attaccano le colture, possono interferire anche con gli organismi non bersaglio, quali l'uomo, gli insetti utili, i pesci, ecc.

L'uomo e gli altri organismi non bersaglio sono esposti a dosi minime di agrofarmaci, presenti come residui negli alimenti o nell'acqua e negli altri comparti ambientali (terreno, aria, ecc.). Per questa ragione ci deve essere un'autorizzazione specifica rilasciata dalle Autorità competenti. Attualmente le autorizzazioni sono armonizzate a livello comunitario.

Gli agrofarmaci rappresentano una delle categorie di sostanze chimiche più regolamentate e più controllate in assoluto, in particolare nella fase che precede l'immissione in commercio. Il processo richiede la conduzione di un'ampia serie di studi relativi alla sicurezza in tutte le aree dove vi sia un potenziale rischio per la salute dell'uomo e per l'ambiente. Solo se si dimostra che l'uso è sicuro l'agrofarmaco viene autorizzato. Per mettere in commercio un agrofarmaco ci vogliono mediamente 10-12 anni: i prodotti che verranno impiegati l'anno prossimo hanno iniziato il loro cammino verso la registrazione a fine anni '90.

Si tratta di un processo totalmente indipendente, regolamentato internazionalmente ed accessibile in ogni suo passaggio all'opinione pubblica.

Il procedimento mediante il quale le autorità esprimono la valutazione sulla sicurezza delle sostanze chimiche viene definito valutazione del rischio.

Per trovarsi in una situazione di rischio bisogna essere esposti a qualcosa in grado di causarlo, cioè a un pericolo.

Relativamente al rischio connesso con l'alimentazione, se negli alimenti non ci sono residui di agrofarmaci non c'è esposizione al pericolo e quindi non vi è alcun rischio per il consumatore. Se i residui sono presenti ad un certo livello, il rischio dipende dalla quantità di cibo e quindi di residuo assunto, cioè dall'entità dell'esposizione.

Il processo di registrazione richiede la fissazione di livelli accettabili, da un punto di vista sanitario, di assunzione con la dieta in seguito ad esposizione sia cronica che acuta. Questi livelli, su cui non è il caso di dilungarsi, vengono definiti rispettivamente dalla Assunzione Giornaliera Accettabile (**ADI**=

Acceptable Daily Intake) e dalla Dose Acuta di Riferimento (**ARfD** = *Acute Reference Dose*). Sono questi i parametri di riferimento che non devono essere superati.

Stabilita l'assunzione accettabile, per valutare il rischio occorre conoscere i livelli di residui che si trovano nelle derrate (frutta, verdure, ecc.) e che possono essere ingeriti attraverso la dieta. Conoscendo i residui ed il consumo di derrate con la dieta si determina l'assunzione che deve essere inferiore all'ADI e all'ARfD.

Per i singoli agrofarmaci viene poi fissato per legge l'**MRL** cioè la quantità massima di residuo di un agrofarmaco legalmente consentita in una derrata (frutta, verdure). Viene espresso in mg di residuo per kg di prodotto o ppm. Se questo limite viene superato il prodotto non può essere commercializzato.

Gli MRL non rappresentano una soglia di sicurezza tossicologica, ma un valido sistema per verificare che gli agrofarmaci vengano usati correttamente come da etichetta e quindi nel rispetto del più ampio margine di sicurezza. Sulla base di quanto detto l'MRL appare come una "norma agronomica" che riflette l'utilizzo della sostanza conforme alle buone pratiche agricole, non rappresenta una norma tossicologica. Un superamento dell'MRL deve essere innanzitutto interpretato come un non rispetto delle buone pratiche agricole, in particolare del Tempo di carenza, cioè l'intervallo di tempo che intercorre tra la sospensione dei trattamenti e la raccolta.

A questo punto è importante richiamare la differenza tra pericolo e rischio. Semplificando, il rischio è dato dal prodotto della "tossicità dell'agrofarmaco x l'esposizione". Il rischio in tutte le attività umane si può ridurre al minimo, ma mai azzerare. Questo concetto non sempre viene evidenziato nei dibattiti pubblici e sulla stampa; confondendo pericolo con rischio favoriscono nelle persone atteggiamenti emotivi non giustificati dalle evidenze scientifiche.

È il livello di "esposizione" che rende il rischio accettabile o non accettabile. Un uomo senza difese di fronte ad un leone corre un alto rischio di essere aggredito. In questo scenario solo due fattori possono ridurre il rischio senza cambiare il pericolo: 1) il leone ha appena mangiato, 2) l'uomo lavora in un circo. Se lo stesso leone è chiuso in gabbia il pericolo è ancora lo stesso, ma il rischio che corre l'uomo di essere attaccato tende a zero (non può essere uguale a zero perché c'è sempre la possibilità che la gabbia possa essere aperta o danneggiata).

L'**analisi del rischio** si compone di 3 fasi: valutazione, gestione e comunicazione del rischio. La valutazione del rischio comporta a sua volta le seguenti fasi: identificazione del pericolo, caratterizzazione del pericolo, valutazione dell'esposizione e caratterizzazione del rischio.

L'identificazione del pericolo permette di individuare gli effetti negativi ed il tipo di danno potenziale per la popolazione e per l'ambiente prodotti dall'agrofarmaco.

La caratterizzazione del pericolo permette di quantificare gli effetti negativi sulla popolazione e sull'ambiente attraverso l'osservazione del rapporto tra livello di esposizione e gravità degli effetti. Questo studio permette di identificare la dose senza effetto (NOAEL), l'indice tossicologico che diviso per un fattore di sicurezza permette di calcolare l'ADI e l'ARfD. Su questi due parametri, il primo cronico ed il secondo acuto, si basa tutto il successivo processo di valutazione del rischio.

Con la valutazione dell'esposizione si stima invece la quantità di agrofarmaco a cui la popolazione è esposta; questa fase comporta la determinazione di una serie di indici di esposizione, per esempio il NEDI (**N**ational **E**stimated **D**aily **I**ntake, stima dell'ingestione di residui a livello nazionale) per la tossicità cronica e lo IESTI (**I**nternational **E**stimate **S**hort **T**erm **I**ntake) per quella acuta.

La fase conclusiva è la caratterizzazione del rischio, tramite questa fase si stima la probabilità e la frequenza degli effetti negativi sulla popolazione e sull'ambiente attraverso il confronto tra gli effetti osservati e l'esposizione prevedibile. In sostanza si determina un indice di rischio definito TER (**T**oxicology **E**xposure **R**atio) che viene calcolato facendo il rapporto tra la tossicità della sostanza e l'esposizione, per esempio, tra l'ADI ed il NEDI.

Più questo rapporto è alto, più l'esposizione è lontana dall'indice di tossicità considerato e minore è quindi il rischio.

Anche la fase di **gestione del rischio** è critica. Spesso capita che un agrofarmaco sia ritenuto necessario per controllare un certo fungo od insetto e che non abbia alternative. Se questa molecola manifesta una certa tossicità verso determinati organismi non bersaglio, si pone la necessità di gestire il rischio. La fase di gestione del rischio serve per assumere decisioni e per rendere sicuro l'impiego verso quelle componenti dell'agro-ecosistema verso le quali non c'era sicurezza.

Esempi di gestione del rischio sono la limitazione delle dosi di impiego, la definizione di precise finestre di impiego, la selezione delle colture su cui irrorarli, l'aumento dei tempi di carenza, ecc.

La gestione del rischio è importante e compete al legislatore, una volta sentite ovviamente tutte le diverse componenti coinvolte in queste problematiche molto complesse.

L'ultima fase è la **comunicazione del rischio**: anche questa fase è delicata e serve a dare la corretta informazione ai cittadini senza creare emotività e preoccupazioni ingiustificate.

Una volta stabilita l'immissione nel mercato e una volta definito l'MRL di una molecola non tutto rimane immutato, c'è una continua azione di revisione per cui una molecola che è stata autorizzata può essere anche sottratta dal commercio qualche anno dopo, se ci sono delle ulteriori evidenze che prima non c'erano. Anche questa azione di verifica ex post serve a tutelare il consumatore e dimostra l'attenzione notevole da parte del legislatore su questi argomenti.

La **tabella 1** riporta, come esempio, i dati del monitoraggio nazionale sui residui dei fitofarmaci relativi al 2002: è un'azione portata avanti da molti anni dal Ministero dell'Agricoltura e della Salute ed è un fiore all'occhiello dell'Italia perché è il paese europeo che fa più controlli di questo tipo. Sono dati ufficiali che da alcuni anni presentano solo piccolissime variazioni.

Dalla tabella 1 si evince che il 2% dei campioni è irregolare (irregolare vuol dire che detti campioni presentano livelli di agrofarmaco superiori all'MRL) il 65,8% sono campioni senza residui; il 17% sono campioni regolari con un solo residuo di agrofarmaco sotto i limiti, il 15% sono campioni regolari con più di un residuo.

Tabella 1: Anno 2002 - Monitoraggio nazionale sui residui di fitofarmaci nei prodotti agricoli.

	Campioni analizzati	Campioni irregolari		Campioni regolari, senza residui		Regolari con 1 residuo		Regolari con +1 residuo	
		n°	%	n°	%	n°	%	n°	%
Verdura	4747	95	2	3811	80,3	583	12,3	258	5,4
Frutta	4341	88	2	2164	49,9	968	22,3	1121	25,8
totale	9088	183	2	5975	65,8	1551	17,0	1379	15,2

Si può dedurre che la tecnologia "protezione delle colture" funziona: solo il 2% dei campioni è fuori dai limiti.

I commenti di Legambiente - Movimento dei Consumatori e della Coldiretti, sulla presenza di residui sono generalmente di questo tenore:

Legambiente e Movimento Difesa del Cittadino: "(...) quasi metà della frutta contiene residui di pesticidi. Quasi metà della frutta commercializzata in Italia è **contaminata** da uno o più residui di pesticidi. Il 2,0% è addirittura fuorilegge. I numeri evidenziano un quadro ancora preoccupante".

Coldiretti: "la verdura e la frutta "Made in Italy" sono le più **sicure** in Europa (...) in tal senso, possiamo quindi godere dei "sapori della terra" con tutta tranquillità. (...) la quasi totalità dei campioni esaminati in Italia è risultata ben al di sotto dei limiti di legge, con percentuali di prodotti in regola in costante miglioramento e variabili dal 97 al 99 per cento."

Il cittadino può rimanere sconcertato da queste interpretazioni basate sugli stessi dati di partenza. Chi ha ragione? Se c'è un residuo di agrofarmaco nella frutta, c'è una sostanza che non dovrebbe esserci. Legambiente parlando di contaminazione sottolinea che nella frutta non dovrebbero esserci residui. Tutto corretto, bisognerebbe tuttavia aggiungere che detta contaminazione non è pericolosa: essendo il residuo inferiore all'MRL, il prodotto è sicuro.

La valutazione della Coldiretti si basa sul rispetto della normativa.

L'Associazione italiana dei Produttori di Agrofarmaci (**Agrofarma**) commenta gli stessi dati con soddisfazione e afferma che "la produzione nazionale di frutta e verdura si conferma tra le più sicure".

Il **Ministero della Salute** sottolinea come il superamento occasionale dell'MRL, non comporti un pericolo per la salute: l'MRL è infatti un limite legale non tossicologico che dà garanzia che il prodotto sia stato impiegato secondo le buone pratiche agricole.

L'Istituto Americano di Ricerca sul Cancro rileva come i benefici di una dieta basata sui vegetali, frutta e cereali superano di gran lunga l'importanza di ogni danno potenziale da esposizione agli additivi e ai pesticidi e ad altre sostanze chimiche reperibili in tali cibi: mangiare 5 o più porzioni di verdura o frutta quotidianamente può ridurre il rischio di insorgenza di cancro.

Al di là della normale dialettica sembra di cogliere nella posizione di Legambiente la seguente domanda "ma se metà della frutta e verdura è esente da residui perché non si riesce a produrre tutta la frutta e verdura senza residui?".

Questa, in effetti, è la sfida che gli operatori della filiera (tecnici, agricoltori, ecc.) hanno davanti e, al di là del contrasto dialettico, la pressione dell'opinione pubblica è salutare per migliorare i sistemi di produzione.

La Comunità Europea tramite le sue Agenzie segue i prodotti fitosanitari non solo prima dell'immissione in commercio ma anche dopo la commercializzazione per valutare l'esposizione dei cittadini europei agli agrofarmaci, per verificare se i limiti posti vengono rispettati e se danno sufficienti garanzie, altrimenti interviene per apportare i cambiamenti opportuni. Le valutazioni sull'esposizione cronica in Europa sono ritenute rassicuranti nel senso che i limiti tossicologici non sono stati superati nelle diverse combinazioni agro farmaco - derrata alimentare. Tuttavia per quanto riguarda l'esposizione acuta i dati evidenziano che l'esposizione (valutata tramite il parametro specifico IESTI) è stata superata in un certo numero di casi e dunque il rischio sanitario non può essere escluso, in particolare per le categorie più sensibili della società.

In sostanza il sistema, per come è stato impostato, appare rigoroso ed il cittadino si deve sentire cautelato; ci sono comunque alcuni punti su cui meditare:

- 1) i limiti tossicologici dovrebbero essere riferiti alle fasce più sensibili della popolazione (bambini, anziani, ecc.);
- 2) va approfondito il problema dei residui multipli;
- 3) il calcolo per arrivare a definire l'esposizione acuta (l'indice IESTI) non è del tutto soddisfacente.

Quando in una derrata alimentare (frutta, verdura, ecc.) ci sono 3-4 fitofarmaci c'è sinergia o no? L'effetto del residuo è cumulativo o no? Su tale problematica si è recentemente espressa l'EFSA, l'Agenzia della Comunità Europea, con sede a Parma, per la sicurezza alimentare: "solo l'esposizione simultanea a sostanze che possiedono una stessa modalità di azione tossica danno adito a timori"; allo stato attuale delle conoscenze rientrano in questo novero solo i fosfororganici, i carbammati, e gli inibitori della sintesi dell'ergosterolo (IBE). Per i carbammati gli MLR armonizzati a livello di UE stabiliscono già un unico valore cumulativo.

Per quanto riguarda lo IESTI si sta lavorando per cercare di arrivare ad una formulazione che sia più cautelativa.

Non bisogna in sostanza abbassare la guardia, la tecnologia "protezione delle colture" va migliorata continuamente e la pressione della società civile tramite le sue associazioni è fondamentale per far crescere tutta la filiera e far sì che si arrivi ad un utilizzo sempre più parsimonioso degli agrofarmaci.

Recentemente la UE ha emanato la Direttiva 2009/128 sull'Uso Sostenibile degli Agrofarmaci. La UE con questa Direttiva ha evidenziato in sostanza che esiste un forte gap legislativo a livello di utilizzo degli stessi. La struttura legislativa comunitaria è infatti principalmente concentrata sulla fase di inizio vita dell'agrofarmaco (cioè approfondita valutazione ecotossicologica prima dell'autorizzazione all'immissione nel mercato) e di fine vita (livelli massimi di residui nelle acque e nelle derrate alimentari, gestione dei rifiuti-contenitori e loro pericolosità).

La UE così ha impostato la questione degli agrofarmaci "c'è necessità di sviluppare un uso sostenibile degli stessi con una riduzione del rischio e del loro uso, compatibilmente con la necessaria protezione delle colture" (Decisione n° 1600/2002/EC del Parlamento e del Consiglio Europeo). In sostanza l'obiettivo è ridurre il rischio degli agrofarmaci mantenendo tuttavia la protezione delle colture. Per ottenere questo risultato la fase intermedia cioè quella relativa all'uso degli agrofarmaci diventa di basilare importanza, tutti i soggetti della filiera, agricoltore *in primis*, devono essere coinvolti fortemente in questa azione di riduzione del rischio.

La strategia tematica sull'uso sostenibile degli agrofarmaci, propone misure finalizzate a colmare le lacune nella legislazione relative alla fase di utilizzo dei prodotti e a creare un contesto di politiche coerenti ed omogenee; in particolare viene sottolineata la necessità di ridurre ulteriormente l'impatto

degli agrofarmaci sulla salute umana e sull'ambiente attraverso misure finalizzate a promuoverne un uso sostenibile.

La strategia tematica si propone così di attivare tutte quelle misure atte a ridurre il rischio agendo in particolare sull'esposizione e quindi intervenendo a livello di mitigazione degli effetti.

Gli strumenti indicati dalla Direttiva per raggiungere questi obiettivi sono: la formazione e l'informazione *in primis*, il controllo funzionale e la taratura delle macchine, la tutela dell'ambiente acquatico e delle acque potabili, l'applicazione della lotta integrata e biologica e l'introduzione delle misure di mitigazione del rischio se nella valutazione dell'impatto ambientale e tossicologico di questi prodotti si evidenzia che il loro utilizzo non è sicuro in particolare per l'ambiente acquatico e per gli insetti utili.

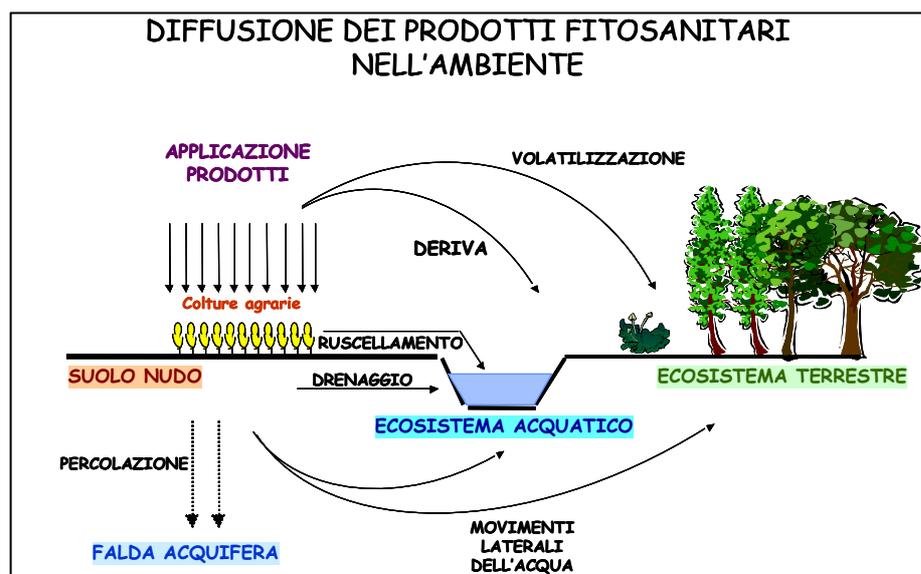


Figura 1: Dinamica ambientale degli agro farmaci.

Il destino ambientale di un fitofarmaco è particolarmente complesso, sono i fenomeni di trasferimento che dal punto di vista ambientale creano problemi: l'agrofarmaco infatti non resta localizzato sulla pianta in cui viene irrorato, ma può volatilizzare, può spostarsi per deriva, può percolare verso le acque di falda, può ruscellare nelle acque superficiali. Il destino ambientale dell'agrofarmaco è fortemente modulato dalla tecnica agronomica con cui l'agricoltore utilizza queste sostanze e dalle condizioni pedoclimatiche. L'agricoltore deve mettere in campo strategie finalizzate alla riduzione degli input. Può riuscire in questo se migliora la conoscenza del bersaglio (biologia, fenologia, ecc.), se applica i concetti della lotta biologica, se sfrutta la rotazione delle colture, la tecnica colturale, e se agisce sulla modalità di impiego degli agrofarmaci (dosi, frequenza, epoca). Mettendo assieme tutto questo si ottiene quella che viene definita "gestione integrata della difesa", vero obiettivo della Strategia Tematica sull'Uso Sostenibile dei Agrofarmaci.

Detta Direttiva impone che per il 2014 tutti gli Stati Membri devono attivare il Programma di Azione Nazionale per recepire le indicazioni della Direttiva stessa ed in particolare attivarsi per l'applicazione della lotta integrata e l'introduzione delle misure di mitigazione.

Per quanto riguarda queste ultime possono servire per limitare la contaminazione sia puntiforme sia diffusa.

Per mitigare la contaminazione diffusa via ruscellamento superficiale il mezzo ritenuto più efficace è rappresentato dall'introduzione delle fasce di rispetto.

Cos'è la fascia di rispetto? È una fascia non trattata che si interpone tra la coltura e il corpo idrico da difendere. La strategia tematica sull'uso sostenibile degli agricoltori ha infatti evidenziato che l'acqua è un bene prezioso ed è necessario cercare di mantenerla ad un buon livello di qualità.



Figura 2: Schematizzazione di una fascia di rispetto.

Quando si verifica un evento piovoso molto intenso, l'acqua scorre alla superficie del terreno e prima di arrivare al corpo idrico (un canale, un fiume) passando attraverso una fascia inerbita, coperta da vegetazione erbacea con o senza una siepe arborea, viene rallentata così le particelle di terreno con gli agrofarmaci adsorbiti hanno il tempo di sedimentarsi, una parte della stessa poi si infiltra durante il transito cosicché al corpo idrico vengono conferiti minori volumi di acqua con concentrazioni ridotte di agrofarmaci.

Vediamo in sequenza una serie di fasce di rispetto dette anche fasce tampone.

Fascia tampone con due filari di siepe: in questo caso c'è una grande quantità di lombrichi, il terreno è permeabile, ricco di humus. la lettiera è spessa: una situazione favorevole per decontaminare nutrienti, azoto e di fosforo, ma anche agrofarmaci utilizzati sul campo adiacente.

Una fascia tampone costituita da solo prato: quando l'acqua di scorrimento passa all'interno di questa fascia viene fortemente rallentata, i solidi sospesi si depositano, e una parte della stessa si infiltra nel terreno molto permeabile.



Figura 3: Fascia tampone con due filari.



Figura 4: Fascia tampone solo con vegetazione erbacea (prato).

Fascia con la coltura seminata fino al bordo della scolina (Figura 4), gli ultimi metri verso la scolina non sono trattati, per esempio con l'erbicida. Si crea così una fascia di rispetto non trattata che mantiene una sua utilità ai fini della mitigazione. Le malerbe in questa porzione del campo verranno eliminate con interventi meccanici.

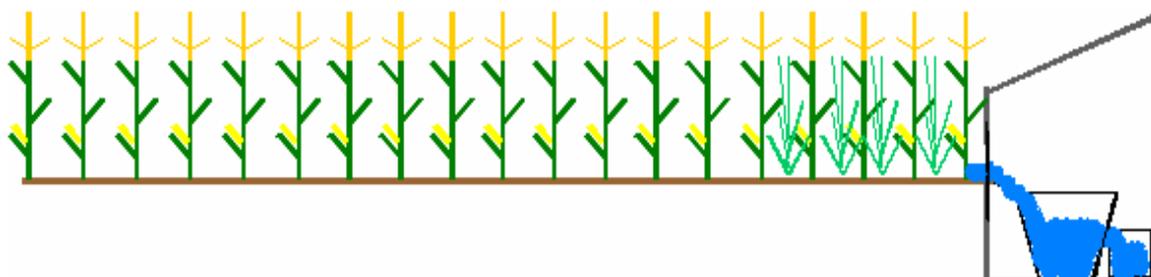


Figura 5: Fascia di rispetto: porzione di campo coltivato non trattata.

Nella **tabella 2** sono riportati alcuni risultati ottenuti a Padova, per quanto riguarda una serie di erbicidi: la mitigazione è funzione della larghezza della fascia: a volte sono sufficienti anche solo 3 metri di fascia tampone per ridurre del 50% la concentrazione degli erbicidi nell'acqua di ruscellamento riversata nel corpo idrico superficiale. L'effetto di mitigazione è ancora più importante sulla massa (grammi di agrofarmaco asportati dal campo trattato).

Tabella 2: Efficacia di mitigazione di alcune tipologie di fasce tampone a Padova.

Erbicida	Ampiezza fascia (m)	Riduzione % Volume runoff	Riduzione % Concentrazione	Riduzione % Massa1	Anno
Metolacoloro	6	68	45	86	2000
	6	10	47	93	2001
Terbutilazina	6	68	88	92	2000
Isoproturon	6	91	96	98	2001
Terbutilazina	3	80	36	74	2002-03
	6	87	98	99	2002-03
	6	72	57	81	2002-03
Metolacoloro	3	80	65	81	2002-03
	6	87	96	99	2002-03
	6	72	45	84	2002-03
Medie	3	80	51	78	2002-03
	6	69	72	92	2002-03

Mentre è facile immaginare come possa essere organizzata una fascia tampone in un terreno di pianura, in collina è molto più difficile. Nelle zone collinari non è sufficiente che la fascia di tampone sia posta a valle a protezione del fiume, ma deve essere posta lungo i versanti in modo tale da intercettare il flusso idrico, nella zona dove si forma: l'organizzazione di queste azioni di mitigazione è certamente più complessa.

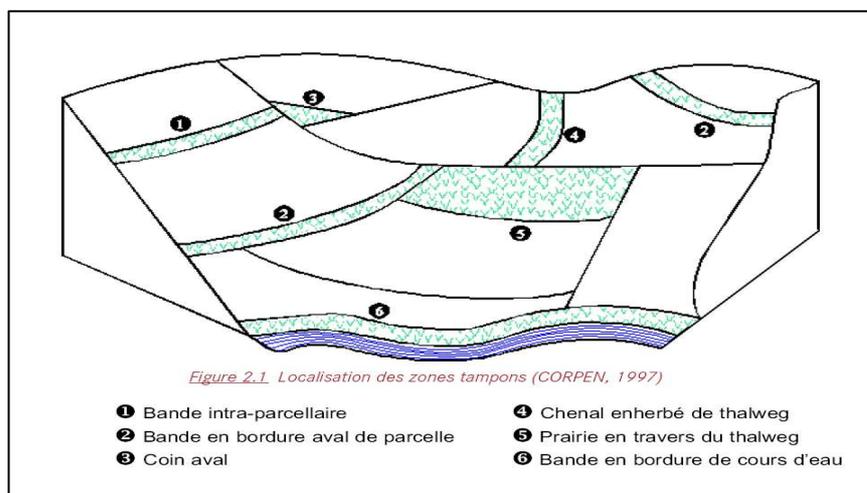


Figura 6: Localizzazione delle fasce tampone in collina (Corpen, 1997).

Nella zona dello Champagne in Francia la mitigazione nelle zone collinari si esegue mettendo in essere i seguenti interventi:

- 1) gli interfilari vengono inerbiti, così la velocità di scorrimento dell'acqua è fortemente rallentata;

- 2) i sottofilari vengono arricchiti di sostanza organica (sarmenti trinciati, compost, materiale organico di varia origine), per favorire l'attività di degradazione microbica e l'adsorbimento degli agrofarmaci;
- 3) utilizzo delle strade camperecce come canali per la raccolta delle acque di scorrimento superficiale che vengono poi convogliate in piccoli invasi opportunamente dimensionati.

E' sufficiente che le acque restino bloccate in questi invasi per 10-15 ore perché le particelle terrose sedimentino e avvenga così un'importante azione di decontaminazione dell'acqua che successivamente verrà riversata nel reticolo idrico superficiale con un grado di contaminazione molto ridotto. La mitigazione può risultare ancor maggiore se all'interno di detti invasi si coltivano delle macrofite che svolgono un'ulteriore azione di fitodepurazione.



Figura 6 : Esempio 1 di mitigazione del ruscellamento nei vigneti in collina in Francia.



Figura 7: Esempio 2 di mitigazione del ruscellamento nei vigneti in collina in Francia.

Per ridurre la contaminazione delle acque di ruscellamento superficiale bisogna sfruttare anche il cosiddetto "Field margin complex - FMC" o "Complesso del Bordo del Campo", che rappresenta la parte di biotopo agricolo non interessata dalla coltivazione o interessata in maniera marginale, ma di cui fa parte integrante e che, se opportunamente gestita, può svolgere importanti funzioni ecologiche ed ambientali.

L'FMC può essere suddiviso in 3 zone:

- 1) il margine della coltura che include l'area più esterna occupata dalla coltura;
- 2) il margine del campo che è una striscia di terreno interna al campo o al margine di questo quasi sempre inerbita e spesso usata per il transito delle macchine;
- 3) il bordo del campo che può essere rappresentato da una scolina, un fosso, una siepe, ecc.

L'insieme di queste 3 zone individua una struttura ecologica diversificata dal grande valore ecologico ed il cui ruolo deve essere valorizzato. Nel biotopo agricolo esistono strutture ecologiche variamente combinate tra loro (siepi, capezzagne inerbite, fasce di vegetazione naturale o seminaturale) che se opportunamente gestite possono limitare la contaminazione delle acque superficiali. Si tratterebbe di effettuare semplici interventi gestionali (sistemare le pendenze, eliminare i solchi e le ormaie delle ruote dei trattori che canalizzano l'acqua di scorrimento, gestire opportunamente la vegetazione erbacea) per far sì che queste strutture ecologiche svolgano con efficacia anche un'azione di mitigazione. Con alcuni semplici interventi si potrebbero valorizzare al massimo queste strutture che al momento sono considerate delle aree senza alcun valore.

Ecco un'immagine di una vallata alpina: si può individuare il margine della coltura rappresentato dalle ultime piante di meli, il margine del campo costituito da una capezzagna e la presenza di una siepe molto ricca che rappresenta il bordo del campo.



Figura 8: Esempio di complesso del Bordo del Campo (FMC) in una vallata alpina.

La siepe blocca eventuali effetti di deriva ma permette anche agli insetti di vivere e ricolonizzare il frutteto e il vigneto dopo che si è intervenuti con i diversi trattamenti.

Nella foto 8 si può osservare un altro "complesso del bordo del campo" in pianura: è importante proporre anche nei nostri ambienti le siepi, perché le siepi sono molto efficaci nel ridurre la deriva. Ricerche svolte a Padova hanno evidenziato che la concentrazione degli insetticidi (la PEC *Predicted Environmental Concentration*) sulla siepe non è distribuita omogeneamente ma cambia in funzione dell'altezza e della sezione considerata: in un certo strato della siepe si raggiunge una PEC pericolosa in un altro invece no.



Figura 9: Complesso del Bordo del Campo in pianura.

La presenza di una siepe può così contenere la deriva e salvaguardare, almeno in parte, l'entomofauna utile.

Tuttavia va ricordato che la siepe va programmata: particolare attenzione va posta alla scelta delle essenze in funzione della fenologia di emissione delle foglie in relazione all'epoca dei trattamenti e all'ombreggiamento verso la copertura erbacea sottostante che svolge un'importante funzione di mitigazione del ruscellamento. In effetti è tutta l'infrastruttura ecologica (copertura erbacea più siepe) che deve essere gestita e curata per mantenerla in efficienza. La siepe deve essere continua e chiusa, lo spessore è meno importante in quanto è la prima barriera di foglie che contiene la maggior parte della deriva. Lo spessore, come visto prima, potenzia l'azione di rifugio verso gli insetti utili.

Quindi, arrivando alle conclusioni, di cosa c'è bisogno? C'è bisogno di molta più formazione; c'è bisogno di trasferire le informazioni che la ricerca e la tecnologia mette a disposizione all'utilizzatore finale; c'è bisogno di molta più ricerca di base e applicata; c'è bisogno di sostegno pubblico agli agricoltori per migliorare il parco delle macchine, per finanziare l'acquisto di macchine innovative; c'è bisogno di servizi di supporto alle decisioni perché l'agricoltore a volte è in difficoltà in mezzo a tante

regole e novità e c'è bisogno infine di una maggiore collaborazione tra operatori, amministratori e associazioni dei produttori.

La protezione chimica delle colture è una tecnologia matura e affidabile, ma come tutte le tecnologie bisogna continuare ad investire nella ricerca per trovare soluzioni alternative che al momento, non sono generalizzabili, ed in alcuni casi costose.

Concludo con una frase di Jacques Monod, premio Nobel degli anni '70, "per superare i guasti prodotti dalla tecnologia ci vuole ancora più scienza e più tecnologia, non è più possibile tornare al mondo bucolico di un tempo, se un guasto è prodotto dalla tecnologia sarà la tecnologia che ci permetterà di superarlo".