



**Progetto dimostrativo  
sull'impiego di fasce tampone boscate in ambiente agricolo**  
LIFE99 ENV/IT/000083



## Il progetto Fasce Tampone Boscate (FTB) del Consorzio di Bonifica Dese Sile: uno strumento utile al risanamento della Laguna di Venezia.

N.Haycock <sup>a</sup>, B.Gumiero <sup>b</sup>, B.Boz <sup>b</sup>, V.Vardiero <sup>c</sup>, G.Baldo <sup>c</sup>, P.Cornelio <sup>c</sup>.

<sup>a</sup> Haycock Associates, 11 Edison Close, St Albans, Herts UK

<sup>b</sup> Università di Bologna Dip.di Biologia Evoluzionistica e Sperimentale, Via Seli 3, 40126 Bologna

<sup>c</sup> Consorzio di Bonifica Dese Sile, Via Rovereto 12, 30030 Venezia Chirignago

### Premessa

I dati riportati in questo articolo sono stati raccolti nell'ambito del "Progetto dimostrativo sull'impiego di Fasce Tampone Boscate (FTB) in ambiente agricolo". Il progetto è nato dalla collaborazione tra Veneto Agricoltura (Azienda Regionale per i Settori Agricolo, Forestale e Agro-Alimentare) e Consorzio di Bonifica Dese Sile, con il contributo finanziario del programma comunitario Life-Ambiente (LIFE99 ENV/IT/000083). L'obiettivo dell'iniziativa era dimostrare l'applicabilità delle FTB, sia per la loro efficacia nel controllo dell'inquinamento idrico diffuso di origine agricola, sia per i vantaggi economici che le aziende agricole possono ricavare dalla produzione di biomassa legnosa a fini energetici. A sostegno di questa attività dimostrativa, sono stati realizzati 20 km di FTB in diverse aziende agricole, 2 siti per il monitoraggio della qualità delle acque ed un impianto termoidraulico, oltre a materiali, documenti e iniziative per la divulgazione del metodo proposto. Le attività sono iniziate nel mese di novembre del 1999 e si sono concluse nel mese di maggio del 2002, interessando in modo particolare il Bacino Scolante della Laguna di Venezia. (AA.VV., 2002).

L'articolo espone i risultati dell'attività di monitoraggio della qualità delle acque, condotta dal Consorzio di Bonifica Dese Sile al fine di valutare l'efficacia delle FTB di recente impianto nella riduzione dei carichi di azoto che pervengono ai corsi d'acqua per via subsuperficiale.

## Le Fasce Tampone Boscate (FTB)

Gli ambienti di transizione tra ecosistemi terrestri ed ecosistemi acquatici (prati umidi, formazioni arboree riparie, zone umide fluviali, ambienti iporreici) sono in grado di esercitare una funzione filtro sui flussi idrici che le attraversano. La capacità di interazione con le sostanze presenti nell'acqua, in forma sospesa o disciolta, si traduce infatti in un'azione tampone che consente di ridurre i carichi inquinanti (soprattutto di azoto e di fosforo) che passano da un ecosistema all'altro. Nel caso specifico dell'azoto, i processi responsabili della diminuzione della quantità di nitrati presenti nell'acqua sono principalmente l'assimilazione (sia vegetale che microbica) e la denitrificazione. In particolare, il processo di denitrificazione rappresenta uno strumento importante per il controllo dei nitrati in quanto porta alla trasformazione dell'azoto nitrico disciolto nell'acqua fino alla produzione di azoto in forma gassosa. Questo processo di riduzione chimica viene messo in atto da diversi generi di batteri che in condizioni di anaerobiosi sono in grado di utilizzare il nitrato come accettore di elettroni alternativo all'ossigeno. L'attività metabolica dei batteri denitrificanti è strettamente legata alla disponibilità nel suolo di carbonio organico, pertanto la presenza della vegetazione arborea ha un ruolo determinante per i processi di denitrificazione, garantendo un'apporto di sostanza organica anche negli strati più profondi del terreno (attraverso gli essudati radicali, i tessuti in decomposizione e le masse microbiche ospitate nella rizosfera).

In ambiente agricolo, i principi di funzionamento delle zone tampone trovano quindi applicazione nella realizzazione di Fasce Tampone Boscate (FTB) che separino i corpi idrici superficiali (scoline, fossi, canali, fiumi, laghi) da possibili fonti di inquinamento diffuso come i campi coltivati. Si tratta di formazioni a sviluppo prevalentemente lineare e gestite con tecniche forestali che possono essere integrate nel ciclo produttivo agrario, per ottenere biomasse legnose a fini energetici, legname da opera, frutti eduli, prodotti apistici, ecc. Inoltre, l'utilizzo delle FTB si integra bene anche in una strategia di salvaguardia ambientale più ampia, che persegua l'incremento della biodiversità, il ripristino del paesaggio e la riqualificazione degli ambiti fluviali.

I primi studi sulle fasce tampone risalgono agli anni '70, quando l'*Environmental Protection Agency* degli USA ha posto in evidenza il ruolo critico dei terreni ripari e delle zone umide nel preservare la qualità delle acque dei fiumi e dei corsi d'acqua minori. Le prime misurazioni dell'abbattimento dei carichi di nutrienti che attraversano le zone riparie, con riferimento alla presenza di vegetazione arborea, hanno interessato gli USA negli anni '80 e l'Europa a partire dagli anni '90 (Lowrance et al., 1984 ; Peterjohn e Correll, 1984.; Welsch, 1991 ; Haycock e Pinay, 1993 ; AA.VV., 1997). L'Azienda Regionale delle Foreste del Veneto (ora Veneto Agricoltura) ha realizzato la sua prima pubblicazione sulle fasce tampone nel 1996 (AA.VV., 1996).

## Attività di monitoraggio della qualità delle acque

La stazione di monitoraggio della qualità delle acque è stata realizzata a Mogliano Veneto (TV), presso l'azienda agricola sperimentale "Diana" di Veneto Agricoltura. Nel corso della campagna di raccolta dati sono stati controllati due siti: nel primo è stata valutata l'efficacia di una FTB larga 15m e composta da 4 filari di piante (FTB15) mentre nel secondo l'efficacia di una FTB monofilare larga 5m (FTB5). Le specie principali che compongono le due FTB sono: il salice bianco (*Salix alba* L.), il salice da ceste (*Salix triandra* L.),

l'ontano nero (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn), la farnia (*Quercus robur* L.), l'acero campestre (*Acer campestre* L.) e il nocciolo (*Corylus avellana* L.). L'impianto è stato realizzato nella primavera 1999, utilizzando piantine forestali di 2-3 anni di età, allevate in contenitore e messe a dimora con il pane di terra.

La stazione di monitoraggio è dotata di 3 griglie di piezometri a maglia 5m x 3m, per un totale di 36 piezometri, di cui 30 per il monitoraggio della FTB15 e 6 per il monitoraggio della FTB5. I piezometri sono stati utilizzati sia per le misure di livello delle acque subsuperficiali che per la raccolta di campioni di acqua. Il deflusso delle acque subsuperficiali attraverso le FTB avveniva grazie a un sistema di irrigazione a sollevamento meccanico che immetteva l'acqua del fiume Zero in 3 solchi adacquatori. La baulatura dei terreni permetteva di avere una differenza di quota tra i solchi adacquatori e le scoline che delimitano gli appezzamenti, favorendo così il deflusso delle acque attraverso le FTB.

Durante il periodo di studio sono state condotte 12 campagne mensili di monitoraggio. La qualità delle acque in ingresso è stata controllata utilizzando un conduttimetro fisso e un campionatore automatico. I campioni sono stati raccolti con frequenza mensile dai piezometri posti tra i filari di piante e con frequenza giornaliera dal fiume Zero, in modo da poter valutare le variazioni di concentrazione dei composti azotati nelle acque subsuperficiali che attraversavano le FTB. La profondità delle acque subsuperficiali è stata misurata sia mensilmente, all'interno di tutti i piezometri, che in continuo, mediante 2 trasduttori di pressione inseriti in 2 piezometri e collegati a un data logger. Il gradiente idraulico è stato monitorato servendosi di segnalivello in metallo con basamento quotato, inseriti nelle scoline di ingresso e di uscita dell'acqua.

Le misurazioni in campo e le determinazioni analitiche di laboratorio per la valutazione della qualità delle acque sono state eseguite secondo i seguenti parametri. Misurazioni in campo: pH, temperatura, conducibilità elettrica e quota. Determinazioni analitiche: nitrati (N-NO<sub>3</sub>), nitriti (N-NO<sub>2</sub>), ammoniaca (N-NH<sub>4</sub>), azoto Kjeldahl (TKN), carbonio organico disciolto, ferro disciolto, manganese disciolto, fosforo totale disciolto, ortofostato (P-PO<sub>4</sub>) e cloruro. L'azoto totale è stato calcolato sommando nitrati, nitriti e TKN (N Totale), l'azoto organico è stato calcolato sottraendo al TKN l'azoto ammoniacale (N Organico). I fenomeni di diluizione-dispersione sono stati valutati attraverso un bilancio idrico e utilizzando il cloro come tracciante biologicamente inerte.

Nel periodo di studio, sono state inoltre eseguite campagne stagionali di monitoraggio dei terreni per valutare nel sito FTB15 il rateo di denitrificazione *in situ* e per misurare l'attività enzimatica dei batteri denitrificanti con diverse modalità di incubazione: ottimizzando le condizioni di saturazione, con aggiunta di azoto, con aggiunta di carbonio e con aggiunta simultanea di azoto e carbonio. I campioni di terreno sono stati raccolti a tre diverse profondità: a 0-15 cm per lo strato superficiale, a 40-55 cm per lo strato intermedio e a 80-95 cm per lo strato profondo.

I parametri da analizzare e le metodiche analitiche sono state individuati con la collaborazione dei partners del Progetto europeo NICOLAS (*Nitrogen Control by Landscape Structures in Agricultural Environments*. Research Project 1997-2000, European Commission DGXII) che ha visto la partecipazione di altri 7 Paesi europei: Francia, Gran Bretagna, Paesi Bassi, Spagna, Polonia, Romania e Svizzera. Le analisi di laboratorio sono state eseguite dall'A.R.P.A. del Veneto (Centro Agroambientale di Castelfranco Veneto TV) e dall'Università di Bologna, con la collaborazione del Dipartimento di Microbiologia dell'Università di Padova.

## Risultati

### Qualità delle acque

Nel sito FTB15 è stato misurato un input di azoto totale di 103 kg/ha anno, mentre nel sito FTB5 un input di 240 kg/ha anno. La ritenzione di azoto totale è stata di 52 kg/ha anno (50%) nel sito FTB15 e di 126 kg/ha anno (52%) nel sito FTB5. Nel periodo di studio, l'azoto totale in ingresso è risultato in media composto per il 72% da nitrati (N-NO<sub>3</sub>), per il 18% da azoto ammoniacale (N-NH<sub>4</sub>), per l' 8% da azoto organico e per il 2% da nitriti (N-NO<sub>2</sub>). L'azoto totale in uscita è risultato invece composto in media per il 44% da nitrati (N-NO<sub>3</sub>), per il 16% da azoto ammoniacale (N-NH<sub>4</sub>), per l' 39% da azoto organico e per l' 1 % da nitriti (N-NO<sub>2</sub>). L'azoto totale che ha attraversato le FTB ha quindi subito delle trasformazioni che hanno portato, sia alla riduzione dei carichi in uscita, che a una minore incidenza percentuale dell'azoto nitrico (N-NO<sub>3</sub>), la forma azotata più prontamente assimilabile in natura e quindi più pericolosa per l'equilibrio degli ecosistemi. Nei siti FTB5 e FTB15 la ritenzione media annua delle varie forme di azoto è stata rispettivamente del 68-72% per i nitrati (N-NO<sub>3</sub>), del 55-56% per l'azoto ammoniacale (N-NH<sub>4</sub>) e del 84-86% per i nitriti (N-NO<sub>2</sub>). Gli output di azoto organico sono invece risultati superiori agli input, con rilasci di 14-20 kg/ha anno rispettivamente per i siti FTB15 e FTB5. Nel corso dei 12 mesi di studio si è inoltre rilevata una variabilità stagionale che ha evidenziato valori massimi di ritenzione dell'azoto nel periodo estivo (giugno-settembre), con riduzioni del 70-85 % dell'azoto totale.

### Denitrificazione

#### *Denitrificazione in situ*

In generale sono stati registrati ratei di denitrificazione superiori nei due strati più profondi, in corrispondenza della zona di terreno attraversata dai deflussi idrici. I valori medi annuali registrati sono stati: strato superficiale ( $0,13 \pm 0,04 \mu\text{gN g}^{-1}$  giorno), strato intermedio ( $0,18 \pm 0,14\mu\text{gN g}^{-1}$  giorno), strato profondo ( $0,16 \pm 0,11 \mu\text{gN g}^{-1}$  giorno). Questa è una situazione diversa da quella che normalmente si verifica nelle zone umide naturali, in cui è lo strato superficiale del terreno a presentare condizioni di saturazione idrica ottimali per il processo di denitrificazione.

#### *Attività enzimatica dei batteri denitrificanti*

I fattori che influenzano la denitrificazione sono: il contenuto d'acqua nel suolo, la temperatura, la disponibilità di carbonio e la disponibilità di azoto nitrico. La valutazione dell'attività enzimatica dei batteri ha permesso di individuare, più in dettaglio, quali siano i fattori che limitano il processo di denitrificazione all'interno dell'area di studio.

Ponendo i campioni di suolo ad incubare in condizioni di saturazione e con aggiunta di N e/o C sono stati ottenuti aumenti dei ratei di gran lunga più elevati di quelli misurati *in situ*. In particolare con l'aggiunta, durante il periodo di incubazione, sia di nitrati che di carbonio è stata rilevata la maggior potenzialità dei

batteri denitrificanti dello strato superficiale ( $2,79 \mu\text{gN g}^{-1}$  giorno) rispetto a quello intermedio ( $1,41 \mu\text{gN g}^{-1}$  giorno) e a quello profondo ( $0,59 \mu\text{gN g}^{-1}$  giorno).

Il maggior fattore limitante in generale è risultato essere il carbonio. Tuttavia lo strato superficiale, quasi mai interessato dal deflusso subsuperficiale, sembra soffrire maggiormente della carenza di nitrati oltre che della minore umidità del suolo (tab.1).

Essendo la componente arborea di recente impianto e mancando la capacità da parte della vegetazione erbacea di influenzare in modo consistente la concentrazione dei soluti nelle acque di deflusso subsuperficiali, si presume che la riduzione dell'azoto nelle acque che hanno attraversato le FTB sia dovuta prevalentemente all'attività dei batteri denitrificanti. A conferma di ciò, si può notare come trasformando il rateo medio giornaliero di denitrificazione misurato nello strato intermedio si ottengano  $65 \text{ kg N/ha anno}$ , valore dello stesso ordine di grandezza dell'effettiva riduzione di azoto totale misurata nelle acque di deflusso  $52 \text{ kg N/ha anno}$ .

## Conclusioni

- FTB di recente impianto (piante di 3-4 anni di età) sono in grado di ridurre del 50% i carichi di azoto totale disciolto che le attraversano per via subsuperficiale. In termini di ritenzione percentuale, non sono state riscontrate differenze significative tra FTB larghe 15m e FTB larghe 5m, a conferma del ruolo chiave che hanno i primi 5m della fascia, in quanto area in cui acque ricche di azoto nitrico ( $\text{N-NO}_3$ ) incontrano un ambiente favorevole alla denitrificazione.
- Il passaggio delle acque subsuperficiali attraverso le FTB ha comportato, oltre alla riduzione del carico di azoto totale, una variazione nella composizione delle diverse forme azotate. L'effetto più evidente è la riduzione dei rilasci di azoto nitrico ( $\text{N-NO}_3$ ) e l'aumento dei rilasci di azoto organico.
- La ritenzione dell'azoto riscontrata nell'area di studio è imputabile principalmente alla trasformazione dell'azoto nitrico in azoto in forma gassosa ( $\text{N}_2\text{O}$  ma per lo più  $\text{N}_2$ ), ad opera dei batteri denitrificanti. Il tasso medio di denitrificazione misurato nel sito FTB15 è stato infatti di  $65 \text{ kg N/ha anno}$ , valore dello stesso ordine di grandezza della ritenzione di azoto totale misurata nelle acque di deflusso:  $52 \text{ kg N/ha anno}$ .
- Il fattore che maggiormente ha limitato i processi di denitrificazione è il carbonio, fonte di energia per i batteri. Si presume pertanto che lo sviluppo delle piante, con una maggiore produzione di biomassa, sia epigea che ipogea, possa favorire nel tempo un incremento dell'attività dei batteri denitrificanti.

## BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., 1996. **Fasce Tampone**. Regione del Veneto – Azienda Regionale delle Foreste (ora Veneto Agricoltura), Legnaro PD.
- AA.VV., 1997. **Buffer Zones: Their Processes and Potential in Water Protection**. Ed. N.E. Haycock, T.P. Burt, K.W.T. Goulding e G. Pinay. Quest Environmental UK.
- AA.VV., 2002. **Fasce Tampone Boscate in ambiente agricolo**. Regione del Veneto – Veneto Agricoltura, Legnaro PD.
- Haycock N.E. e G. Pinay, 1993. **Groundwater nitrate dynamics in grass and poplar vegetated riparian buffer strips during the winter**. *Journal of Environmental Quality* 22:273-278.
- Lowrance R.R., R.L. Tood, J.J. Fail, O.J. Hendrickson, R. Leonard e L.E. Asmussen, 1984. **Riparian forests as nutrient filters in agricultural watersheds**. *Bioscience* 34:374-377.
- Peterjohn W.T. e D.L. Correll, 1984. **Nutrient dynamics in an agricultural watershed: observations on the role of a riparian forest**. *Ecology* 65:1466-1475.
- Welsch D.J., 1991. **Riparian forest buffers**. USDA-FS Publication No. NA-PR-07-91. Radnor, Pa. US.