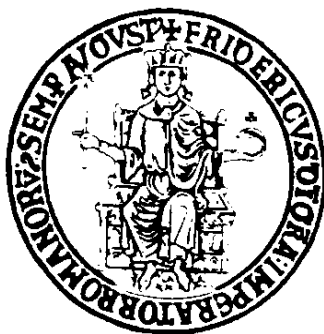


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI “FEDERICO II”



Scuola Politecnica e delle Scienze di Base

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale

**CORSO DI STUDIO MAGISTRALE IN
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO**

TESI DI LAUREA

**“ANALISI DELLE POTENZIALITÀ DELLE POLICOLTURE ALGALI PER IL
TRATTAMENTO DI ACQUE REFLUE AD ALTO TENORE DI SUBSTRATI AZOTATI”**

Relatore

Ch.mo Prof. Ing. Francesco Pirozzi

Candidata

***Floriana Iasimone
matricola M67/165***

Correlatore

Ing. Luigi Frunzo

Ing. Vincenzo Luongo

Anno Accademico 2013 – 2014

INTRODUZIONE

Le coltivazioni algali rappresentano una delle più promettenti tecnologie in grado di affiancare ed ottimizzare il processo a fanghi attivi per il trattamento delle acque reflue nella rimozione di azoto e fosforo.

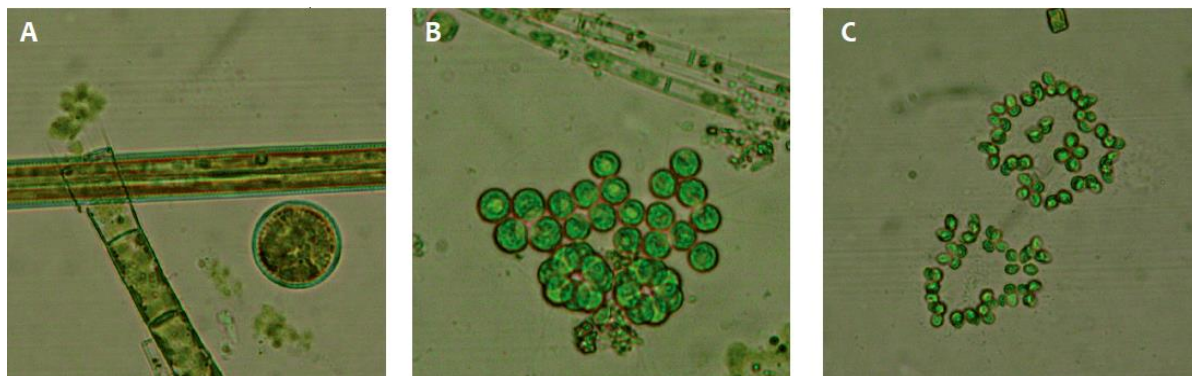


Figura 1. - Alcune microalghe viste al microscopio ottico (ingrandimento $\cong 400\times$). A: Diatomee di acqua dolce, (in alto *Pennalesp.*, più in basso a destra *Centralessp.*) B: *Micractiniumsp.* C: *Dictyosphaeriumsp.*

Le microalghe sono organismi unicellulari, procarioti o eucarioti, che vivono singolarmente o in colonie, in acque dolci o salate. Risultano, pertanto, in grado di adattarsi a differenti ecosistemi dalle diverse caratteristiche di salinità, temperatura e pH. A seconda della specie, le dimensioni individuali possono variare da pochi micrometri a qualche centinaia (Fig. 1).

Essendo la biomassa algale caratterizzata da un elevato contenuto lipidico e proteico, la sua coltivazione desta notevole interesse soprattutto per la produzione di biocarburanti e bioprodotto di pregio. Un modo di rendere le biotecnologie algali più sostenibili sia dal punto di

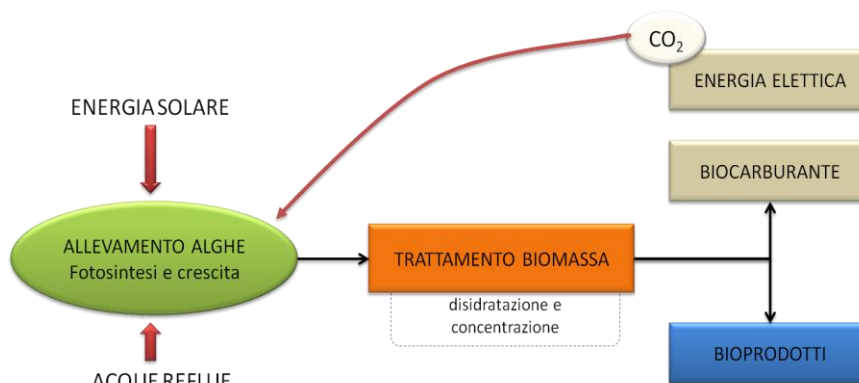


Figura 2. - Filiera della coltivazione algale.

vista economico che ambientale (Fig. 2), è l'applicazione delle stesse al trattamento delle acque reflue, che contengono concentrazioni di azoto e fosforo in grado di sostenerne la crescita. Tali applicazioni consentono di depurare gli effluenti a costi energetici più contenuti rispetto alle attuali tecnologie e di ottenere quale prodotto di risulta una biomassa di pregio.

SPERIMENTAZIONE

Il presente lavoro di tesi è volto all'analisi delle potenzialità delle microalghe nel trattamento delle acque reflue urbane. Nella sperimentazione è stato utilizzato un refluo sintetico. Sono stati altresì utilizzati due inoculi, denominati BM e BD (Fig. 3), opportunamente generati per la sperimentazione oggetto della tesi di Laurea.

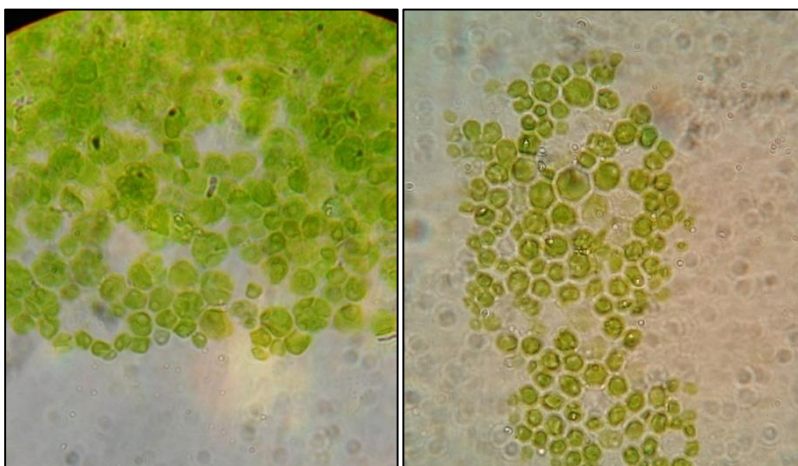


Figura 3. – Inoculi osservati al microscopio ottico: BM, BD.

Il primo è stato ottenuto estraendo il consorzio microbico-algale da un ambiente ricco di nitrati (N-NO_3^-), ovvero un sedimentatore a valle di una fase di nitrificazione combinata, ed alimentandolo con il liquido di coltura BBM (Bold Basal Medium), specifico per microalghe di acque dolci. Il secondo è stato ricavato inducendo lo sviluppo naturale di microalghe in un liquido ricco di ammoniaca, alimentandole con lo stesso BBM modificato, al fine di poter fornire azoto in forma ridotta (N-NH_4^+).

In ogni reattore sono stati introdotti 10 ml di inoculo; il liquido di coltura (500 ml) è stato creato rispettando la composizione del BBM ma introducendo fosforo in eccesso ed azoto in concentrazioni variabili in forma ridotta oppure ossidata, a seconda della specifica prova. È stato infine fornito carbonio inorganico come bicarbonato di sodio (NaHCO_3) in quantità proporzionali alla concentrazione di azoto prevista. Le prove sono state condotte in condizioni di luminosità costante e di perfetta miscelazione (Fig. 4).

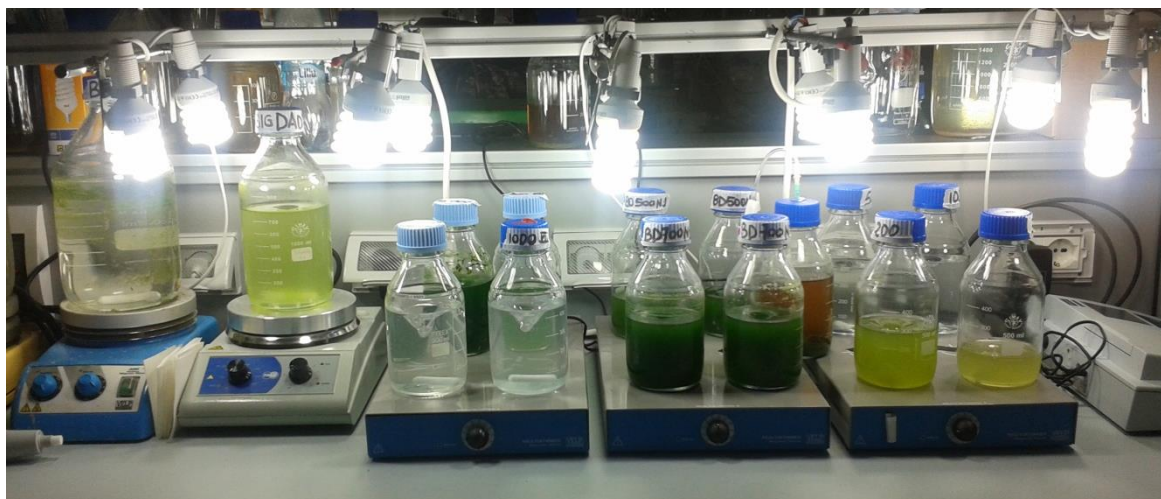


Figura 4. – Tavolo di lavoro: sulla sinistra i due inoculi, a destra le prove in batch.

PIANIFICAZIONE SPERIMENTALE

Sono state complessivamente condotte 40 prove in batch, al fine di valutare la degradazione di concentrazioni elevate di substrati azotati; i risultati sono stati organizzati in tre fasi secondo lo schema seguente.

Fase	Studio	NO ₃ ⁻ [mg/l]	N-NH ₃ [mg/l]	C/N	Inoculo
1	Rimozione dei nutrienti	150	150	300/20	BM, BD
2	Inibizione da ammoniaca libera	0	150 → 1000	300/20	BD
3	Inibizione da pH	150 → 700	0	300/20 600/20	BM, BD

Tabella 1. – Pianificazione sperimentale

Fase 1

È stata analizzata la degradazione, ad una concentrazione di 150 mg/l, di azoto ammoniacale e di nitrati (Fig. 5) operata all'interno dei reattori utilizzando entrambi gli inoculi a disposizione e rispettando il rapporto tra carbonio e azoto di 300 a 20.

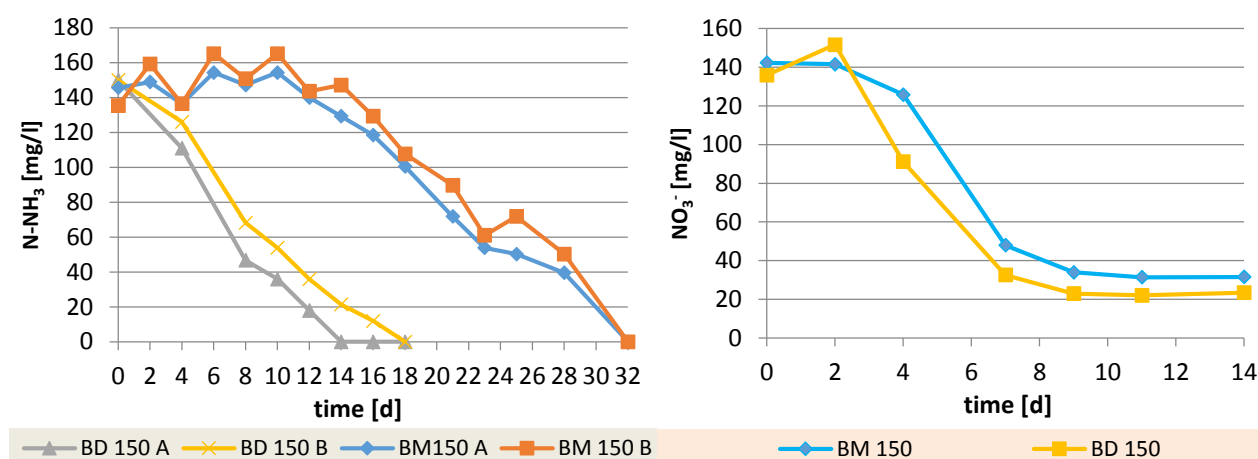


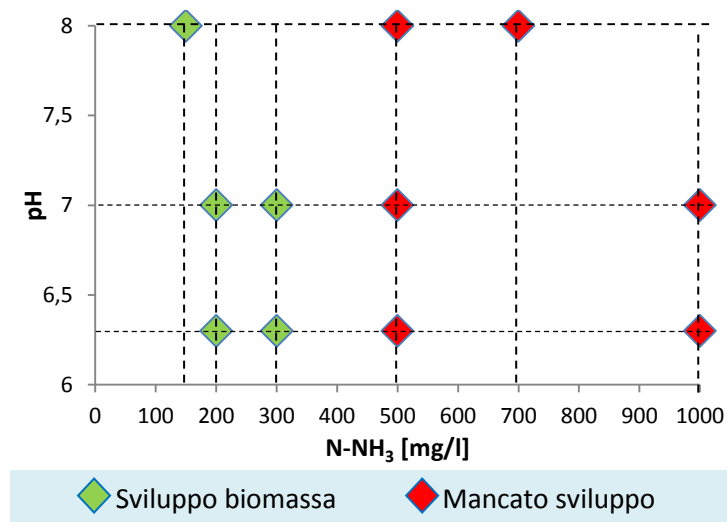
Figura 5. – Degradazione dell'azoto ammoniacale (a destra) e dei nitrati (a sinistra) con entrambi gli inoculi.

L'efficienza di rimozione dell'azoto ammoniacale è del 100% per i reattori inoculati sia con BD che con BM; tuttavia, nel primo caso è stata osservata una cinetica più veloce. La policoltura BD, sviluppata ed alimentata con substrato azotato ridotto, si presenta più performante nella degradazione di quest'ultimo.

La rimozione del carico iniziale di nitrati non è giunta a completamento, riscontrando andamenti simili per i reattori realizzati utilizzando entrambi gli inoculi. L'arresto nella degradazione è dovuto agli elevati valori di pH che vengono raggiunti nella fase finale della prova.

Fase 2

È stata valutata la rimozione di azoto ammoniacale utilizzando l'inoculo BD e rispettando il rapporto C/N=300/20. Per concentrazioni di 500 e 700 mg/l, non è stata osservata crescita di biomassa all'interno dei reattori, a causa dell'effetto inibente dell'ammoniacca libera. Al fine di comprendere meglio tale fenomeno, ne è stata effettuata una mappatura (Fig. 6).



Da tale indagine, monitorando nel tempo l'andamento del pH e dell'azoto ammoniacale, è stato possibile stimare, per la policoltura BD, la concentrazione limite di ammoniacca libera inibente, pari a circa 100 mg/l.

Figura 6. – Mappatura ammoniacale

Fase 3

In questa sezione viene analizzata la rimozione dei nitrati, riscontrando un importante incremento di pH che va ad interferire con la crescita microalgale.

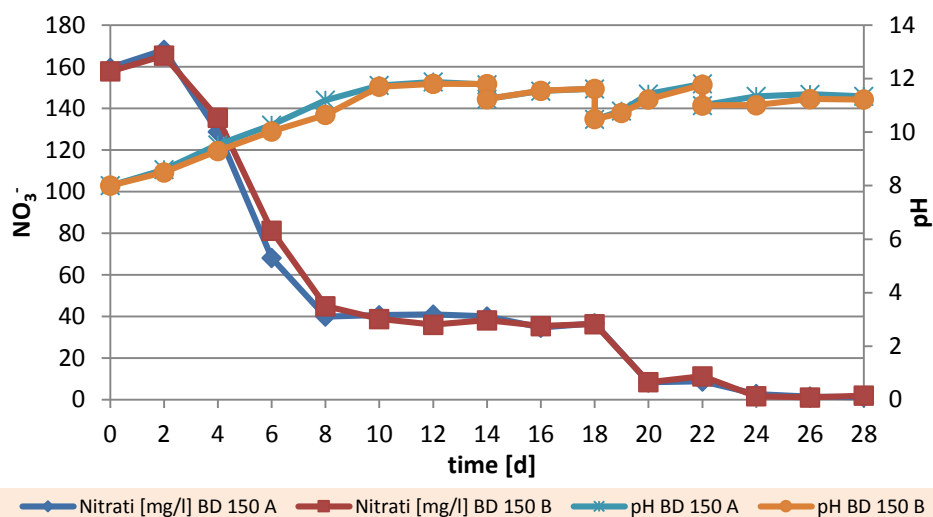


Figura7. – Andamento dei nitrati e del pH nel tempo

Riducendo il pH nel liquido di coltura, è stata infatti ottenuta la riattivazione della biomassa, con conseguente riduzione della concentrazione dei nutrienti (Fig. 7): maggiore è la riduzione del pH attuata e più intensa è la ripresa della crescita microalgale.

Fissato il rapporto tra carbonio ed azoto di 300 a 20, è stato osservato, per diverse concentrazioni di nitrati ed impiegando entrambi gli inoculi, il valore limite di pH pari a 11.7.

Aumentando il contenuto di bicarbonato all'interno del medium, la risalita del pH, dovuta all'assimilazione di nitrati, viene attenuata; quindi è stato possibile ottenere una maggiore efficienza di rimozione.

SVILUPPI FUTURI

In vista di un proseguimento di tale sperimentazione, è stato allestito un sistema di alimentazione continua ad anidride carbonica al 20% (Fig. 8). La miscela gassosa, che presenta la composizione tipica di un comune gas di scarico prodotto da un motore a metano, viene immessa al fondo del reattore mediante pietra porosa e con un flusso opportunamente regolato. Per tale sistema è stata infine testata l'elevata efficienza depurativa nella rimozione di nitrati (Fig. 9).

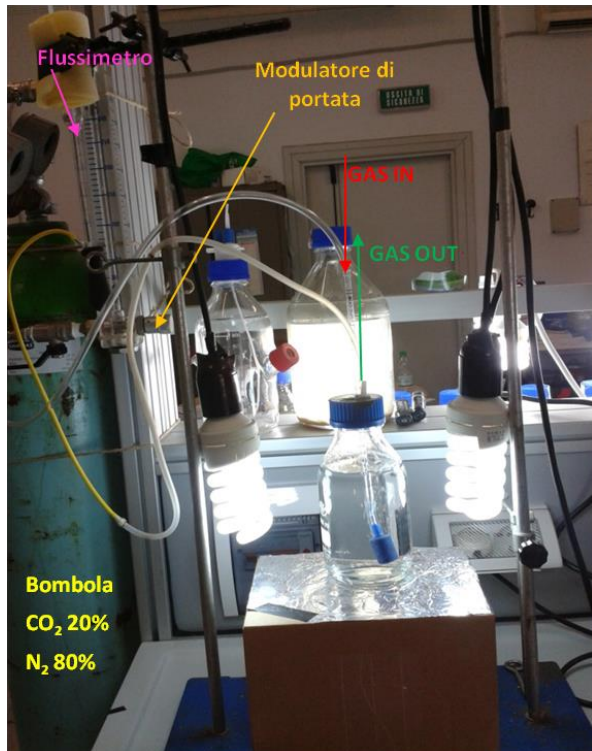


Figura 8. – Sistema per l'alimentazione continua di CO_2 .

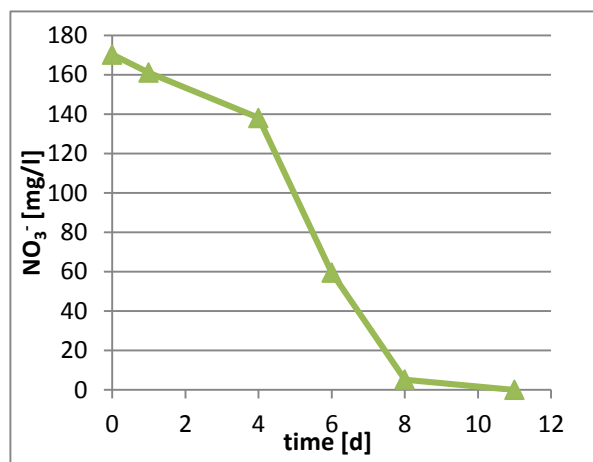


Figura 9. – Rimozione dei nitrati nel tempo.



Figura 10. – Reattore dopo 4, 6, 11 giorni.