

TRAITEMENT DES EAUX RÉSIDUELLES DE FROMAGERIE

Activité et distribution des bactéries ammonio-oxydantes dans une “Constructed Wetland” (zone humide artificielle) pour le traitement des eaux résiduelles de fromagerie

Les “Constructed Wetlands” (zones humides artificielles) sont un système intéressant d'épuration à prix réduit et avec un impact environnemental modéré, dans lequel l'action combinée des végétaux aquatiques et des populations microbiennes permet une réduction sensible de la charge polluante des effluents liquides de différentes natures, tant urbains qu'industriels. Toutefois, pour adapter de ce système à l'environnement alpin, il faut augmenter l'efficacité d'épuration de façon à réduire la surface de l'installation qui peut être conséquente, et compenser aussi une influence défavorable liée aux conditions climatiques. Pour ce faire, il est possible de favoriser l'adsorption de certains ions par des matériaux actifs appropriés pouvant contribuer sensiblement (avec les hydrophytes et les micro-organismes) à l'amélioration de dépollution.

LA “CONSTRUCTED WETLAND” DE LA FROMAGERIE DE CHAMPAGNE (VALLÉE D'AOSTE)

L'aptitude de ce genre de matériaux pour l'épuration et la mise au point de “Constructed Wetlands” adaptées à l'environnement alpin, ont fait l'objet d'études du DIVAPRA de l'Université de Turin, depuis plusieurs années, dans le cadre d'une série de projets transfrontaliers Interreg (années 2000-2005) menés en collaboration avec la Région Autonome Vallée d'Aoste, et ayant abouti à la réalisation d'une installation pour le traitement des eaux résiduelles de fromagerie, de dimension industrielle, annexée à la fromagerie “Cooperativa Champagne” (Vallée d'Aoste).

L'installation est constituée par une tranchée d'environ 1,5 m de profondeur, imperméabilisée avec un film plastique et divisée en cinq secteurs remplis respectivement avec des cailloux, du gravier, des fragments de céramique, de la magnéti-

te, de la zéolite et du sol local. La tranchée est alimentée par les eaux de lavage de la fromagerie, prélevées dans le bassin de stockage moyennant une pompe immergée qui envoie les eaux dans le premier secteur, duquel elles s'écoulent vers les secteurs suivants grâce à une légère inclinaison du fond (3%). La présence d'un système de barrage entre un secteur et l'autre assure la formation d'un flux continu de liquide d'écoulement sous la surface, permettant le développement d'une végétation d'hydrophytes constituée par *Phragmites australis* (figure 1 e 2).



(figure 1) Flux d'écoulement superficiel et sub-superficiel



(figure 2) Système de barrage entre secteurs

L'installation a une surface totale d'environ 200 m² et reçoit actuellement un volume quotidien d'eaux résiduelles de 6 à 10 m³. Son efficacité d'épuration est contrôlée périodiquement par toute une série de paramètres chimiques et microbiologiques, dont il est fait référence dans une autre partie de cette publication (v. “Évolution des paramètres chimiques et microbiologiques dans la “Constructed Wetland” de Champagne (Vallée d'Aoste)”). Parallèlement à ce contrôle et à ces mesures, une série de recherches est en cours pour évaluer l'implication des processus microbiologiques dans les phénomènes d'épuration ainsi que l'influence exercée par les différents matériaux de remplissage de la tranchée sur ces processus.

OBJECTIFS DE LA RECHERCHE

La phase de l'activité microbienne à considérer comme délicate, pour la minéralisation de la matière organique présente dans les eaux résiduelles, est celle de la nitrification autotrophique, puis de la dénitrification, où l'azote ammoniacal (provenant de l'attaque de l'azote organique) est au début oxydé en azote nitrique et réduit ensuite sous formes volatiles, lesquelles quittent le système. L'importance relative de l'activité de la microflore impliquée dans ces processus influe beaucoup sur le bon fonctionnement de l'équipement. Il faut souligner que ces phénomènes sont essentiellement fonction de:

- la nature du substrat (matériaux de remplissage);
- l'appareil racinaire des hydrophytes (rhizosphère);
- la température.

Une étude expérimentale a été mise en route avec pour but:

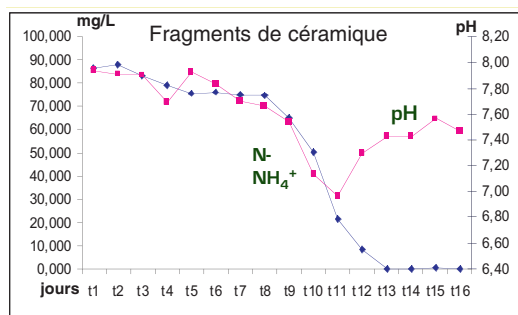
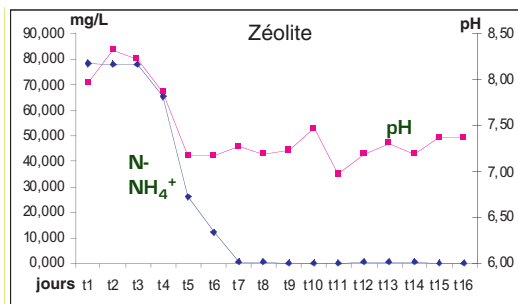
- a) l'évaluation des rapports existants entre les comptages, la production d'ATP et l'évolution des formes d'azote, par rapport aux groupes microbiens ammonio-oxydants et dénitrifiants,;
- b) la distribution et la caractérisation génétique des microflore ammonio-oxydantes dans les différents secteurs de la "Wetland".

L'expérimentation du point a) est menée dans les laboratoires du DIVAPRA, Secteurs de Microbiologie et Industries agronomiques et Chimie agronomique; celle relative au point b) est réalisée à l'Institut NIOO de Breukelen (Hollande), avec lequel nous avons démarré une collaboration ayant pour but l'approfondissement des connaissances sur les sujets en question. Dans les deux cas, les essais sont réalisés sur des échantillons de matériaux de remplissage prélevés dans les différents secteurs, en différentes périodes de l'année, à proximité des racines, pour évaluer l'effet potentiel de la rhizosphère, ainsi que loin de ces dernières.

RÉSULTATS OBTENUS

Les activités expérimentales mentionnées ci-dessus sont toujours en cours, par conséquent les résultats obtenus jusque-là doivent être considérés comme préliminaires. Nous ne reprenons que les résultats considérés comme les plus intéressants. Parmi les différents matériaux employés, le plus favorable à l'activité microbienne

semble être la zéolite. En effet, l'activité des bactéries ammonio-oxydantes (exprimée en tant que disparition de l'azote ammoniacal) est bien supérieure avec ce type de substrat que, par exemple, avec des fragments de céramique (figure 3 et 4).

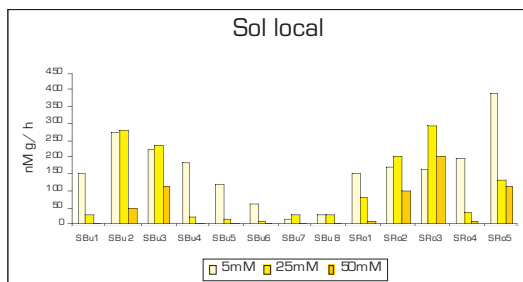
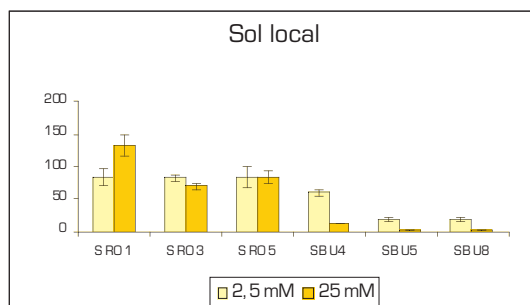
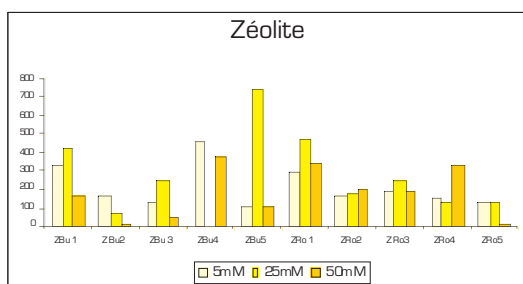
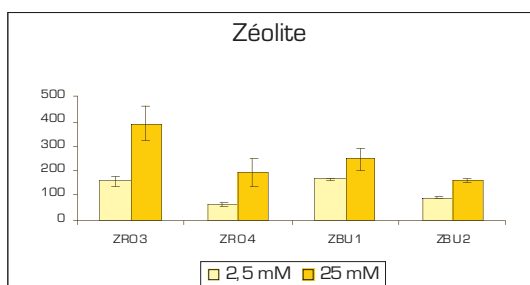
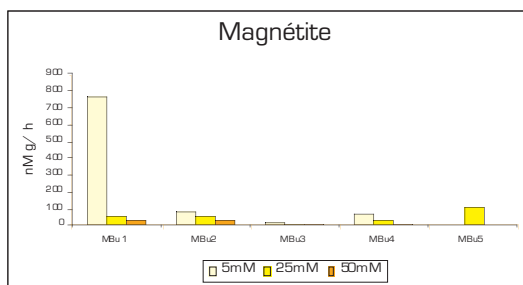
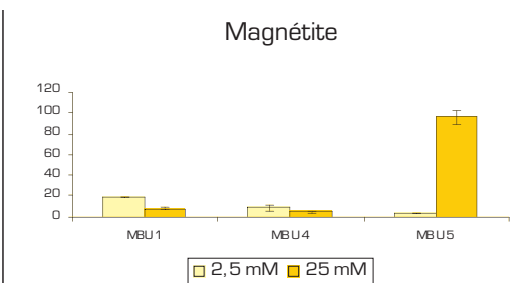
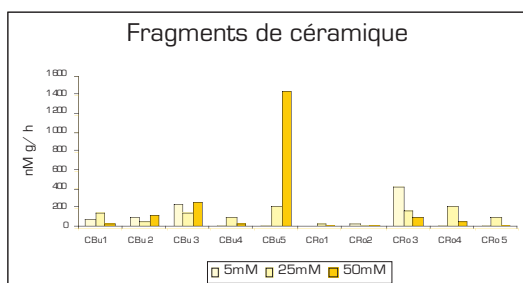
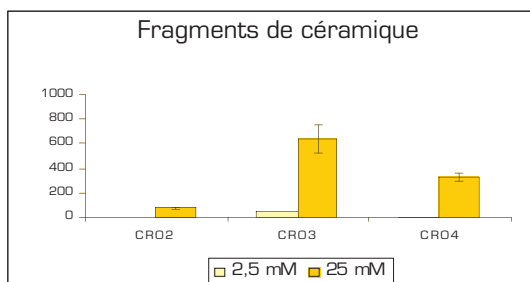
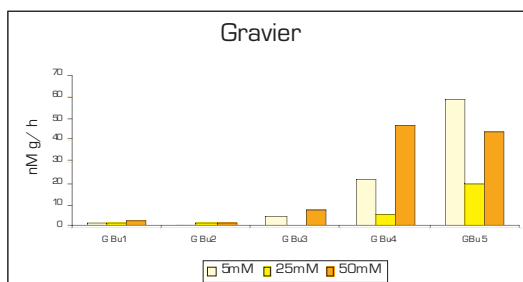


(figure 3 et 4) Activité microbienne avec zéolite ou fragments de céramique

Nous avons obtenu une indication fondamentalement similaire par l'évaluation de la nitrification potentielle mesurée sur deux échantillons successifs. Comme nous pouvons le voir dans les figures 5, une nitrification potentielle équivalente à celle vérifiée avec la zéolite ne peut être obtenue qu'avec le sol local, qui constitue le remplissage du dernier secteur. Par contre, la présence d'appareils radiculaires de *Phragmites* ne semble pas influencer l'activité microbienne. Ces indications devront être prises en compte pour la conception de futures "Constructed Wetlands".

Quant aux caractéristiques génétiques des populations microbiennes ammonio-oxydantes, les premières données nous semblent confirmer l'idée que ces microflore appartiennent surtout au genre *Nitrosospira*. Celui-ci étant considéré comme l'une des espèces les plus résistantes et sa présence est donc un élément positif pour le bon fonctionnement de l'installation. Des renseignements plus précis pourront être déterminés par le séquençage complet de l'ADN.

Nitrification Potentielle ($\text{nmol} \cdot \text{g} \cdot \text{dw} \cdot \text{h}^{-1}$)



L nmol= nM=nano moles
É g=grammes de sol
G dw=dry weight=poid sec
E h=heure
G G=gravier
E C=fragments de céramique
N M=magnétite
N Z=zéolite
D S=sol local
E Bu=bulk=lain des racines
 Ro=root zone=près des racines
 1,2...=différents échantillons
 mM=millimoles=concentration de ammonium

(figure 5) Nitrification potentielle dans les différents secteurs

Évolution des paramètres chimiques et microbiologiques dans la “Constructed Wetland” de Champagne (Vallée d’Aoste)

Introduction

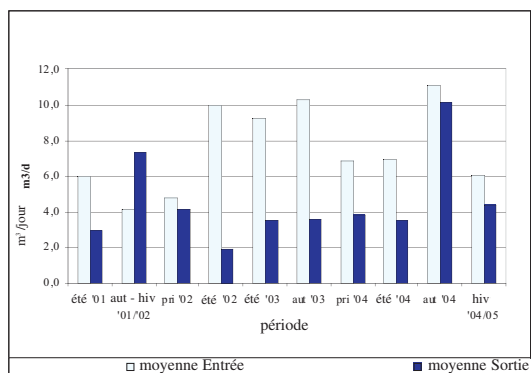
A partir du démarrage de la “Constructed Wetland” (zone humide artificielle) de Champagne (Vallée d’Aoste), à l’été 2001, nous avons commencé le monitoring de certains paramètres jugés importants dans l’évaluation du fonctionnement de ce type d’installation pour le traitement des eaux résiduelles de la fromagerie.

Ces paramètres sont:

-  **les volumes** alimentant l’installation depuis un bassin de stockage;
-  **le pH** dans les différents secteurs;
-  **la BOD₅**;
-  **l’azote total**;
-  **la charge bactérienne totale**;
-  **les streptocoques fécaux.**

VOLUMES

Les eaux résiduelles provenant du bassin de stockage sont pompées à l’amont de l’installation avec un débit variable de 6 à 10 m³/jour. Un compteur placé sur la conduite de refoulement permet le comptage des volumes alimentés (figure 6).



(figure 6) Volumes saisonniers moyens traités

Généralement, dans la période hivernale, le débit est gardé à un niveau inférieur, car dans cette période les eaux résiduelles présentent en moyenne une charge polluante plus élevée et donc il convient d’augmenter le temps de permanence afin de maintenir un bon rendement de dépuración.

Périodiquement, le bassin de stockage est complètement vidé par des camions-citernes et cette opération demande, à chaque fois, un arrêt de fonctionnement de la “Wetland” pendant quelques jours, jusqu’à ce que le niveau adéquat au fonctionnement de la pompe d’alimentation soit rétabli.

L’eau qui s’écoule de l’installation est renvoyée, grâce à une deuxième pompe, au bassin de stockage des eaux résiduelles (figure 7). Les valeurs du débit quotidien (enregistrées dans ce cas aussi par un compteur) sont assez variables surtout en fonction de l’évolution météorologique.

En été, à cause de l’évapo-transpiration, on arrive à des valeurs minimales, tandis que durant les périodes de forte pluviosité la quantité d’effluents peut être considérablement supérieure à celle des eaux résiduelles alimentant à l’installation.

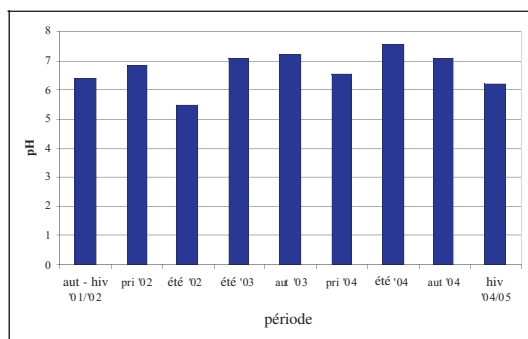


(figure 7) Bassin de stockage des eaux résiduelles

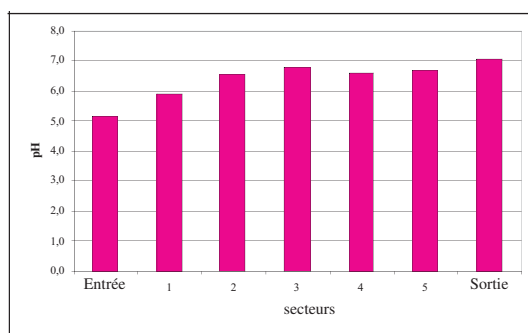
pH

Les eaux résiduelles de la fromagerie sont caractérisées par des valeurs de pH plutôt acides, variant de 4 à 6 suivant la saison. Cela peut limiter l'activité microbiologique et inhiber le développement des végétaux (figure 8).

L'évolution du pH dans les différents secteurs de la "Wetland" montre que les substrats des différents secteurs permettent de corriger ces pH acides en les faisant remonter à des valeurs plus proches de la neutralité (figure 9). Toutefois, ces derniers temps, nous avons dépisté une capacité neutralisante réduite. Cela pourrait être dû à la formation de dépôts de matière grasse sur la surface des matériaux composant les substrats et limitant le contact de ces derniers avec l'eau résiduelle.



(figure 8) Valeurs de pH dans l'effluent final



(figure 9) Évolution moyenne du pH dans les différents secteurs

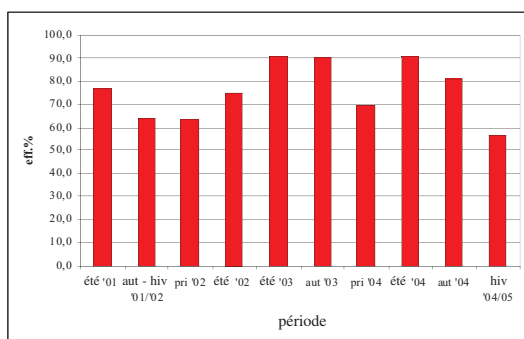
BOD₅ ET AZOTE TOTAL

La demande biologique en oxygène est l'un des paramètres les plus importants pour l'évaluation de la charge polluante des eaux résiduelles. Dans la "Wetland" de Champagne, nous avons obtenu des valeurs de rendement épuratoire variant de 55% à 90%.

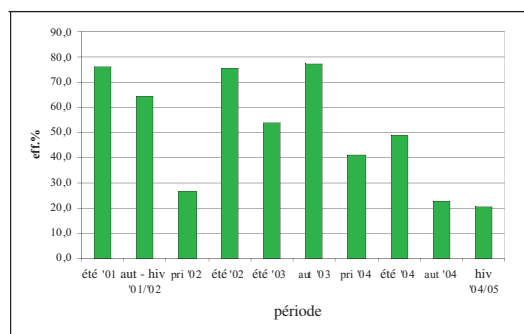
Les meilleurs rendements s'obtiennent dans la période été/automne, tandis que durant la saison froide l'efficacité diminue (figure 10).

De même, en ce qui concerne la réduction de l'azote total, le comportement de la "Wetland" fluctue en fonction des saisons, avec des rendements épuratoires les plus forts en été/automne. Les valeurs sont toutefois significativement inférieures à celles de la BOD₅, ce qui est logique si nous considérons que les processus de nitrification et de dénitrification sont les plus délicats pour le traitement des eaux résiduelles, quel que soit le type d'équipement (figure 11).

Durant l'automne 2004, nous avons essayé d'augmenter considérablement le débit d'alimentation pour vérifier le potentiel de la "Wetland": tandis que le rendement d'élimination de la BOD₅ a gardé des valeurs satisfaisantes (environ 80%), nous avons enregistré une nette aggravation en ce qui concerne l'azote total.



(figure 10) Rendement % de réduction du BOD₅

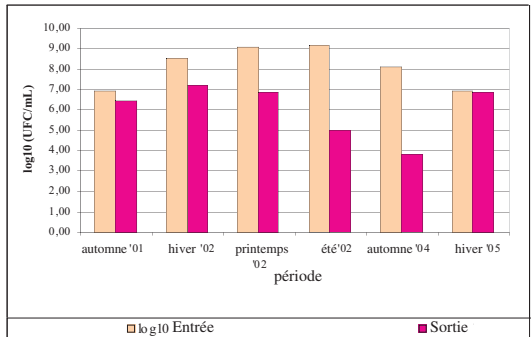


(figure 11) Rendement % de l'azote total

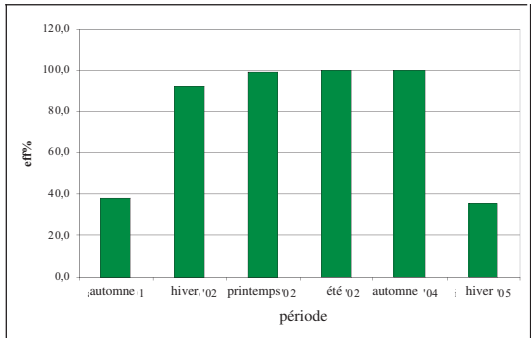
CHARGE BACTÉRIENNE TOTALE

Comme pour les paramètres précédents, nous avons pu aussi démontrer que la capacité de la “Wetland” à réduire considérablement le nombre de bactéries présentes dans les eaux résiduelles est plus forte pendant la belle saison (figures 12 et 13).

Les valeurs plutôt basses enregistrées en automne 2001 sont dues au fait que l'installation venait de démarrer.



(figure 12) Charge totale à l'entrée et à la sortie

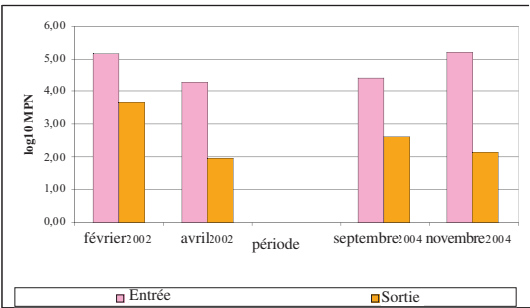


(figure 13) Rendement % de réduction de la charge totale

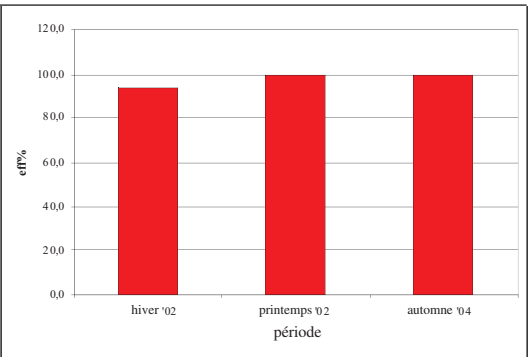
STREPTOCOQUES FÉCAUX

Les données disponibles sont réduites puisque pendant le premier cycle d'analyses nous avons remarqué que l'élimination était systématiquement supérieure à 90%. Nous avons donc préféré concentrer notre attention sur des paramètres plus délicats.

À l'automne 2004 de nouveaux contrôles ont été réalisés concernant ce paramètre avec des résultats confirmant ceux qui avaient été obtenus précédemment (figures 14 et 15).



(figure 14) Streptocoques fécaux à l'entrée et à la sortie



(figure 15) Rendement % de réduction de streptocoques fécaux

CONCLUSIONS

La “Constructed Wetland” de Champagne (Vallée d'Aoste) a globalement donné de bons résultats quant à son efficacité, surtout pendant la saison estivale.

Durant la période prise en considération (été 2001 - hiver 2005) certains problèmes de gestion ont été rencontrés (formation de flux superficiels, arrêt de l'installation à cause du gel, engorgements provoqués par la graisse) et ont été résolus au fur et à mesure qu'ils se présentaient.

Cela a mis en évidence que, même avec un niveau d'installation simple, les “Constructed Wetland” exigent une bonne conception afin d'assurer une alimentation constante des substrats et de favoriser ainsi les processus microbiologiques.

TRATTAMENTO DELLE ACQUE DI LAVAGGIO DI CASEIFICIO

Attività e distribuzione di batteri ammonio-ossidanti in una “Constructed Wetland” per il trattamento di reflui caseari

Come è noto le “Constructed Wetlands” rappresentano un interessante sistema di depurazione a basso costo e moderato impatto ambientale, dove l'azione combinata di vegetali acquatici e popolazioni microbiche permette una sensibile riduzione del carico inquinante in effluenti liquidi di varia natura, sia civili che industriali. Per l'adozione di tale sistema in ambiente alpino, tuttavia, è necessario aumentare l'efficacia di rimozione in modo da ridurre l'estensione superficiale, che nella versione tradizionale è generalmente cospicua, e compensare l'influenza sfavorevole esercitata dalle condizioni climatiche. A tal fine, è possibile esaltare l'adsorbimento di particolari ioni per mezzo di opportuni materiali attivi, che possono notevolmente contribuire (insieme alle idrofite e ai microrganismi) all'opera di depurazione.

LA “CONSTRUCTED WETLAND” DEL CASEIFICIO DI CHAMPAGNE (VALLE D'AOSTA)

L'idoneità di questo tipo di materiali per la messa a punto di “Constructed Wetlands” adatte all'ambiente alpino, è da diversi anni oggetto di sperimentazione da parte del DIVAPRA dell'Università di Torino, nell'ambito di una serie di progetti Interreg (anni 2000-2005) condotti in collaborazione con la Regione Autonoma Valle d'Aosta, e ha portato alla realizzazione di un impianto per il trattamento di reflui caseari, a dimensione aziendale, annesso al caseificio “Cooperativa Champagne” (Valle d'Aosta).

L'impianto è costituito da una trincea della profondità di circa 1,5 m, impermeabilizzata con un film plastico e divisa in cinque settori, riempiti rispettivamente con pietrisco, frammenti di ceramica, magnetite, zeolite, suolo locale. La trincea è

alimentata con le acque di lavaggio del caseificio, prelevate dalla vasca di stoccaggio tramite pompa sommersa e immesse nel primo settore, dal quale defluiscono verso quelli successivi grazie alla leggera pendenza del fondo (3%). La presenza di un sistema di sbarramento tra un settore e l'altro, garantisce la formazione di un flusso continuo di liquido a scorrimento sub-superficiale, che permette lo sviluppo di una vegetazione di idrofite costituita da *Phragmites australis*. (figura 1 e 2)



(figura 1) Flusso a scorrimento superficiale e sub-superficiale



(figura 2) Sistema di sbarramento tra settori

L'impianto ha una superficie complessiva di circa 200 m² e riceve attualmente un quantitativo giornaliero di refluo pari a 6 - 10 m³. La sua efficienza depurativa è tenuta sotto controllo attraverso il monitoraggio periodico di una serie di parametri chimici e microbiologici, dei quali si dà conto in altra parte della presente pubblicazione (v. “Evoluzione di parametri chimici e microbiologici nella “Constructed Wetland” di Champagne (Valle d'Aosta)”). Parallelamente a tale monitoraggio, è in atto una serie di ricerche volte a valutare l'entità dei processi microbiologici che stanno alla base della depurazione e l'influenza esercitata su di essi dai diversi materiali che costituiscono il riempimento della trincea.

OBIETTIVI DELLA RICERCA

La fase dell'attività microbica considerabile come critica, ai fini della mineralizzazione della sostanza organica presente nel refluo, è quella della nitrificazione autotrofica e successivamente della denitrificazione, in cui l'azoto ammoniacale (che deriva dall'attacco dell'azoto organico) viene prima ossidato ad azoto nitrico e questo è poi ridotto a forme volatili, che in quanto tali abbandonano il sistema. La consistenza quantitativa e l'attività delle microflorie coinvolte in questi processi è quindi di fondamentale importanza per il buon funzionamento dell'impianto. In particolare, riveste notevole interesse l'accertamento dell'influenza esercitata su questi fenomeni da

- natura del substrato (materiali di riempimento);
- apparato radicale delle idrofite (rizosfera);
- temperatura.

E' stata quindi avviata una sperimentazione avente i seguenti scopi:

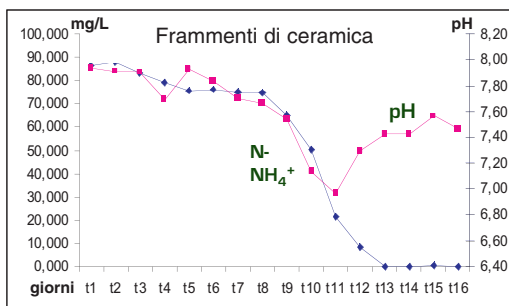
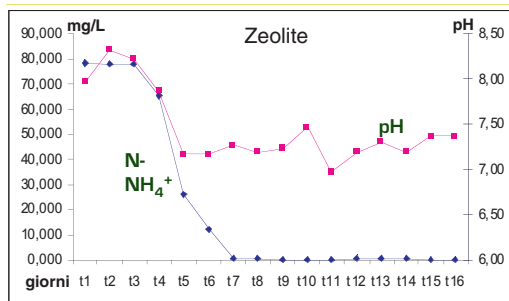
- a) valutazione delle relazioni esistenti tra conteggi, produzione di ATP ed evoluzione delle forme di azoto, relativamente ai gruppi microbici ammonio-ossidanti e denitrificanti;
- b) distribuzione e caratterizzazione genetica delle microflorie ammonio-ossidanti nei diversi settori della *Wetland*.

L'attività sperimentale di cui al punto a) è svolta nei laboratori del DIVAPRA, Settori di Microbiologia-Industrie agrarie e Chimica agraria, quella relativa al punto b) viene effettuata presso l'Istituto NIOO di Breukelen (Olanda), con il quale è stata avviata una collaborazione finalizzata all'approfondimento delle conoscenze sui temi in questione. In entrambi i casi, le prove vengono effettuate su campioni del materiale di riempimento prelevato dai diversi settori, in periodi diversi dell'anno, sia in prossimità delle radici, per valutare l'eventuale effetto della rizosfera, che lontano da esse.

RISULTATI OTTENUTI

Le attività sperimentali di cui sopra sono tuttora in corso, quindi i risultati finora ottenuti sono da considerarsi soltanto come preliminari. Si riportano quindi quelli considerabili come più interessanti.

Tra i diversi materiali usati, quello più favorevole all'attività microbica sembra essere la zeolite. Infatti l'attività dei batteri ammonio-ossidanti (espressa come scomparsa dell'azoto ammoniacale) è maggiore con questo tipo di riempimento che, ad esempio, con i frammenti di ceramica (figure 3 e 4). Un'indicazione sostanzialmente simile è stata ottenuta dalla valutazione della nitrificazione potenziale valutata in due successivi campionamenti.

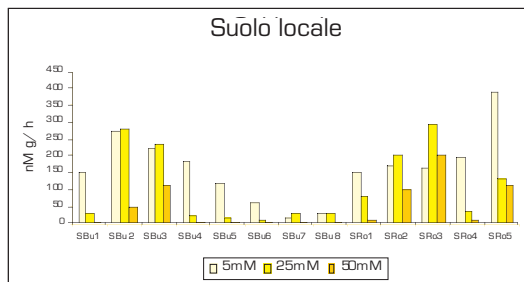
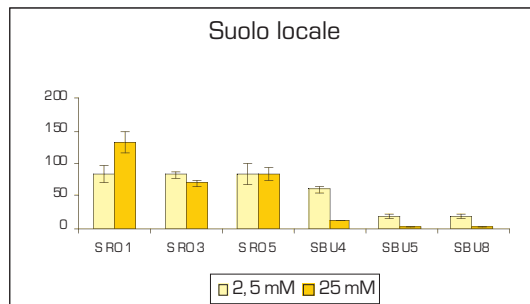
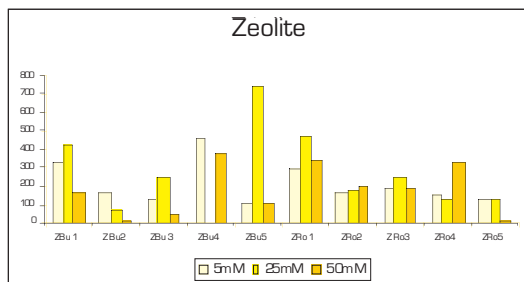
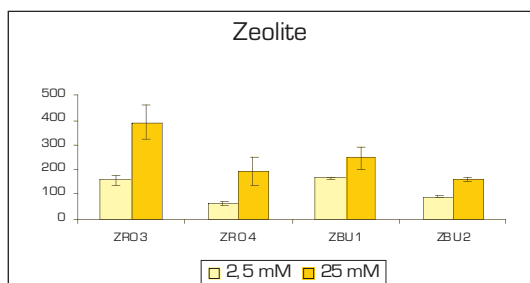
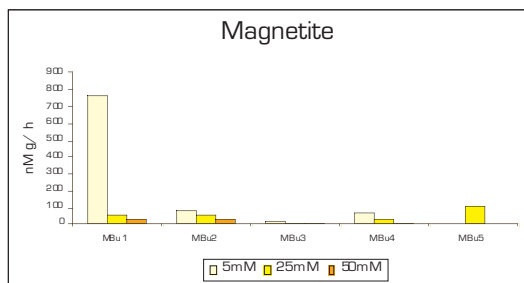
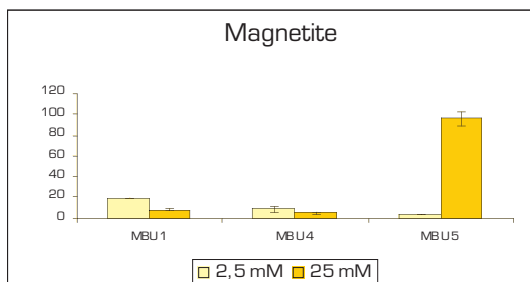
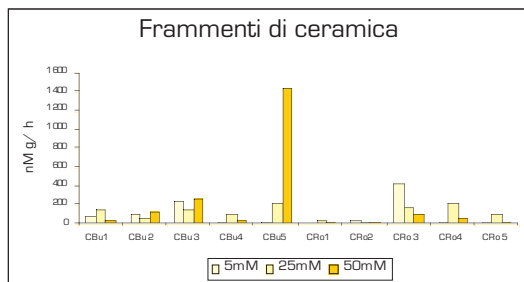
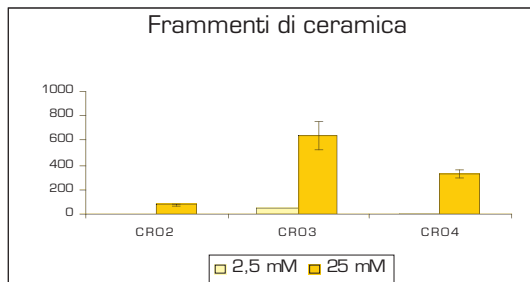
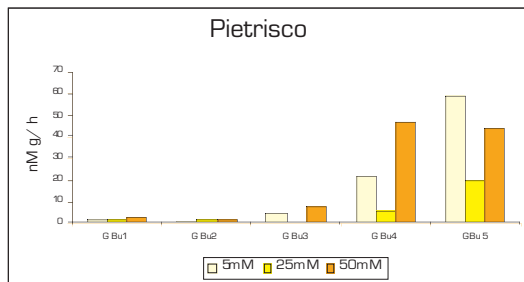


(figure 3 e 4) Attività microbica in presenza di zeolite o frammenti di ceramica

Come si può vedere dalla figura 5, una nitrificazione potenziale equivalente a quella che si verifica con la zeolite è riscontrabile solo con il suolo locale che costituisce il riempimento dell'ultimo settore. Viceversa, la presenza degli apparati radicali delle *Phragmites* sembra non influenzare l'attività microbica. Di tali indicazioni si dovrà tenere conto nella futura progettazione di nuove "Constructed Wetlands".

Quanto alla caratterizzazione genetica delle popolazioni microbiche ammonio-ossidanti, i primi dati sembrano avvalorare l'indicazione che queste microflorie appartengano in predominanza al genere *Nitrosospira*. Esso è ritenuto uno dei generi dotati di maggiore resistenza, e quindi la sua presenza è un elemento positivo per il buon funzionamento dell'impianto. Informazioni più precise si potranno avere attraverso il sequenziamento completo del DNA.

Nitrificazione Potenziale (nmol * g * dw * h⁻¹)



**L
E
G
E
N
D
A**

nmol= nM=nano moli
g=grammi di suolo
dw=dry weight=peso secco
h=ora
G=pietriscio
C=frammenti di ceramica
M=magnetite
Z=zeolite
S=suolo locale
Bu=bulk=lontano dalla radice
Ro=root zone=vicino alla radice
1,2...=diversi punti di campionamento
mM=millimoli=concentrazioni di ammonio

(figura 5) Nitrificazione potenziale nei diversi settori

Evoluzione di parametri chimici e microbiologici nella “Constructed Wetland” di Champagne (Valle d’Aosta)

Introduzione

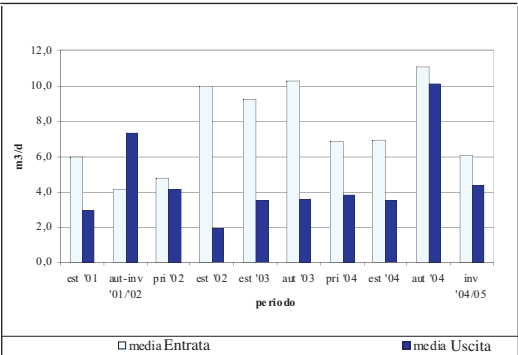
A partire dall'avviamento della “Constructed Wetland” di Champagne (Valle d’Aosta) nell'estate del 2001, è iniziato il monitoraggio di alcuni parametri giudicati importanti per la valutazione del funzionamento di tale tipo di impianto per il trattamento del refluo del caseificio.

Tali parametri sono:

-  **volumi** alimentati all'impianto e restituiti alla vasca di stoccaggio;
-  **pH** nei vari settori;
-  **BOD₅**;
-  **azoto totale**;
-  **carica batterica totale**;
-  **streptococchi fecali**.

VOLUMI

Il refluo proveniente dalla vasca di stoccaggio è pompato in testa all'impianto con una portata variabile da 6 a 10 m³/giorno. Un contatore posto sulla tubazione di mandata permette la contabilizzazione dei volumi alimentati (figura 6).



(figura 6) Volumi stagionali medi trattati

Generalmente nel periodo invernale viene mantenuta una portata inferiore, questo perchè in tale periodo il refluo presenta mediamente un carico inquinante più elevato e quindi per mantenere una buona resa depurativa si cerca di aumentare il tempo di residenza.

In alcuni periodi la portata di alimentazione è stata inferiore ai valori minimi previsti, a causa di problemi tecnici dovuti al gelo oppure all'intasamento provocato dal grasso a livello dei contatori.

Periodicamente, inoltre, la vasca di stoccaggio viene totalmente svuotata per mezzo di autobotti e questa operazione determina ogni volta una fermata della Wetland per alcuni giorni, fino a che non si ripristina un livello adatto al funzionamento della pompa di alimentazione.

L'acqua effluente dall'impianto viene restituita, per mezzo di una seconda pompa, alla vasca di stoccaggio del refluo (figura 7). I valori di portata giornaliera (registrati anche in questo caso da un contatore) sono assai variabili in funzione soprattutto dell'andamento meteorologico.

Durante l'estate, a causa dell'evapotraspirazione, si raggiungono i valori minimi, mentre durante i periodi caratterizzati da elevata piovosità la quantità di effluente può essere sensibilmente maggiore di quella del refluo alimentato all'impianto.

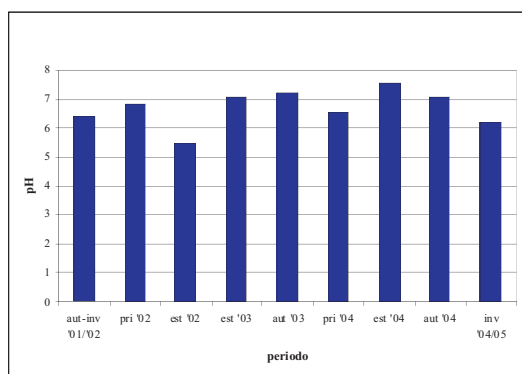


(figura 7) Vasca di stoccaggio del refluo

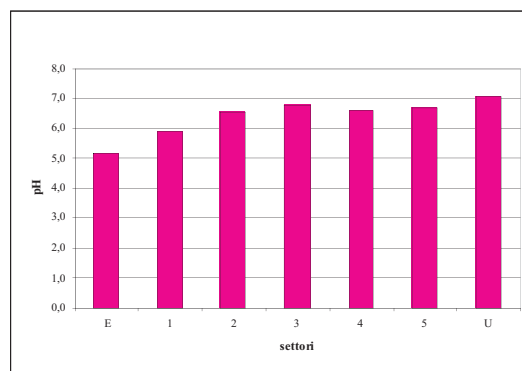
pH

Il refluo del caseificio è caratterizzato da valori di pH piuttosto acidi, variabili da 4 a 6 a seconda del periodo stagionale. Questo potrebbe limitare l'attività microbiologica ed inibire lo sviluppo dei vegetali (figura 8).

L'andamento del pH nei vari settori della *Wetland* mostra come grazie ai substrati contenuti nei settori stessi si ottenga una buona correzione, tuttavia si è rilevato negli ultimi tempi una diminuita capacità neutralizzante (figura 9). Ciò è probabilmente da imputarsi alla formazione di depositi di materia grassa sulla superficie dei materiali costituenti i substrati limitando il contatto tra questi ed il refluo.



(figura 8) Valori di pH effluente finale



(figura 9) Andamento medio dei valori di pH nei settori

BOD₅ E AZOTO TOTALE

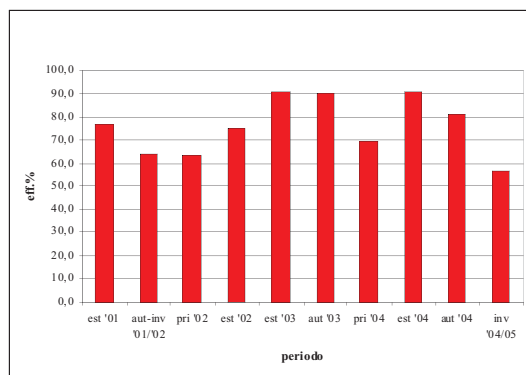
La domanda biologica di ossigeno è uno dei parametri più importanti per la valutazione del carico inquinante di un refluo.

Nella *Wetland* di Champagne si sono ottenuti valori di efficienza percentuale di rimozione variabili dal 55% al 90%.

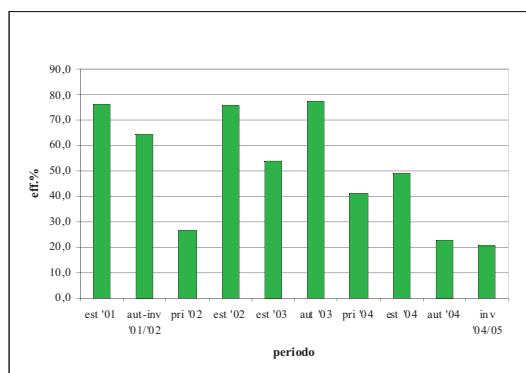
La resa migliore di abbattimento si ha soprattutto nel periodo estivo-autunnale, mentre durante il periodo freddo l'efficienza diminuisce (figura 10).

Anche per quanto riguarda l'abbattimento dell'azoto totale, il comportamento della *Wetland* è periodico, con i valori massimi di efficienza percentuale di rimozione rilevabili nel periodo estivo-autunnale. I valori sono comunque tendenzialmente inferiori a quelli relativi al BOD₅, come è logico aspettarsi considerando come i processi di nitrificazione e denitrificazione siano i più delicati in tutti i tipi di impianto di trattamento di acque reflue (figura 11).

Durante l'autunno 2004, si è cercato di aumentare considerevolmente la portata di alimentazione per verificare le potenzialità della *Wetland*: mentre la resa di abbattimento del BOD₅ si è mantenuta su valori soddisfacenti (circa 80%), per quanto riguarda l'azoto totale si è dovuto registrare un netto peggioramento.



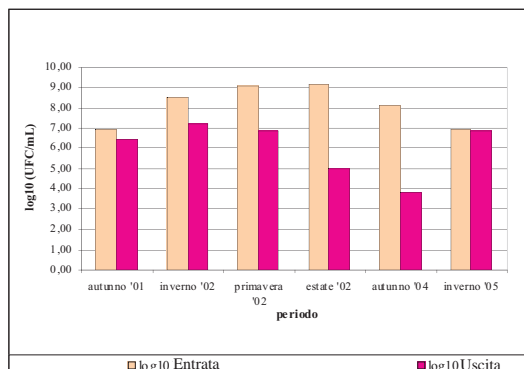
(figura 10) Efficienza % di rimozione del BOD₅



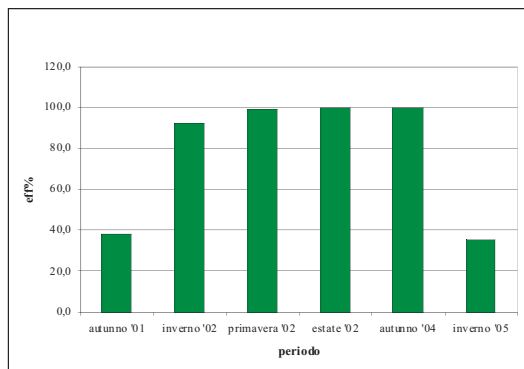
(figura 11) Efficienza % di rimozione dell'azoto totale

CARICA BATTERICA TOTALE

Come per i parametri precedenti, anche in questo caso si è potuto rilevare come la capacità della *Wetland* di ridurre considerevolmente il numero di batteri presenti nel refluo sia maggiore durante la bella stagione (figure 12 e 13). I valori piuttosto bassi di efficienza di rimozione registrati nell'autunno 2001 sono da imputarsi al fatto che l'impianto era appena stato avviato.



(figura 12) Carica totale in entrata e in uscita

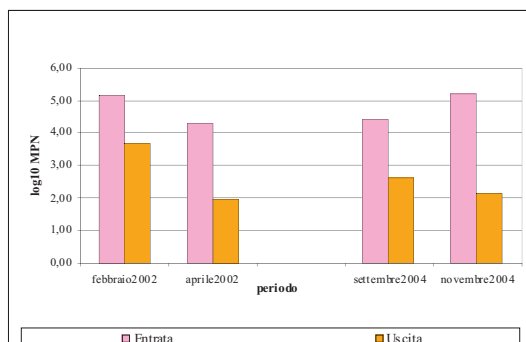


(figura 13) Efficienza % di rimozione della carica totale

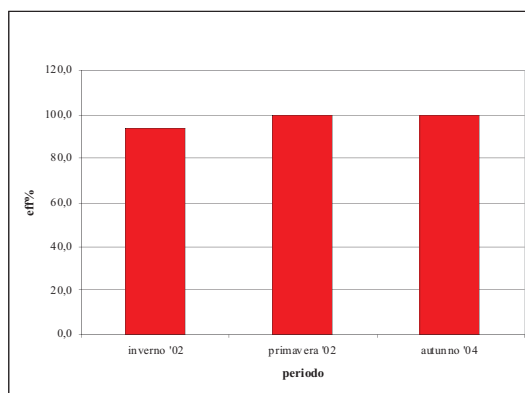
STREPTOCOCCHI FECALI

I dati a disposizione sono pochi perché durante il primo ciclo di analisi si era notato come l'abbattimento fosse decisamente buono (sempre maggiore del 90%). Si è preferito pertanto concentrare l'attenzione su parametri più critici.

Nell'autunno 2004 si sono eseguiti nuovamente alcuni controlli per quanto riguarda questo parametro ottenendo risultati che confermano quelli ottenuti in precedenza (figure 14 e 15).



(figura 14) Streptococchi fecali in entrata e uscita



(figura 15) Efficienza % di rimozione streptococchi fecali

CONCLUSIONI

In media la "*Constructed Wetland*" di Champagne (Valle d'Aosta) ha dato buoni risultati in termini di efficienza depurativa, soprattutto durante il periodo estivo.

Durante il periodo considerato (estate 2001 - inverno 2005) si sono presentati alcuni problemi di carattere gestionale (formazione di flussi superficiali, fermate di impianto a causa del gelo, intasamenti dovuti al grasso) che in parte sono stati risolti mano a mano che si presentavano.

Ciò ha posto in evidenza come, pur nella loro semplicità a livello impiantistico, le "*Constructed Wetlands*" richiedano una buona progettazione allo scopo di assicurare una alimentazione costante dei substrati e favorire quindi i processi microbiologici.