

Ingénierie écologique : évolution de la biodiversité et entretien d'un milieu aquatique artificiel finalisé en 2010, destiné à la gestion d'eaux pluviales urbaines

■ G. JOST¹, B. RICARD¹, T. FRAISSE¹, H. FEVE¹, S. JUND¹, A.-C. VEYRAT², C. POINTUD²

Mots-clés : biodiversité, entretien, ingénierie écologique, lagune, milieu aquatique artificiel, roselière, suivi phytoécologique, zone humide

Keywords: biodiversity, constructed wetland, ecological engineering, pond, vegetation management

Introduction

Une précédente publication [JOST *et al.*, 2010] nous avait permis de présenter les ouvrages de gestion des eaux pluviales de la ZAC de Bezannes près de Reims sous deux aspects principaux :

- Comment un projet de stockage d'eaux pluviales initialement prévu en bassin enterré en béton – ce qui était fortement mis en question par le maître d'ouvrage – a pu peu à peu évoluer vers un projet à vocation paysagère et écologique ?
- Qu'entend-on concrètement par « écologique », en matière d'objectif et de critères de conception mis en œuvre, dans un contexte d'hydraulique urbaine très différent de conditions « naturelles » ? Ce qui sous-entendait bien sûr que le « génie écologique » ne va pas de soi et ne peut se contenter ni d'un « verdissement » des dimensions hydrauliques, ni de la seule présence de l'eau.

Un troisième aspect, non traité à l'époque, porte sur l'évaluation de ce type d'ouvrage, posttravaux et après plusieurs périodes végétatives. Après avoir précisé quelques choix de conception et de plantation de départ (§ 2), nous proposons d'évaluer le site sur le critère de la biodiversité et de son évolution (§ 3).

Dans un second temps, et sur la base de ce diagnostic, nous proposons de réexaminer et de compléter les règles de gestion et d'entretien des ouvrages (§ 4).

L'élaboration de cette publication repose essentiellement sur des visites approfondies du site dont au moins une fois avec le maître d'ouvrage. La méthode se rapproche donc des « audits » réalisés par Sinbio sur plusieurs sites dans le cadre de l'élaboration du guide de gestion des eaux pluviales de la communauté d'Hénin-Carvin [CAHC, 2009] : l'approche est avant tout opérationnelle, croisant le point de vue et le retour d'expérience d'un bureau d'étude concepteur spécialisé en génie écologique, et celui d'un maître d'ouvrage.

1. Présentation des ouvrages mis en service en 2010

Les ouvrages en question concernent la « ZAC de Bezannes » (49.2264, 4.000536), nouveau quartier d'activité et d'habitat de 172 ha en construction à proximité de la nouvelle gare TGV Champagne-Ardenne. Reims Métropole, maître d'ouvrage, a retenu en 2007 l'équipe de maîtrise d'œuvre composée des bureaux d'études Arria (mandataire) et Sinbio (hydraulique, génie écologique). Par ailleurs, l'architecte-paysagiste Michel Desvigne a conseillé le maître d'œuvre pour une mise en cohérence paysagère et urbanistique du projet avec l'ensemble de la ZAC (figure 1).

¹ Bureau d'études Sinbio – 5, rue des Tulipes – 67600 Muttersholtz.
Courriel : gregoire.jost@sinbio.fr

² Reims Métropole – Direction eau et assainissement – 3, rue Arthur-Décès – 51100 Reims. Courriel : anne-claire.veyrat@reimsmetropole.fr

Le secteur aval de ce nouveau quartier, d'une surface active de 35 ha, nécessite une série d'ouvrages de gestion des eaux pluviales dont une capacité de rétention de 15 000 m³ (pour une pluie centennale) avant rejet dans la Muire. Le site, antérieurement cultivé et peu propice à la biodiversité (figure 2), doit devenir un cœur de ville pour lequel la collectivité a placé au centre de la réflexion les enjeux écologiques et d'usages. Ces enjeux se combinent aujourd'hui : comme articulation et « respiration » entre les quartiers déjà urbanisés et urbanisables, le site doit être attractif pour les riverains ; il est pour cela structuré comme un parc urbain [JAQUINET *et al.*, 2009]. Dans le même temps, sa vocation écologique est assurée par des règles de conception et de gestion *ad hoc*, qui valorisent cet aspect auprès du public.

2. Choix de conception et de plantation initiale

La conception et la réalisation du projet ont cherché à diversifier les milieux et les habitats pour tendre vers un écosystème semi-naturel aux réelles potentialités écologiques, malgré ou avec les contraintes hydrauliques de débits et de stockage de temps de pluie :

– le travail de conception s'est notamment focalisé sur les écotones, très porteurs pour la biodiversité, en particulier les zones de transition entre l'eau et la terre : talus en pente douce, sinuosité du tracé des

berges diversifiant les expositions, variation des pentes de berges, banquettes faiblement immergées, bras morts ;

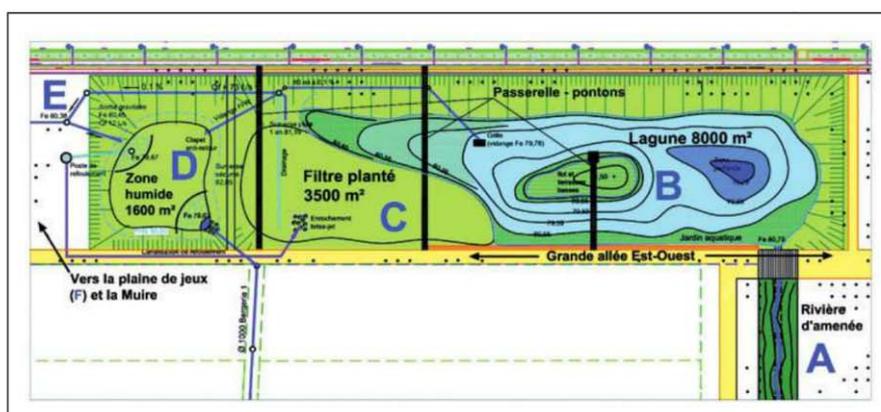
– la topographie du plan d'eau alterne des zones profondes et des hauts fonds, offrant une diversité de température, avec la possibilité de préserver une zone plus fraîche une partie de l'année.

Sur les berges de la lagune, le substrat mis en place est semi-terreux afin de favoriser le développement des végétaux héliophytiques plantés. Dans le fond de la lagune, la craie du site, excavée pour créer les bassins, est remise en œuvre sur l'étanchéité artificielle (couche d'argile). Les objectifs sont de protéger l'étanchéité artificielle de la lagune et de constituer un substrat pauvre en nutriments afin d'éviter des développements excessifs d'hydrophytes et d'algues filamenteuses. Ce principe a été établi sur l'hypothèse d'un apport suffisant de nutriments par les eaux.

Sur la base de ces choix de conception, les végétaux mis en place au départ sont présentés ici pour chaque ouvrage, en interrogeant préalablement le fait même de planter.

2.1. Faut-il planter un espace à vocation écologique ?

Cette question se pose encore assez rarement : en aménagement paysager urbain, les habitudes des concepteurs laissent peu de place à la revégétalisation naturelle des milieux remaniés. Il est toutefois pertinent de s'interroger sur cette pratique et d'examiner



Sur plus de 4 hectares, le projet comprend une rivière artificielle d'amenée (A), exutoire du réseau de collecte acheminant les eaux pluviales à la lagune (B). De 8 000 m², celle-ci surverse dans un filtre planté de roseaux (C) de 3 500 m². Les eaux de ruissellement d'un autre impluvium (habitat) transitent par une zone humide (D) de 1 600 m². Le débit de rejet dans la Muire est limité à 80 L/s (E). Plus à l'ouest et non visible sur ce plan, le parc est complété par une plaine de jeux de 1,5 ha.

Figure 1. Extrait du plan-masse centré sur les éléments hydrauliques, écologiques et de circulation du parc urbain



Figure 2. Vue d'ensemble antérieure au projet

les potentialités de réensemencement par les graines ou rhizomes présents dans le sol. À titre d'exemple, dans le cadre du Parc de l'hippodrome de Pornichet [PORNICHET, 2009-2013], compte tenu de la nature subhalophile de la prairie initiale, il a été fait le choix de remettre en place le substrat *sans plantation* et de s'appuyer sur la banque de graine contenue dans le sol. L'économie est non négligeable et le résultat doit là aussi être évalué mais semble prometteur. Dans le cas de Bezannes en revanche, le choix a été fait de planter plutôt que de « laisser faire » la nature, pour les raisons suivantes :

- le milieu initial de type agricole (figure 2), dont la terre végétale a été réutilisée, ne présente pas de banque de graine significative ; de plus, il n'existe pas de zone humide à proximité du site qui puisse fournir une banque de graine adaptée ;
- le souhait était de favoriser une colonisation rapide, pour rendre le site attractif quant au paysage dès la première saison ; cela en maîtrisant les espèces amenées à se développer, et en contrôlant autant que possible les espèces indésirables.

La plantation doit reposer sur le choix d'une végétation locale caractéristique des milieux aquatiques et semi-aquatiques, et sur une implantation adaptée à un contexte hydrique particulièrement contrasté, typique du contexte urbain :

- sur la rivière artificielle d'amenée et la zone humide, il n'y a aucun apport d'eau en dehors des événements pluvieux, durant lesquels les volumes et les débits sont accentués par l'imperméabilisation ;
- sur la lagune, la montée du niveau est de 40 cm pour une pluie « annuelle », et jusque 1,20 m pour une pluie « centennale », avec un retour assez rapide au niveau normal (12 à 48 heures) ;
- sur la lagune encore, la baisse de niveau sous l'effet de l'évaporation et de l'évapotranspiration peut atteindre 20 à 30 cm l'été.

2.2. Les plantations dans la lagune

La végétation de la lagune, et de tout plan d'eau en règle générale, est un élément fondamental pour l'équilibre de l'écosystème. La végétation apporte de nombreuses fonctions – physiques, biologiques, écologiques et paysagères – dont bénéficie le milieu. Selon leur localisation, deux types de végétation ont été implantés : les hydrophytes et les héliophytes

Rôle physique : les héliophytes, plantées en berge, assurent la fixation des talus par leurs réseaux racinaires. Elles permettent ainsi de limiter le phénomène d'érosion provoqué par le marnage de la lagune.

Rôle biologique : les héliophytes, tout comme les hydrophytes, constituent des abris et zones de refuge pour la faune. Elles peuvent également former des zones de nidification (avifaune), de support de ponte (batraciens, entomofaune) et d'alimentation. Elles sont le support et le milieu de vie de toute une biodiversité attenante.

Rôle écologique : les héliophytes et les hydrophytes participent à l'autoépuration du milieu. Dans les zones peu profondes (quelques décimètres) soumises à l'apport d'eau de ruissellement, elles assurent la filtration des matières en suspension. Par ailleurs, dans les zones d'eau libre, les tiges immergées constituent un support au biofilm épuratoire (bactéries). En subsurface, une partie de ces bactéries décomposent la matière organique soluble par voie aérobie, d'autres bactéries ont une action nitrifiante. En profondeur, la dénitrification peut s'opérer par la présence de carbone – provenant de la biomasse végétale décomposée – conjuguée aux conditions anoxiques.

Rôle paysager : les héliophytes plantées en berge de la lagune ont également été sélectionnées avec pour critère l'aspect esthétique (plante à fleurs). La lagune présente ainsi une végétation non seulement diversifiée, mais également sélectionnée pour un aspect paysager agréable et une intégration parfaite au projet de parc urbain attractif pour les riverains.

10 000 plants (hydrophytes et héliophytes) ont été apportés dans la lagune, pour un coût global de 23 000 € HT, soit 0,5 % du montant des travaux.

2.2.1. Hydrophytes

En fond de lagune, c'est-à-dire à une profondeur de 1,20 m par rapport au niveau d'eau de référence, des



Figure 3. Hydrophytes avant plantation : *Hydrocharis morsus-ranae* et *Ceratophyllum demersum*

végétaux hydrophytes ont été plantés, à raison de 10 poquets monospécifiques de 10 m² comprenant chacun cinq plants par mètre carré.

Les cinq espèces retenues sont les suivantes (figure 3) : *Ceratophyllum demersum*, *Potamogeton perfoliatus*, *Potamogeton lucens*, *Ranunculus aquatilis*, *Hydrocharis morsus-ranae*.

2.2.2. Hélophytes

Ayant des tiges aériennes et un système racinaire dans l'eau, les plantes hélophytes se développent sur la zone littorale, écotone d'importance pour la biodiversité, comme toute « lisière ». À la transition entre l'eau, la terre et l'air, le milieu est particulièrement riche en habitats ou refuges pour une faune très variée. La stratégie de plantation de ces végétaux a reposé sur deux critères (figures 4 à 6). Le premier tente de s'approcher de la zonation transversale typique des berges d'un étang [VETVICKA, 1985] et le second vise à planter les végétaux en poquets monospécifiques plutôt qu'à l'unité, pour accroître les chances de reprise.

Ainsi, les végétaux sélectionnés ont été répartis sur un profil de berge allant de +30 cm à -40 cm par rapport au niveau de référence de l'eau dans la lagune. À l'intérieur de cette plage, quatre sous-groupes ont été déterminés correspondant à l'étagement naturel des végétaux.

Les végétaux retenus par groupe sont :

- A : *Eupatorium cannabinum*, *Lychnis flos-cuculi*, *Saponaria officinalis* ;
- B : *Angelica sylvestris*, *Filipendula ulmaria*, *Molinia*

caerulea ;

- C : *Deschampsia cespitosa*, *Epilobium hirsutum* ; *Carex* sp. ;

- D : *Glyceria maxima*, *Iris pseudacorus*, *Lysimachia vulgaris*, *Lythrum salicaria*, *Mentha aquatica*, *Phalaris arundinacea*, *Scirpus lacustris*, *Stachys palustris*.

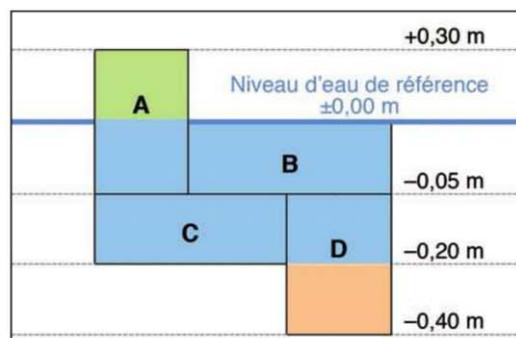


Figure 4. Principe d'implantation altimétrique des hélophytes dans la berge de la lagune, selon les regroupements d'espèces

Les *Carex* ont été introduits principalement au débouché de la rivière artificielle dans la lagune afin de constituer un filtre végétal dense, ainsi qu'en queue de lagune, en zone de transition avec la roselière (filtre planté).

Un ensemencement a été réalisé sur le talus et des parties horizontales de l'ensemble du site.

2.3. Plantations sur les autres ouvrages

2.3.1. En amont de la lagune : la rivière artificielle

Les mélanges C et D ont été implantés en pied de berge et les espèces A et B légèrement plus haut

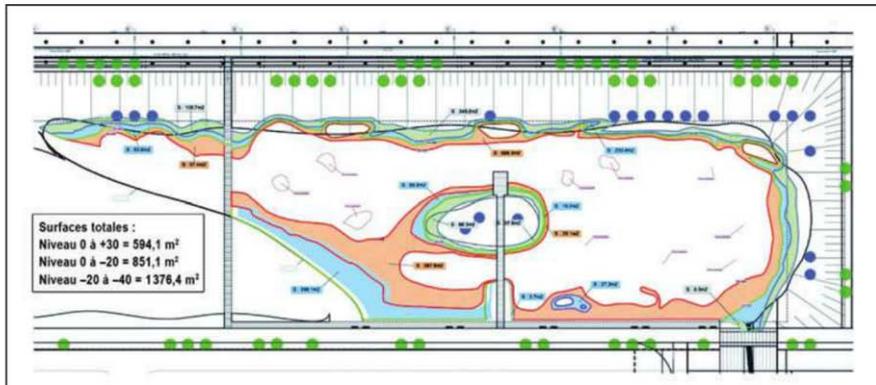


Figure 5. Plan-masse d'implantation altimétrique des hétérophytes et hydrophytes dans la lagune



Figure 6. La lagune après les plantations, en avril et en juin 2010

(entre 0 et +30 cm), par bande de 5 à 10 mètres linéaires (figure 7 gauche).

2.3.2. En aval de la lagune : le filtre planté de roseaux

Seul *Phragmites australis* a été introduit à raison de quatre plants par mètre carré. *Phragmites australis* est quasiment le seul avec les *Typhas* à pouvoir s'adapter à un substrat filtrant pauvre (sable) alternant des

périodes totalement drainées et des périodes de forte immersion (figure 7 droite).

2.3.3. En aval, et collectant directement un des lotissements : la zone humide artificielle

Ce secteur collecte en particulier les eaux de ruissellement d'un quartier d'habitat. Le substrat terreux constituant le fond de bassin est maintenu saturé en



Figure 7. La rivière artificielle et le filtre planté de roseaux en avril 2010



Revue à comité de lecture, TSM vous permet de rester informé grâce à des contenus de référence sur les domaines de l'eau et de l'environnement :

- Eau potable
- Assainissement
- Milieux aquatiques
- Gestion des déchets et de la propreté
- Qualité de l'air
- Aménagement durable des territoires

TSM c'est aussi :

- Des reportages ;
- Des études ;
- Des états de l'art ;
- Des interviews des spécialistes du secteur ;
- Des focus sur l'actualité de nos sections régionales.

www.asteo.org

Vos annonces légales dans TSM !

Revue spécialisée dans le domaine des services publics d'eau potable, d'assainissement et des déchets, TSM s'adresse aux professionnels de l'environnement.

Elle est lue par **plus de 10 000 professionnels** de ces filières : gestionnaires publics et privés, entrepreneurs, collectivités territoriales, ingénieurs et techniciens, chercheurs, fournisseurs...

De plus en plus sollicités par les collectivités locales, nous avons décidé de développer cette rubrique devenue incontournable auprès de nos lecteurs.

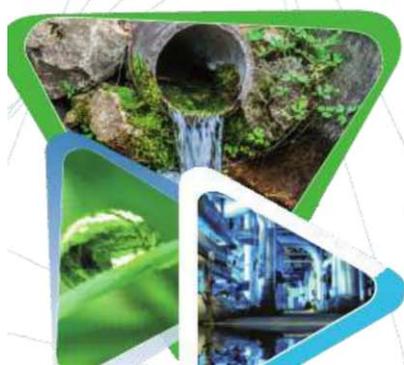
Votre annonce légale

TSM est en ordre de marche pour recevoir vos Avis d'Appel à la Concurrence, vos Annonces de Délégations de services publics, vos Offres d'emplois. Afin de répondre le mieux possible à vos besoins, nous avons adapté notre grille tarifaire aux différentes annonces.

Nous réalisons pour mieux vous servir, des devis gratuits qui vous permettent d'apprécier la mise en page et le coût de votre annonce.

Le plus !

Dès réception de votre commande, votre annonce est mise en ligne sur le site de l'Astee, <http://www.asteo.org/categorie/actualites/> consultable librement par tous, vous offrant au-delà d'une large diffusion, une publication immédiate.



www.asteo.org

Contact

Correspondance et renseignements

LEM
Les Editions Magenta

12, av. de la Grange - 94100 Saint-Maur-des-Fossés
Tél. 01.55.97.07.03 ▼ Fax : 01.55.97.42.83
Email : l.e.m@wanadoo.fr

PAR LES ORGANISATEURS DE POLLUTEC

ET SI ON FAISAIT
UN GRAND PAS
POUR LA PLANÈTE ?

CLEANTECH

BAS CARBONE

RESSOURCES

DU 13 AU 15 OCTOBRE 2015
PARIS PORTE DE VERSAILLES
Solutions pour les ressources et le climat

WE
WORLD EFFICIENCY
SHOW & CONGRESS

Organisé par :

 Reed Expositions

En association avec :



www.world-efficiency.com

Crédits photos : ©Thinkstock / Getty Images / Shutterstock - areasy.com - 11/14 - 9409

eau par une évacuation plus haute que la surface et par une prise d'eau dans la lagune asservie à une sonde hygrométrique implantée dans ce même substrat. Les végétaux plantés sont également typiques d'une zone humide et se sont développés au cours du temps. Le milieu créé répond donc à leurs exigences écologiques.

Ainsi, la nature humide du substrat et la végétation observée se rapprochent du fonctionnement d'un milieu humide.

Les mêmes espèces que dans la rivière artificielle ont été plantées par carré de 10 à 20 m², à raison de trois plants par mètre carré.

3. La question de la biodiversité : bilan phytoécologique 2 ans après la création du site et interprétation

L'objet de l'étude est, dans un premier temps, d'apprécier l'évolution de la diversité floristique dans ce système artificiel en comparant l'état initial « fin de chantier » et la situation actuelle, 2 ans après. Est-ce que les végétaux plantés se sont développés et de quelle manière ? Est-ce que d'autres espèces ont colonisé le site ? Si oui, est-ce que ces espèces spontanées sont simplement des espèces ubiquistes et pionnières qui n'ont que peu d'intérêt écologique ou sont-elles spécifiques des milieux créés ?

3.1. Méthode et nombre d'espèces contactées

Pour pouvoir répondre à ces questions, Sinbio a réalisé un suivi phytoécologique en utilisant une méthode d'appréciation du couvert végétal dérivée de la méthode d'abondance – dominance proposée par Braun-Blanquet [WALTER, 2006]. Même si la méthode utilisée n'est pas exhaustive en matière de biodiversité étant donné l'ampleur des surfaces à investiguer, elle a pour finalité d'aider à qualifier le couvert végétal des différents milieux recréés en matière de recouvrement et de richesse spécifique (figures 8 et 9). De cette approche, il importerait d'apprécier la trajectoire écologique et la dynamique de colonisation des différentes espèces recensées sur le terrain suivant leurs origines (implantées ou spontanées), mais aussi d'évaluer leur intérêt spécifique pour les différents milieux recréés (espèces spontanées caractéristiques de ces milieux ou simplement espèces compagnes ubiquistes pionnières).

Globalement, 62 espèces ont été contactées dont 22 présentent un taux de recouvrement supérieur à 10 % de la surface de référence observée.

Vingt-huit de ces espèces sont spontanées, dont neuf sont des espèces « rudérales – ubiquistes – pionnières » qui peuvent être qualifiées d'indésirables. Ces espèces s'observent et se développent sur les jeunes milieux, pionniers, puis laissent la place à d'autres espèces plus exigeantes en matière d'écologie et d'habitats. Les ubiquistes constituent le premier

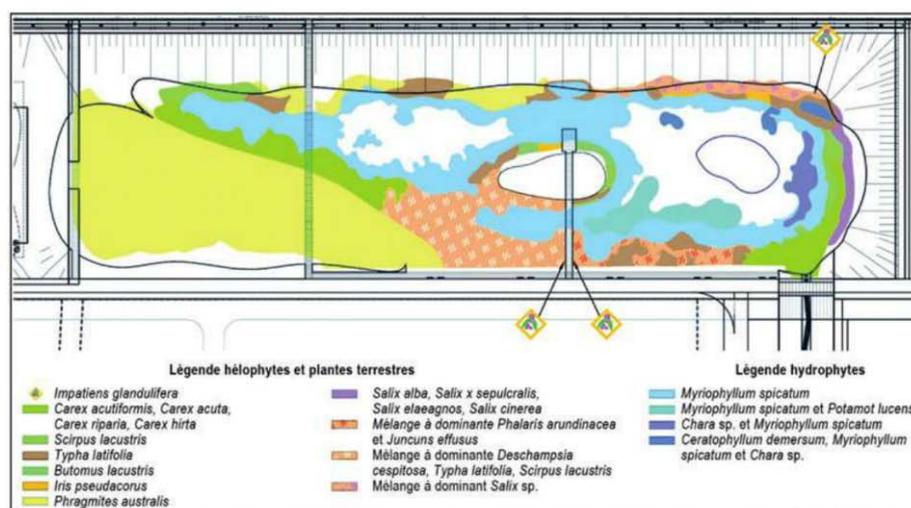


Figure 8. Cartographie élaborée grâce au relevé de terrain d'octobre 2012 et à une photo satellite de 2012 sur le secteur lagune + filtre planté. Ce dernier avait été planté uniquement de phragmites, seuls quelques saules s'y sont joints

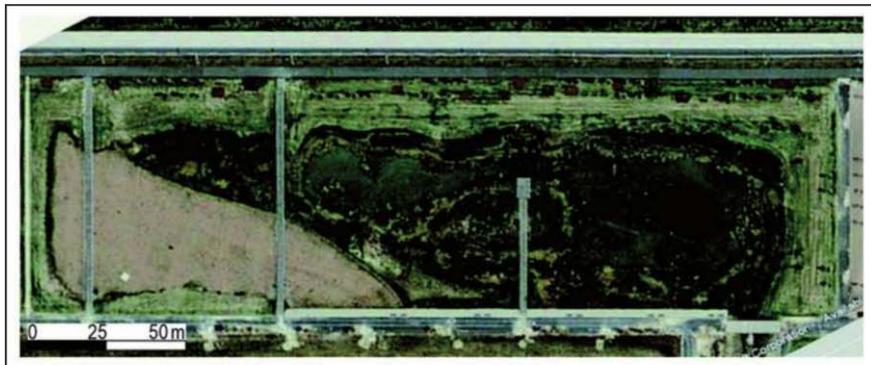


Figure 9. Photo satellite de 2012 [source : Google Maps]

stade de la colonisation spontanée et leur observation était attendue. Toutefois, ces dernières se sont largement développées au vu des plantations d'espèces hygrophiles qui ont été réalisées. Cet important développement s'explique par les faibles apports hydriques qui ont limité le développement des espèces hydrophiles et laissé le milieu propice à la colonisation par les ubiquistes. Depuis la mise en service en 2010, l'apport en eaux pluviales est modéré du fait de l'évolution progressive de l'urbanisation du secteur (environ 20 % de la surface active totale).

Lorsque les apports hydriques seront plus importants, la végétation pionnière laissera la place au développement plus prononcé des espèces hygrophiles (espèces plantées et espèces spontanées).

3.2. La rivière artificielle d'amenée (A) constitue le milieu le plus varié

Dans ce milieu, sur les 20 espèces implantées, trois n'ont pas été contactées : *Angelica sylvestris*, plantée

en faible quantité, elle n'aurait pas résisté à la compétition interspécifique ; *Glyceria maxima* : les quantités d'introduction étaient importantes, mais l'espèce est très dépendante de l'eau, or la rivière artificielle est le plus souvent asséchée ; *Lychnis flos-cuculi*, son absence est surprenante, ce qui ne permet pas d'avancer de causes tangibles.

Dix-huit autres espèces, probablement d'origine spontanée, ont été contactées. Il est possible d'en faire un tri rapide :

- les espèces herbacées « rudérales – ubiquistes – pionnières » sans grande valeur écologique et pas forcément désirable (dans la mesure où ce sont des annuelles typiques de friches et non représentatives du milieu créé) ;
- les espèces ligneuses pouvant être jugées envahissantes ou à trop fort développement (*Alnus glutinosa*, *Salix aurita*, *Salix cinerea*, *Salix sepulcralis*) ;
- les espèces spontanées caractéristiques du milieu



Figure 10. Évolution entre juin 2010 et octobre 2012 : colonisation de la rivière artificielle par des espèces ligneuses (exemple *Salix aurita*), des espèces ubiquistes pionnières (exemple *Artemisia vulgaris*) et des espèces spontanées caractéristiques de milieux à bonne valeur écologique (exemple *Veronica beccabunga*). La végétation initialement plantée à l'unité a favorisé les développements des *Carex sp.* et *Phalaris arundinacea*, à fort pouvoir colonisateur

à bonne valeur écologique *Alopecurus pratensis*, *Equisetum* sp., *Petasites hybridus*, *Veronica beccabunga*, *Plantago maxima*.

C'est ici que l'on a la plus grande richesse spécifique au mètre carré, en fond de lit comme sur les berges et talus. Cela est dû au fait que cette rivière reste humide mais est encore rarement en eau. Elle n'est donc pas encore soumise à une contrainte hydraulique qui favoriserait le développement de certaines espèces adaptées au détriment d'autres.

Cette richesse est probablement aussi le résultat du mode d'introduction choisi, qui a consisté à planter des individus à l'unité par bandes étroites. Les densités de plantation étaient importantes pour limiter la concurrence par les espèces indésirables. Cette biodiversité constatée existe même au niveau des talus, ce qui a limité la pollution par les espèces indésirables de type « rudérales – ubiquistes – pionnières ».

3.3. Au niveau de la lagune (B) : les héliophytes se développent bien ; les hydrophytes témoignent d'un milieu méso-eutrophe

Dans la lagune, les espèces aquatiques plantées en 2010 sont très peu représentées, hormis *Ceratophyllum demersum*. En revanche, la lagune commence à être envahie par des hydrophytes spontanées *Myriophyllum spicatum* et *Chara* sp. Des algues filamenteuses ont également été observées. Ces espèces non introduites, bio-indicatrices de milieux méso-eutrophes, témoignent d'un milieu relativement riche en nutriments, où l'eau se renouvelle moins que

souhaité. L'espèce *Chara* sp. affectionne les milieux calcaires, ce qui s'explique par la nature du substrat de fond de lagune utilisé en lestage (craie).

Au niveau de l'écotone, le développement des héliophytes frappe tout d'abord par sa profusion (figure 11). Les bords de la lagune sont très fortement colonisés sur l'ensemble du pourtour, et déjà jusqu'à plusieurs mètres à l'intérieur du plan d'eau, là où la lumière pénètre jusqu'au fond. La diversité est aujourd'hui intéressante : les *Carex* sont à ce jour les plus représentées (*Carex acutiformis*, *Carex acuta*, *Carex riparia*, *Carex hirta*) ; *Typha latifolia*, *Scirpus lacustris*, *Phalaris arundinacea*, *Butomus lacustris*, *Juncus effusus* sont également bien présents. L'implantation des espèces en phase avec les conditions hydriques ainsi que le regroupement par poquets monospécifiques ont permis un bon développement et ont limité l'implantation spontanée d'espèces concurrentes. Porteuse sur le plan écologique, en tant que tel et grâce aux nouveaux habitats ainsi formés et colonisables par la faune, cette évolution est aussi intéressante sur le plan paysager, car elle offre un aspect très « naturel ». Elle participe toutefois à diminuer la surface du plan d'eau et à fermer les fenêtres de vues sur celui-ci.

Toutefois, deux espèces normalement implantées de façon importante (*Angelica sylvestris* et *Glyceria maxima*) n'ont pas été recontactées. D'autres espèces se sont développées spontanément mais ne présentent pas de valeur écologique particulière. Une espèce exotique invasive, la Balsamine de l'Himalaya (*Impatiens glandulifera*) a été recensée avec toutefois un faible recouvrement.



Figure 11. Septembre et octobre 2012 : frange d'héliophytes dense et variée, plantées en poquets monospécifiques (*Typha latifolia* au premier plan photo de gauche et *Carex* sp. photo de droite). Les développements spontanés d'ubiquistes ont été essentiellement observés au-delà de la zone de transition terre-eau, car le marnage de la lagune limite fortement leur développement



Figure 12. Septembre et octobre 2012 : le filtre planté de roseaux (*Phragmites australis* planté de manière monospécifique) est colonisé progressivement par les saules que l'on aperçoit sur les deux photos, notamment du fait du manque d'immersion hivernale à ce stade du projet

3.4. Les phragmites du filtre planté (C) sont rejoints par des ligneux

Phragmites australis est présent sur toute la surface du filtre planté de roseaux où il a été planté de manière monospécifique. Toutefois, les plants sont malingres et présentent de ce fait un faible recouvrement, notamment en raison du manque d'eau et de nutriments, ce qui laisse la place libre pour la compétition interspécifique et le développement des spontanées (figure 12). Huit espèces se sont ainsi implantées, dont des végétaux ligneux (*Salix alba*, *Salix cinerea*, *Robinia pseudoacacia*, *Populus trichocarpa*). Leur croissance et leur développement racinaire pourraient poser problème à cet endroit : difficulté croissante pour retirer, perte de rhizosphère et de performance de filtration, endommagement des drains et de l'étanchéité.

3.5. La zone humide (D) a beaucoup évolué du fait du manque d'eau

À l'autre bout de la chaîne, la « zone humide » (D) semble en revanche avoir davantage souffert du manque d'eau, malgré les apports directs du lotissement de la bergerie. Les espèces plantées y sont à présent très minoritaires par rapport aux espèces spontanées. À part *Epilobium hirsutum*, aucune espèce introduite ne s'est développée correctement. Les sept autres espèces spontanées sont des espèces compagnes ubiquistes sans grande valeur écologique, excepté *Petasites hybridus*. Cette situation vient probablement d'un stress de xéricité dû à une période de sécheresse édaphique, qui a favorisé les espèces rudérales (figure 13). En outre, comme indiqué précédemment, l'environnement urbain et agricole ne procure pas de banque de graine potentiellement intéressante à proximité du site. Enfin, par rapport à un écosystème



Figure 13. La zone humide, évolution de septembre 2010 à octobre 2012 : très fort développement d'espèces compagnes ubiquistes et faible développement des espèces plantées (excepté *Epilobium hirsutum*, masse verte en premier plan à droite) du fait de la xéricité édaphique

naturel, la zone humide ne bénéficie pas d'inondations hivernales qui contiendraient les espèces les moins adaptées.

3.6. Développement des ligneux ; ensemencement des talus

Comme indiqué plus haut, les ligneux sont observés sur le filtre planté de roseaux. Ils sont aussi présents sur les parties hautes des talus de la rivière d'amenée, ainsi que sur le pourtour de la lagune : *Salix alba*, *Alnus glutinosa*, *Salix aurita*, *Salix cinerea*, *Salix sepulcralis* commencent à être envahissants. Sur le plan écologique, ce développement peut amener localement à une fermeture des milieux et donc à une perte de biodiversité. Sur le plan paysager, certains accès et trajectoires de vues peuvent peu à peu être perdus : la gestion du site doit parer à ces deux difficultés.

Sur les talus ensemencés, les six espèces herbacées introduites (*Dactylis glomerata*, *Festuca rubra*, *Lolium perenne*, *Medicago lupulina*, *Medicago sativa*, *Plantago lanceolata*) n'ont pas donné pleine satisfaction, car les plantes ubiquistes y sont 2 ans après parfois majoritaires. Un mélange plus rustique, comportant par exemple un fort pourcentage de *Festuca arundinacea*, aurait probablement été plus efficace.

3.7. Synthèse et perspectives

En ce qui concerne la flore, les héliophytes du pourtour de la lagune se sont bien développées et présentent une diversité intéressante au regard du panel introduit en 2010. En revanche, le reste du site reste encore assez pauvre : les espèces pionnières qui ont rejoint, voire remplacé, les espèces plantées sont assez peu intéressantes, probablement du fait d'apports d'eau encore insuffisants et d'une banque de graine limitée dans l'environnement du site. Toutefois, le site est jeune et les potentialités floristiques pourront augmenter avec le temps et avec des règles de gestion adaptées (partie 4).

Se pose aussi la question des engazonnements initiaux, dont le but est de couvrir le sol soit de manière définitive, soit en attendant que des espèces plus intéressantes prennent le relais. Le mélange initial doit donc tenir compte des conditions hydriques futures et des potentialités offertes par les banques de graine disponibles dans l'environnement du site.

Pour ce qui concerne la faune, il n'y a pas eu à ce stade d'inventaire précis, mais ont d'ores et déjà été

observés des canards col-vert, cygnes, poules d'eau, amphibiens et insectes (demoiselles). Le milieu offre en effet des habitats et refuges attractifs dans un secteur particulièrement urbanisé.

D'un point de vue paysager, on peut considérer que les objectifs sont atteints dans la mesure où le développement luxuriant de la végétation donne au site un aspect agréable et très « naturel ». Toutefois, il faut veiller à contrôler le développement des ligneux non seulement vis-à-vis de cet enjeu paysager, mais aussi pour éviter de laisser se fermer trop de secteurs du site.

4. Incidences sur les stratégies d'entretien

Un ouvrage de ce type est très productif au départ (notamment du fait de la présence d'un sol riche en nutriments), mais cela ne signifie pas que la biomasse continuera à se développer sur un tel rythme. Les végétaux plantés pourront continuer à être concurrencés par d'autres espèces, lesquelles évolueront avec l'augmentation des apports hydriques consécutifs à l'urbanisation. Les règles d'entretien et de gestion doivent en tout cas s'adapter à cette évolution.

4.1. Les enjeux de l'entretien ; les deux premières années

La gestion du végétal s'avère nécessaire afin de pérenniser le système et ses fonctions. Or rappelons que ces dernières sont à la fois :

- hydrauliques (circulation, stockage d'eaux pluviales) ;
- paysagères (esthétique des lieux, itinéraires, axes de vues, diversité des ambiances) ;
- et écologiques (recherche d'un contexte favorable à la biodiversité).

C'est pourquoi la question de l'entretien des ouvrages, et notamment du végétal, a été abordée tout au long de la phase de conception et encore plus au moment où a été validé le projet axé sur la biodiversité.

Les entreprises en charge des travaux ont eu la responsabilité de l'entretien des végétaux pendant 2 ans après la réception. Un entretien soutenu des plantations d'héliophytes durant la première saison végétative a laissé place à un désherbage modéré (une à deux fois par mois). En revanche, les rejets de saules autour de la lagune et dans le filtre planté de roseaux n'ont jamais été arrachés. Les talus ensemencés ont fait l'objet de tontes régulières.

Depuis le mois d'octobre 2012, l'entretien incombe à la collectivité. C'est une opportunité pour opérer des ajustements, de manière à ce que les opérations d'entretien restent en phase avec le développement effectivement observé de la végétation.

4.2. Les évolutions en cours consécutifs au suivi phytoécologique d'octobre 2012

Le diagnostic phytoécologique du site a permis de préciser quelques points et de préconiser quelques adaptations de gestion, tout en conservant le double objectif de parc paysager à vocation écologique.

Au sein d'un ouvrage de gestion des eaux pluviales, le développement du végétal est lié à de nombreux facteurs que l'on peut classer en trois catégories :

- les caractéristiques intrinsèques du support (nature du sol, valeur agronomique, banque de semences dans le sol, qualité et quantité des végétaux plantés) ;
- les facteurs extérieurs (végétation et semences à proximité du site, attractivité du site par les espèces animales - oiseaux - et influence de ces espèces sur la colonisation naturelle du site) ;
- et la gestion de l'ouvrage, notamment hydraulique. Ce dernier point offre une marge de manœuvre incomplètement explorée jusqu'à présent : une gestion

hydraulique adaptée du site pourrait à elle seule résoudre un certain nombre d'obstacles ; une piste de travail serait de favoriser un fonctionnement distinct entre hiver et été :

- la phase transitoire, avant urbanisation complète de la ZAC et donc avant que le volume ruisselé n'atteigne son maximum, permet artificiellement un rehaussement du niveau d'eau. Ainsi, en hiver, une inondation prolongée des berges pourrait inhiber la pousse de nouveaux rejets de saules ;
- en été, retour à un niveau d'eau normal abaissé.

Cette pratique peut d'ailleurs présenter un intérêt pédagogique et paysager puisqu'elle simule le comportement de zones inondables naturelles, avec une situation de crue durant quelques mois, puis un assèchement de certaines berges en été. Toutefois, elle doit rester bien sûr compatible avec le rôle premier de réserve temporaire de stockage destinée au temps de pluie. Dès que les apports hydriques seront suffisants, le rehaussement artificiel sera stoppé, afin de permettre l'expression du rôle premier : la gestion des eaux pluviales urbaines.

Le *tableau I* récapitule quelques éléments clés de la gestion, en surlignant en gras les principales adaptations à l'étude actuellement, notamment la gestion

Objectif	Obstacle	Mode de gestion proposé
Renouvellement d'eau suffisant	Urbanisation encore très partielle	Recirculation de l'eau présente entre la lagune, le filtre planté et la zone humide : cette disposition est en place depuis 2010
Maîtrise du développement algal dans la lagune (enjeu esthétique et écologique)	Présence de nutriments, renouvellement d'eau insuffisant	Faucardage des hydrophytes Assec estival si nécessaire pour minéraliser le phosphore
Richesse floristique centrée sur les héliophytes	Développement d'espèces « rudérales ubiquistes pionnières »	Fauchage sélectif printanier, juste avant la montée en graine des espèces annuelles ou bisannuelles indésirables. Valorisation en fourrage ?
Pérennité hydraulique et épuratoire du filtre planté de roseaux	Concurrence des adventices herbacées et ligneuses (saules)	Gestion végétale : fauche tardive des roseaux Ou : arrachage régulier et fréquent des adventices les deux premières années et des saules ensuite Gestion hydraulique : immersion pendant une période longue (réglage de niveau en sortie)
Accès à l'eau, points de vue, perspectives	Risque de : - développement excessif de ligneux - développement important de la végétation, fermeture du milieu	Fauche des héliophytes (tous les 2 à 3 ans, à 10 cm du sol) ; Coupe des saules (+ valorisation en bois énergie ou bois raméal fragmenté ?) Ou gestion hydraulique comme ci-dessus ; Si nécessaire : dégagement ponctuel de points de vue à l'aide d'une pelle hydraulique
Pérennité de l'étanchéité	Risque lié aux ligneux	Coupe des saules ou gestion hydraulique

Tableau I. Synthèse des principales tâches d'entretien (en gras, les principales adaptations actuellement à l'étude)

hydraulique. Il montre que l'évolution permanente – et rapide – du site et le caractère « plurifonctionnel » de l'ouvrage nécessitent une adaptation des habitudes de gestion et d'entretien. Il ne s'agit pas d'un espace vert « classique » entretenu avec un objectif strictement paysager, ni uniquement d'un ouvrage de ges-

tion des eaux pluviales. Il s'agit des deux à la fois... auxquels s'ajoute l'enjeu écologique. La collectivité est de fait dans une démarche de recrutement et de formation en ce sens, le site de Bezannes ayant constitué un levier, suivi depuis par d'autres projets du même type sur l'agglomération.

Bibliographie

JOST G., GAULMÉ E., RICARD B., LANTHIER S., JAQUINET A. (2010) : « Potentiel écologique d'un ouvrage de rétention et de filtration des eaux pluviales sur une opération de 172 hectares (Reims) ; analyse de la genèse du projet ». *TSM* ; 6 : 48-56 ; et Novatech 2010

CAHC (2009) : Communauté d'agglomération d'Hénin-Carvin, SINBIO – Infra Service – MD Conseils (2009). *Guide pratique sur la gestion des eaux pluviales*.

PORNICHET (2009-2013) : *Parc Paysager du nouvel Hippodrome de Pornichet (44) : préservation de zones humides et valorisation écologique des étiers existants*.

Document de conception et de suivi de travaux du groupement PENA - OUEST'AM - SINBIO

JAQUINET A., LANTHIER S., TORI E., REIMS MÉTROPOLE (2009) : *ZAC de Bezannes, exposé technique – construction du bassin pluvial*.

VETVICKA V. (1985) : *Plantes du bord de l'eau et des prairies*. Paris ; Gründ.

WALTER J.M.N. (2006) : *Méthode du relevé floristique, introduction*. Institut de Botanique – Faculté des Sciences de la Vie – Université Louis Pasteur, Strasbourg.

Résumé

G. JOST, B. RICARD, T. FRAISSE, H. FEVE, S. JUND, A.-C. VEYRAT, C. POINTUD

Ingénierie écologique : évolution de la biodiversité et entretien d'un milieu aquatique artificiel finalisé en 2010, destiné à la gestion d'eaux pluviales urbaines

Le bassin de gestion des eaux pluviales de la ZAC de Bezannes à proximité de Reims a été achevé en mai 2010 avec la volonté partagée par le maître d'ouvrage et les concepteurs de créer un ouvrage plurifonctionnel alliant les objectifs hydrauliques de rétention/traitement/restitution des eaux de ruissellement urbain avec une forte vocation paysagère et écologique. Depuis, les végétaux plantés ont pu se développer, malgré un apport limité d'eaux pluviales, compte tenu de l'évolution progressive de l'urbanisation. L'article s'intéresse à

l'évolution de la diversité floristique dans ce système artificiel en comparant la situation initiale « fin de chantier » et la situation actuelle, afin de déterminer comment les plantes se sont développées, de recenser les nouvelles espèces spontanées et de déterminer leur intérêt écologique. Ce diagnostic permet par ailleurs de proposer à la collectivité de faire évoluer les modalités d'entretien, voire de gestion hydraulique des ouvrages. Il montre enfin l'intérêt d'intégrer dans les projets urbains de ce type une compétence en génie écologique.

Abstract

G. JOST, B. RICARD, T. FRAISSE, H. FEVE, S. JUND, A.-C. VEYRAT, C. POINTUD

Ecological engineering project: flora diversity evolutions, maintenance recommendations of a stormwater management system built in 2010

A stormwater management system of a town planning project near Reims (France) has been built in 2010. It includes an artificial river, a large pond, a vertical flow reed bed filter, and a free water surfaces wetland. As both public authority and designers wanted, this system was designed to combine hydraulics, landscape and ecological purposes. This paper deals with flora diversity

evolutions on site, by comparing initial status and the current situation two years later, and by carrying out which are the most interesting species on an ecological point of view, and which are those that could be limited by an appropriate management. In fact this diagnosis leads us to propose both vegetation and hydraulic management adaptations.



Le traitement des eaux usées domestiques par filtre planté de végétaux, une solution prometteuse pour l'Outre Mer: l'expérimentation Guadeloupéenne

Créé en 2006, l'Office de l'Eau de Guadeloupe (OE971) est un établissement public local à caractère administratif rattaché au Conseil Départemental.

Equivalent pour l'Outre-Mer des Agences de l'Eau du territoire hexagonal, c'est un outil technique et financier qui a vocation à mettre en application selon le principe pollueur payeur les redevances arrêtées par le Comité de Bassin. Ces dernières doivent permettre le financement d'actions et de travaux ayant pour objectif l'amélioration et la préservation de l'environnement, des milieux aquatiques et de la ressource en eau.

Ainsi, des subventions sont attribuées à l'ensemble des maîtres d'ouvrage publics et privés œuvrant dans un souci de gestion durable.

L'Office joue un rôle central en tant qu'organe fédérateur des actions menées dans le cadre de la politique globale de l'eau, définie par le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) et le Schéma Départemental Mixte Eau et Assainissement (SDMEA) dont il assure le suivi de la mise en œuvre.

C'est dans ce cadre que l'Office de l'Eau Guadeloupe est partie prenante du projet Assainissement des eaux usées adaptés au contexte Tropical par Traitement Extensifs utilisant des Végétaux (ATTENTIVE).

Ce projet de recherche est essentiel pour la promotion de filières alternatives en matière d'assainissement car l'un des objectifs est de valider les dimensionnements du Filtre Planté de Végétaux (FPV) dans le contexte tropical.

Une équipe projet qui regroupe, outre l'OE971, l'Office de l'Eau de la Martinique, l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA), l'Institut de Recherche en Science et Technologie pour l'Environnement et l'Agriculture (Irstea), deux collectivités, le Syndicat Intercommunal du Centre et du Sud de la Martinique (SICSM) et la Communauté d'Agglomération du Nord Grande Terre (CANGT), ainsi que l'entreprise COTRAM Assainissement a été constituée.

Le département est pourvu de près de 300 stations d'épuration de faible taille mais le traitement des eaux usées par filtre planté de végétaux peine à s'installer dans le paysage guadeloupéen. Malgré les possibilités d'adaptation du dispositif aux conditions Outre-Mer, les stations d'épurations intensives (micro stations) sont encore légères.

Le traitement des eaux usées était, il y a encore quelques années, une problématique abordée de façon secondaire et les contraintes d'emprise ont imposé une compacité des systèmes épuratoires.

Cela a abouti à l'installation de dispositifs de type boues activées ou bio disques sur des projets de 20 à 500 EH pour la majorité.

Cependant, les contrôles opérés en 2014 sur certaines installations révèlent des dysfonctionnements récurrents dus à plusieurs facteurs (choix technologiques inadaptés, absence d'entretien, coût de la maintenance etc...).

Les technologies extensives comme les Filtres Plantés de Végétaux (FPV) réputées pour leur robustesse et leur simplicité d'exploitation, permettraient donc de s'affranchir d'une partie des pro-

blèmes que rencontre l'assainissement localement. Pour autant et malgré un développement exponentiel dans l'hexagone ces dernières années, les FPV n'ont pas émergé en Guadeloupe.

Des sites pilotes pour expérimenter

Outre-Mer, les applications concernant les filtres plantés sont prometteuses : les fortes températures augmentent l'activité bactérienne ce qui permet de réduire les surfaces des stations en maintenant d'excellentes performances (Molle et al., 2015). Les applications dépassent largement les eaux usées et pourraient être utilisées pour traiter des boues et des matières de vidange, ainsi que des eaux pluviales.

Dans le cadre d'ATTENTIVE, quatre sites pilotes ont été retenus :

- Deux stations d'épuration en Martinique (Mansarde et Taupinière),



Station d'épuration de Mansarde Ransée - La François (Martinique) 24/02/2014



Station d'épuration Le Diamant - Taupinière (Martinique) 24/02/2014

- Un dispositif expérimental sous serre est en place à Villeurbanne, dans la banlieue lyonnaise,
- Une installation en cours d'implantation en Guadeloupe (Petit-Canal). La CANGT, maître d'ouvrage, intègre sa démarche dans un projet de développement durable.

Un dimensionnement à adapter : l'exemple de la Guadeloupe

L'exemple en cours du site de la Guadeloupe est le résultat d'échanges fructueux permettant de concilier plusieurs enjeux : le caractère expérimental, l'adaptation aux contraintes locales et les délais restreints.

Le projet a surmonté les contraintes bien qu'elles étaient de taille. En effet, la construction de l'installation impose de disposer de compétences spécifiques ainsi que de matériaux et d'équipements spéciaux qui ne sont pas pour l'heure disponibles localement. La promotion de la filière FVP va de pair avec le développement d'un savoir faire régional et l'usage de matériaux locaux, autre enjeu du projet ATTENTIVE.

Situé en aval d'une nouvelle école primaire, le FPV de Petit Canal, entre dans une démarche pédagogique voulue par la CANGT, qui s'intègre parfaitement dans celle visée par le projet ATTENTIVE. Le dispositif sera un véritable outil de promotion de la filière FPV localement, s'adressant, entre autre, aux différents acteurs de l'aménagement durable du territoire. Et pour ce faire, l'intégration paysagère sera soignée. La station devrait être livrée en septembre 2015.

Le dispositif sera installé pour traiter 120 EH sur un unique étage, avec 0,8 m² / EH. L'alimentation des lits se fera par un siphon auto-amorçant avec un dégrilleur intégré. L'étage de traitement sera pourvu de deux casiers isolés et étanchés, alimentés par deux points d'injection. Ces casiers seront composés d'une couche non saturée en surface de 40 cm pour l'un et 80 cm pour l'autre, et d'un fond saturé de 50 à 60 cm. Ils seront dotés d'une zone anoxique permettant d'augmenter les performances du système par le traitement des nitrates, mais également de retenir les matières en suspension décantées. Cette partie basse nécessite de disposer d'un regard pour la purge annuelle.

L'étanchéité du système (géo membrane EPDM de 1.14 mm), ainsi que les équipements préfabriqués (siphon auto-amorçant, etc.) sont importés. Les granulats en 2/4 et 2/6 mm, non disponibles actuellement en Guadeloupe, nécessitent d'établir des partenariats avec les carriers. Certains équipements seront maçonnés (regard de purge, etc.), au vu des aménagements qu'ils nécessitent. Enfin, les plantes tropicales retenues sont le fruit d'une étude menée en partenariat avec les structures Outre Mer compétentes en botanique (Guadeloupe, Martinique, Mayotte et Guyane).

L'aération du filtre sera renforcée par des drains d'aération intermédiaires positionnés tous les 40 cm dans les premières épaisseurs de chaque casier. Au vu des performances de la filière et des niveaux de rejets imposés, les eaux épurées seront rejetées au milieu naturel via le collecteur d'eaux pluviales.

L'objectif affiché par les partenaires de cette expérimentation « ATTENTIVE » est de valider un dimensionnement adapté aux zones tropicales (0,8 m²/EH).

Un suivi renforcé

Le dispositif sera sous double surveillance : en parallèle de l'exploitation courante, l'Office de l'Eau Guadeloupe assurera le suivi expérimental en réalisant des mesures et des prélèvements d'eaux. Une centrale d'acquisition installée sur site permettra de suivre les données climatiques, le fonctionnement du poste, ainsi que le nombre de bâchées pour les besoins de l'expérimentation. Cependant, le système pourra aussi fonctionner en mode manuel, sans aucun besoin d'énergie. Les données collectées et bancarisées seront analysées par Irstea.

Basé sur une démarche partenariale, le projet ATTENTIVE prévoit l'élaboration d'un guide de dimensionnement Outre Mer des FPV. Ce dernier permettra, à coup sûr, l'émergence de cette technique de traitement particulièrement adaptée aux conditions insulaires.

Référence : P. MOLLE, C. EME, R. LOMBARD-LATUNE, L. MANGEOT, C. RIEGEL, G. LACOMBE, B. LE GUENNEC, C. LACOUR (2015) Adaptation de la filière filtres plantés pour l'assainissement des petites et moyennes collectivités des Départements d'Outre Mer. TSM.

Contact

Hugues.delannay@office-eauguadeloupe.fr
05 90 80 96 45