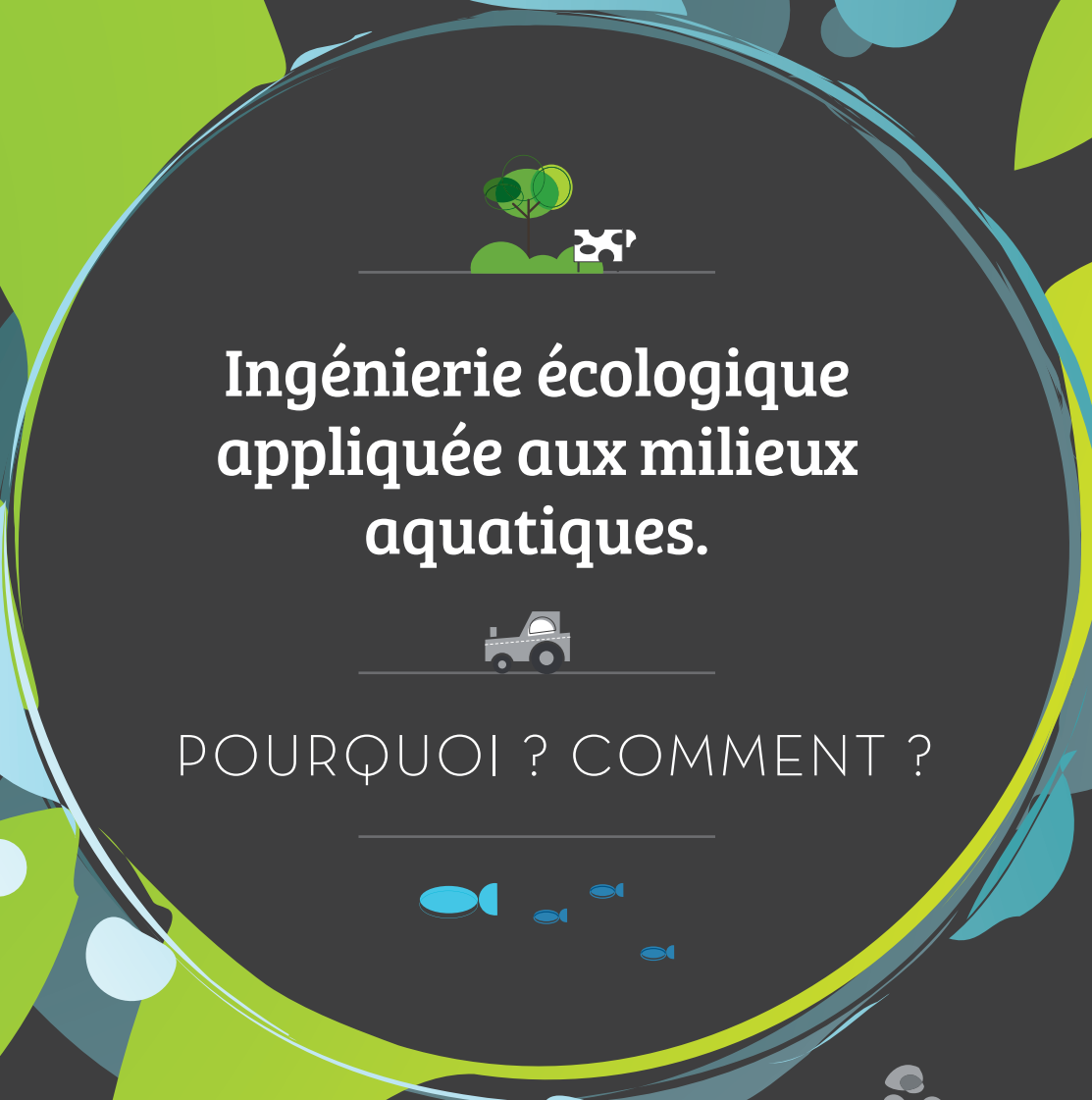


Ouvrage collectif piloté
par l'ASTEE sous la
coordination
de Bernard Chocat



Ingénierie écologique
appliquée aux milieux
aquatiques.

POURQUOI ? COMMENT ?



Décembre 2013

3. LES PREMIERS RÉSULTATS OBTENUS

Les résultats montrent un bon abattement de la DCO pour tous les pilotes, liés essentiellement à la rétention des MES (90 % des particules > 15 µm, quel que soit le matériau filtrant) dans le substrat. À partir des charges > 10 g N-NH₄ m⁻² h⁻¹, il y a une forte différenciation des performances sur l'ammonium. Les rendements dépassent 95 % pour le meilleur matériau.

Les mesures d'entretien nécessaires seront à évaluer sur le site à taille réelle. Pour le moment, il n'y a pas assez de recul pour les définir même si un retrait des espèces non désirées et un entretien des canalisations est déjà à prévoir.

Rôles des différents partenaires scientifiques

- IRSTEA
 - o Coordination du projet
 - o Suivi expérimental et modélisation des systèmes
- INSA Valor, LGCIE ((Laboratoire de Génie Civil et ingénierie environnementale)
 - o Modélisation couple réseau/filtres
 - o Acceptation sociale
- Grand Lyon
 - o Maître d'œuvre/maître d'ouvrage
- Epur Nature, SINT (société d'ingénierie nature et technique)
 - o Construction pilotes
 - o Faisabilité du transfert industriel
- GRAIE
 - o Animation - Valorisation scientifique

4. QUELLES PERSPECTIVES APRÈS 21013 ?

Un guide a été publié en Octobre 2013 et la construction d'un nouveau site est prévue pour 2014. Les expérimentations du programme SEGTEUP sont poursuivies sur le site de Marcy l'Etoile dans le cadre du programme ADEPTE (Aide au dimensionnement pour la gestion des Eaux Pluviales par Traitement Extensif). Ce projet fait partie des projets innovants retenus dans le domaine de l'ingénierie écologique dans le cadre de la Stratégie National pour la Biodiversité 2011-2020. Ce projet prévoit le développement d'un logiciel, complété par un guide d'aide à la conception-exploitation, à destination des acteurs économiques et des collectivités confrontés au choix d'ouvrage de gestion quantitative et qualitative de l'assainissement pluvial en milieu urbain.

GOVERNANCE

Maître d'ouvrage: Grand Lyon
Assistance à maîtrise d'ouvrage : IRSTEA
Maître d'œuvre: Site pilote : Epur Natur / Site taille réelle : SINT
Coût total: 2 700 000 € HT
Financement:
 ANR (Programme PRECODD) : 873 000 € HT
 Grand Lyon : 640 000 € HT
 IRSTEA : 150 000 € HT
 INSA : 465 000 € HT
 SINT : 67 000 € HT
 Epur Natur : 426 000 € HT

CONCORDANCE DES OBJECTIFS DU PROJET EN FONCTION DE LA DÉFINITION DE L'INGÉNIERIE ÉCOLOGIQUE DONNÉE AU CHAPITRE 1

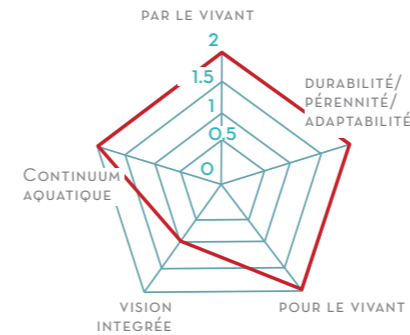


FIGURE 92



SITUATION GÉOGRAPHIQUE :

LIEU: MAYOTTE
 COMMUNE : CHIRONGUI,
 VILLAGE DE MALAMANI

FICHE

4

Mangroves et bioremédiation à Mayotte

1. BREF RAPPEL DU CONTEXTE DE L'ASSAINISSEMENT À MAYOTTE

À Mayotte, la compétence sur l'assainissement est exercée depuis 1998 par le Syndicat Intercommunal d'Eau et d'Assainissement de Mayotte (SIEAM) en lieu et place des communes de l'Archipel. Cependant, Mayotte connaît des difficultés pour le traitement de ses eaux usées, en particulier les eaux usées domestiques en raison de l'explosion démographique (plus forte densité de France avec 570 hab/km²) et des problèmes économiques, techniques et environnementaux qui en découlent. De nombreux villages restent à assainir car les systèmes de traitement sont aujourd'hui déficients : manque de stations d'épuration, dysfonctionnement des stations existantes, problèmes de raccordement des habitations au réseau, etc. . De plus, les méthodes conventionnelles de traitement des eaux usées sont particulièrement coûteuses et difficiles à mettre en œuvre dans un contexte tropical insulaire, éloigné de la métropole. La réalisation d'un schéma directeur d'assainissement sur l'île est donc problématique.

Aujourd'hui, une grande partie des eaux usées de Mayotte s'écoule librement dans l'immense lagon qui l'entoure, environnement riche en biodiversité et fragile, sans réel traitement préalable. La première démarche de protection de l'île et de son lagon consiste donc à traiter les eaux usées de manière efficace, afin de préserver durablement la qualité des eaux du lagon et de l'écosystème dans sa globalité. Parallèlement à l'amélioration des stations d'épuration classiques (STEP), le SIEAM étudie depuis plusieurs années la mise en place de techniques de traitement des eaux usées domestiques dites alternatives ou extensives, considérées comme plus adaptées au contexte mahorais: lagunage, filtre planté, biodisque. C'est dans ce cadre qu'en collaboration avec le laboratoire ECOLAB (CNRS et Université de Toulouse), un projet pilote d'assainissement basé sur les capacités épuratrices de la mangrove a été mis en place fin 2006.

OBJECTIFS DU PROJET

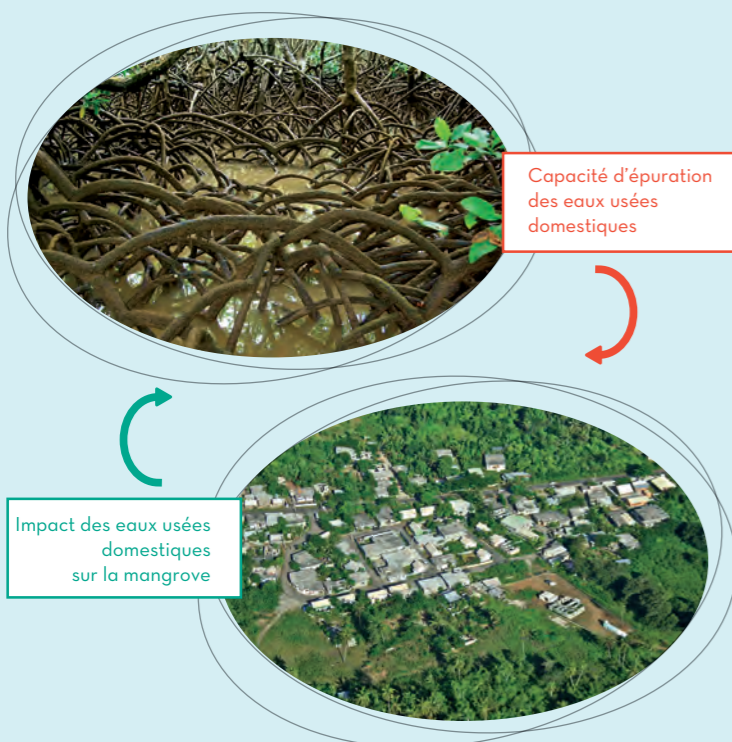


FIGURE 93

Ce projet avait un double but :

- Evaluer les capacités épuratrices de la mangrove de Mayotte vis-à-vis d'eaux usées domestiques prétraitées
- Etudier l'impact de ces eaux usées sur l'écosystème mangrove dans son ensemble.

2. PRÉSENTATION DU DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Le site de Malamani a été choisi conjointement par le SIEAM et le CNRS pour le déroulement de l'expérimentation, pour les raisons suivantes :

- Un lotissement était en cours de mise en place au début du projet dans le cadre d'un plan RHI (Résorption de l'Habitat Insalubre),
- Aucun dispositif d'assainissement classique n'était prévu dans ce cadre
- Une mangrove se développe directement en aval du village
- La taille prévue du lotissement permettait d'envisager une unité de traitement de taille raisonnable, compatible avec une expérimentation-pilote (400 équivalents-habitants)
- Par ailleurs, seules des eaux usées domestiques issues du lotissement sont considérées, aucune pollution d'ordre industrielle ou agricole n'étant a priori présente dans le secteur.

Dans un premier temps, un état initial du milieu a été réalisé (2006 - 2008) sous la forme d'une étude structurale et fonctionnelle de la mangrove prenant en compte les quatre compartiments indissociables de cet écosystème : végétation, sédiment, eau, faune (crabes). Sur le site, 4 parcelles de 675 m² chacune ont été délimitées pour l'expérimentation : 2 parcelles recevant les eaux usées dans 2 faciès distincts de la mangrove, respectivement dominées par les palétuviers *Cerriops tagal* (partie amont de la mangrove) et *Rhizophora mucronata* (partie centrale), et 2 parcelles témoins équivalentes. Une cinquième parcelle a été mise en place dans un deuxième temps, destinée à recevoir les excédents d'eaux usées importants en saisons des pluies.



REPRÉSENTATION DU DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL DE MALAMANI



FIGURE 94

Le traitement des eaux usées se réalise en 2 étapes :

- le traitement primaire, en décanteur-digester
- le traitement secondaire, en mangrove

UNITÉ DE TRAITEMENT PRIMAIRE



FIGURE 95

1. L'unité de traitement primaire

En aval du lotissement de Malamani, un poste de relevage assure le pompage des eaux brutes provenant du réseau de collecte vers l'unité de traitement, La cuve de réception régule le flux des eaux entrant dans le décanteur, par écoulement laminaire (cuve bleue sur la photo). Les sédiments en suspension se déposent sur un système de lames et s'écoulent vers le décanteur-digester sous forme de boues liquides, puis sont traités par digestion anaérobie. Les boues primaires produites sont évacuées manuellement 2 fois par an et traitées par séchage et compactage. Les effluents décantés sont stockés dans un bassin tampon (cuve blanche), avant le transfert vers la mangrove par un système de canalisation.

2. Traitement secondaire

Les eaux usées prétraitées sont conduites en mangrove une fois par 24 heures, soit toutes les 2 marées basses afin d'éviter une saturation trop rapide du milieu. Elles sont rejetées dans les parcelles au moyen de tuyaux perforés, par aspersion lente, afin de favoriser l'infiltration dans le sédiment. La dynamique des rejets est programmée sur une année en fonction du régime des marées (systèmes de débitmètres, pompes, vannes, tableaux de contrôle). Chaque parcelle reçoit 10m³ d'eaux usées par 24 heures, l'excédent - important en saison des pluies - étant rejeté dans la 5e parcelle.

PARCELLE IMPACTÉE À RHIZOPHORA, MARÉE HAUTE



FIGURE 96

Les eaux usées sont conduites en mangrove par un réseau aérien de tuyaux (au-dessus du niveau des marées les plus hautes), percés de trous tous les 2 mètres dans les parcelles d'étude. Les eaux usées y sont rejetées à marée basse, à raison de 10m³ par 24 heures. Surface d'une parcelle: 675 m².

SUIVIS ET RÉSULTATS

Les différents compartiments de l'écosystème mangrove ont été suivis dans cette expérimentation, en partie dans le cadre d'une thèse intitulée : Evaluation des capacités bioremédiatrices d'un mangrove impactée par des eaux usées domestiques. Application au site de Malamani, Mayotte. (M. Herteman 2010, ECOLAB Toulouse). La dimension sociologique des changements d'usage par la population a également été étudiée dans le cadre d'un projet spécifique associé (GET Toulouse).

Rôle des crabes et bioturbation :

Les sols vaseux des mangroves ont une perméabilité très faible, voir nulle. C'est essentiellement grâce aux terriers de crabes que les eaux de surface peuvent s'infiltrer. Les suivis réalisés ont consisté à :

- caractériser la macro-porosité du sédiment par le biais de moulages en résine des terriers de crabes, dans les différents faciès de végétation afin d'obtenir la profondeur, le volume et la longueur des galeries,
- réaliser des inventaires des crabes présents en mangrove pour caractériser leur diversité, leur densité, ainsi que la densité des terriers.

Dans les faciès impactés, on observe une modification progressive de la structure de la communauté de crabes par rapport aux faciès témoins équivalents : les effectifs de certaines espèces diminuent, alors que d'autres augmentent, la densité des terriers semble aussi diminuer, ces différentes modifications étant variables selon les faciès de mangrove. En parallèle, la litière accumulée au sol est plus importante dans le faciès impacté à Rhizophora. Une fermeture de la canopée par augmentation de la biomasse foliaire (voir ci-dessous), une diminution de la salinité des eaux de surface due aux apports d'eaux usées ou éventuellement l'apport de nutriments excédentaires peuvent être à l'origine de cette modification dans les communautés de crabes.

Impacts sur la végétation : quantification du gain de croissance des palétuviers :

Dans les parcelles impactées par les eaux usées, il a été observé :

- une augmentation significative de l'efficacité photosynthétique des palétuviers (mesures in situ d'échanges gazeux) ;
- une augmentation significative de la concentration en pigment chlorophylliens ;
- une augmentation des surfaces foliaires et de la croissance des rameaux,
- une augmentation de la productivité (mesures en continu des chutes de litières depuis le début de l'expérimentation),
- une fermeture progressive de la canopée.

MOULAGE EN RÉSINE

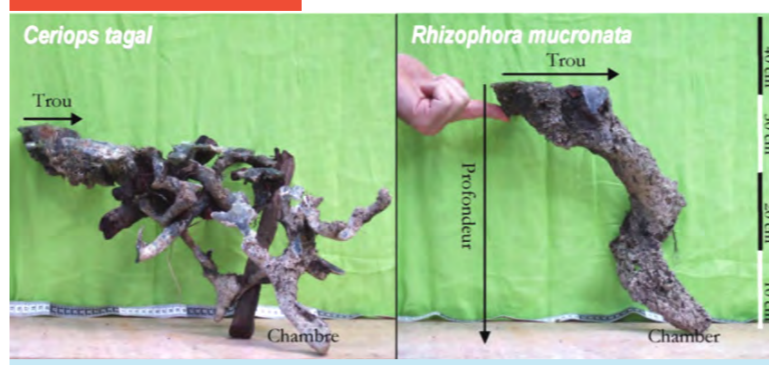


FIGURE 97

L'ensemble de ces résultats révèle clairement une augmentation de croissance de la mangrove. Les parcelles impactées sont ainsi parfaitement visibles en vue aérienne, marquées par une coloration vert foncé qui se distingue de la couleur vert plus clair de la végétation témoin.

Par ailleurs, des expérimentations utilisant de l'azote marqué N15 ont permis de démontrer que les eaux usées, après infiltration dans le sédiment, étaient au moins en partie absorbées par la végétation et l'azote utilisé par les palétuviers. Dans la configuration actuelle du système, on évalue à 50% le taux de rétention par la végétation de l'azote excédentaire apportée par les eaux usées.

D'autre part, des expérimentations récentes in situ et en laboratoire, ont démontré que le phosphore excédentaire est fixé dans les horizons moyens des sédiments, et ne circule pas dans la nappe.

PHOTO AÉRIENNE DU SITE D'ÉTUDE. EN VERT FONCÉ, L'EMPLACEMENT DES PARCELLES IMPACTÉES.



FIGURE 98

Les principaux résultats de cette expérience pilote, aujourd'hui toujours en cours, montrent que :

- les processus de nitrification/dénitrification sont actifs en mangrove mais variables selon les faciès de végétation
- le rôle des crabes, par le biais de la bioturbation qu'ils provoquent, est essentiel dans le développement de ces processus, ainsi que dans l'efficacité de l'infiltration des eaux dans le sédiment
- les eaux usées sont au moins en partie absorbées par la végétation de la mangrove (palétuviers) qui réagit par une croissance accrue et une augmentation de sa productivité
- l'apport des eaux usées engendre cependant des modifications dans l'assemblage des communautés de crabes, et induit par ailleurs un stockage du phosphore dans le sédiment.

Le suivi de la dynamique des communautés de crabes, de la productivité de la végétation, et des caractéristiques hydriques des parcelles témoins et impactées se poursuit aujourd'hui, de même que des analyses régulières des populations bactériennes pathogènes (E. coli notamment) dans l'ensemble du système. Se développe également l'étude du compartiment microbien et des biofilms algaux (biodiversité, biomasse, perturbations apportées par les eaux usées, implications dans le cycle de l'azote). Dans un deuxième temps sont envisagées l'étude écophysiological et écotoxicologique des populations de crabes, et une analyse plus large des communautés macrobenthiques. Enfin, une optimisation des processus de prétraitement dans et en sortie du décanteur est en cours d'étude, notamment pour agir sur la forme et la quantité des composés azotés avant leur rejet en mangrove.

DIMENSION SOCIOLOGIQUE DES CHANGEMENTS D'USAGE PAR LA POPULATION

Cette étude a été réalisée dans le cadre d'une thèse intitulée : « Vulnérabilité sociale face au risque de pollution de l'eau et politique d'assainissement en contexte insulaire: la problématique mahoraise » (A. Sturma, GET Toulouse).

Un travail d'enquêtes sociologiques a ainsi été mené auprès de 33 familles de Malamani, interviewées au début du projet puis à T + 6 mois et T + 18 mois, afin de mesurer les impacts de l'accès au dispositif d'assainissement dans leur vie quotidienne et sur leurs usages et leurs représentations des mangroves.

En première analyse, l'enquête montre la diversité des modes d'habitat dans le village et la disparité des situations sociales et des niveaux de vie des habitants. Une forte mobilité sociale dans l'occupation des logements raccordés a aussi été observée. Ce contexte peut expliquer la variabilité du volume d'effluents qui arrive sur les parcelles expérimentales, et implique une capacité contributive très hétérogène des ménages pour s'acquitter du prix de l'assainissement.

L'acceptation sociale du dispositif d'assainissement semble davantage liée à l'amélioration du confort de vie, qu'à des considérations sanitaires ou environnementales. Les représentations sociales de la mangrove sont plutôt négatives: c'est un milieu rarement fréquenté par les habitants du lotissement, jugé inintéressant et dangereux, loin d'être un espace devant être valorisé et protégé.

APPLICABILITÉ

Cette étude, débutée en 2007 et aujourd'hui toujours en cours a donc consisté d'une part à déterminer l'efficacité du traitement d'eaux usées domestiques par la mangrove, d'autre part à analyser l'impact de ces eaux usées sur l'ensemble de l'écosystème. Pour le premier point, on note un abattement important de la

pollution des eaux (MES, DBO,...) dès la sortie du décanteur et une absorption de 50% de l'azote excédentaire par la mangrove, le phosphore restant lui fixé au substrat. Concernant la mangrove, une modification de la structure de l'écosystème est constatée (fermeture de la canopée, croissance accrue, modifications des communautés de crabes), sans perturbation fonctionnelle majeure de ses différents compartiments. Il faut s'assurer cependant de son évolution sur un plus long terme.

Un passage à un mode de traitement opérationnel pourrait alors être envisagé sachant que, comme pour tout processus de traitement des eaux, un suivi rigoureux du système est à assurer. Une mise en place de ce mode de traitement pourrait être envisagée dans d'autres mangroves à Mayotte, voire dans d'autres régions tropicales côtières ou insulaires. Il n'est pas envisageable cependant d'appliquer ce type de traitement pour des volumes d'eaux usées beaucoup plus importants, ainsi qu'à des eaux usées non domestiques.

De même, les changements d'usage sociétal de l'accès à l'eau courante et de son épuration doivent être réévalués et adaptés dans chaque nouvelle localité. Même à quelques km de Malamani, les us et coutumes peuvent changer rapidement en fonction de l'origine et de la proportion des habitants (Mahorais, Malgaches, Comoriens, Métropolitains...).

POUR EN SAVOIR PLUS

F. Fromard, ECOLAB CNRS Toulouse,
francois.fromard@univ-tlse3.fr

C. Riegel ; SIEAM Mayotte christophe.riegel@sieam.fr

GOVERNANCE

Partenariat: CNRS-SIEAM

Comité de Pilotage constitué de représentants de la DEAL, du Conservatoire du Littoral et des Rivages Lacustres, de la Préfecture de Mayotte, du Conseil Général, de la DASS, le bureau d'études ESPACE, du Parc Marin Naturel de Mayotte, des communes concernées et d'associations mahoraises de protection de l'environnement.

Propriétaire du site : Conservatoire du Littoral

Coût global du projet: 470 k€, dont part recherche 158k€ (hors bourse ANRT)

Financeurs :

SIEAM, ONEMA, MEDDT

CNRS : programme Ingénierie écologique INEE-CNRS (60k€), laboratoire ECOLAB,

ANRT : co-financement d'une allocation de recherche CIFRE en partenariat avec le SIEAM.

CONCORDANCE DES OBJECTIFS DU PROJET EN FONCTION DE LA DÉFINITION DE L'INGÉNIERIE ÉCOLOGIQUE DONNÉE AU CHAPITRE 1

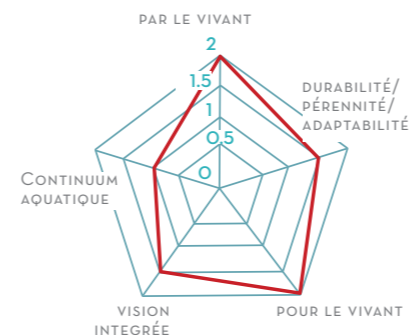


FIGURE 99



SITUATION GÉOGRAPHIQUE :

BASSIN: RHÔNE MÉDITERRANÉE CORSE
 RÉGION: LANGUEDOC ROUSSILLON
 DÉPARTEMENT: HÉRAULT
 COMMUNE: SAINT-JUST

FICHE

5

Création d'habitats humides en sortie de STEP pour le traitement des polluants émergents

Pour répondre à la problématique des polluants émergents (produits pharmaceutiques, cosmétiques, solvants, pesticides etc.) et de leur dérivés de dégradation dans l'eau, la Lyonnaise des Eaux a conçu une zone de « liberté biologique et de lutte contre les polluants émergents » appelée aussi « zone Libellule ». L'objectif était d'associer différents milieux humides pour affiner le traitement des eaux usées rejetées dans le milieu. A l'heure actuelle, la réglementation n'impose rien en matière de traitement des polluants émergents. Cependant, la Lyonnaise des Eaux a souhaité tester l'efficacité de la biodiversité de ces différents habitats pour le traitement des micropolluants anticipant ainsi une modification de la réglementation en vigueur.

Lors du renouvellement de la station d'épuration de Saint Just en 2009, la collectivité avait prévu d'installer une bamboueraie sur une superficie de 3 000m², à l'aval de la station, mais elle a finalement accepté l'installation par Lyonnaise des Eaux de son nouveau concept de zone de rejet végétalisée sur 1.5 ha.

1. LA ZONE DE REJET VÉGÉTALISÉE

1.1. Fonctionnement de la zone de rejet végétalisée

La STEP d'une capacité de 5000 EH reçoit les effluents des communes de Saint-Just (34) et de Saint-Nazaire de Pézan (34). Après traitement, les eaux sont rejetées dans la zone Libellule. L'eau circule ensuite à travers différents types de milieux humides (7 au total) plus ou moins profonds, plus ou moins méandriques, qui se succèdent. La variabilité des vitesses d'écoulement, des profondeurs d'eau et des espèces présentes doivent permettre d'améliorer le traitement de l'eau, de renforcer la

biodiversité locale et de créer une zone tampon entre la station d'épuration et le milieu naturel. Les rejets en sortie de STEP étant conformes aux normes de rejet, le sol n'a pas été imperméabilisé

1.2. Réalisation de la zone de rejet végétalisée

Pour créer les différents habitats, il a fallu inverser les pentes pour faire couler l'eau dans le sens souhaité. Le site a été pré planté avec un total de 7000 plants représentant 35 espèces différentes. Ces différentes espèces locales ont été choisies pour leurs capacités naturelles à absorber certains polluants.

SCHÉMA DE LA ZONE LIBELLULE

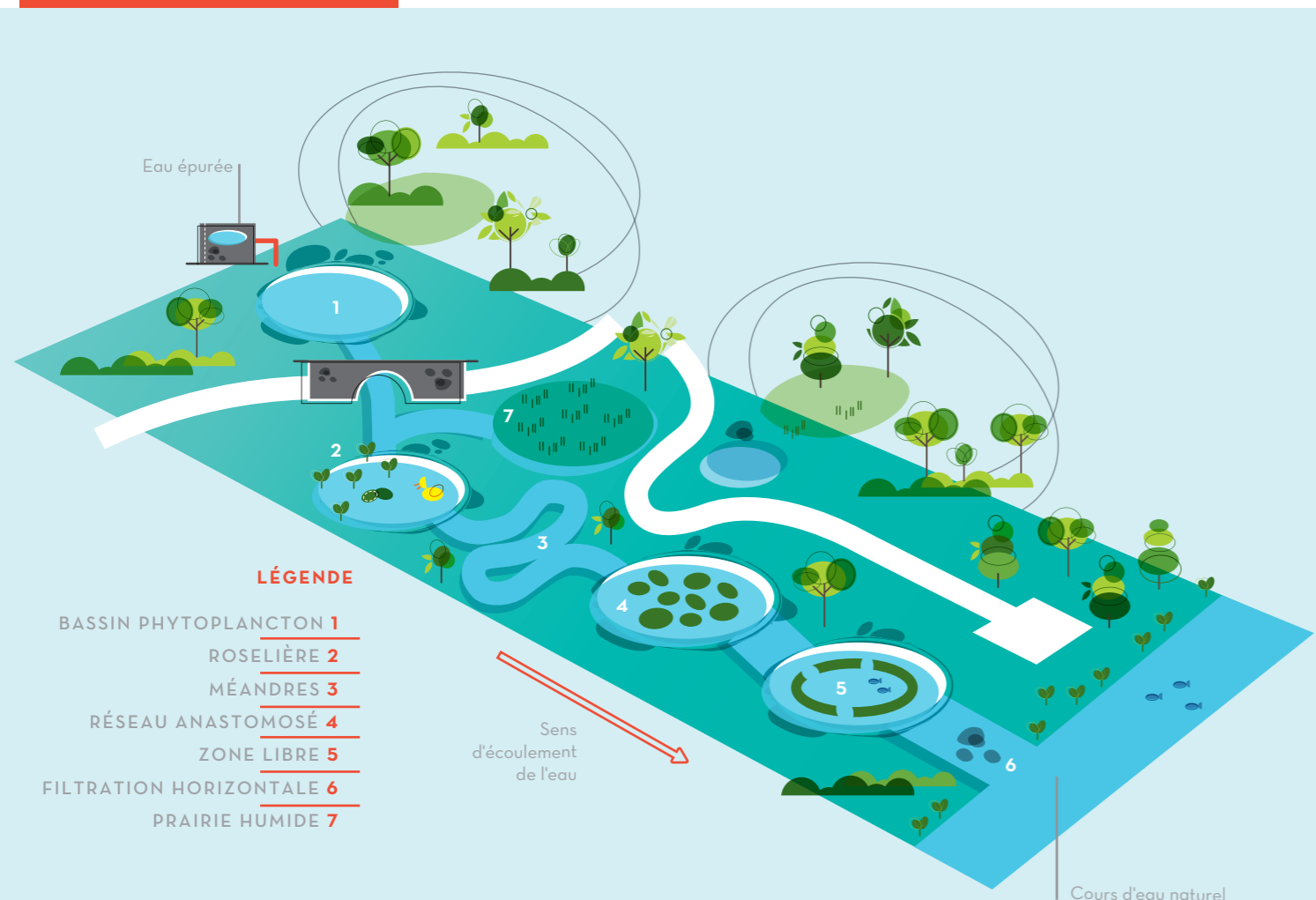


FIGURE 100

LYONNAISE DES EAUX

VUE DES MÉANDRES ET DE LA ZONE DELTA DE LA ZONE LIBELLULE



FIGURE 101

LYONNAISE DES EAUX

VUE DE L'ÉTANG DE LA ZONE LIBELLULE



FIGURE 102

LYONNAISE DES EAUX

2. LE SUIVI SCIENTIFIQUE

L'objectif de l'étude scientifique, qui a duré 3 ans, était d'évaluer la capacité de traitement complémentaire de la zone de rejet végétalisée et d'apprécier l'intérêt environnemental sur le patrimoine naturel local.

Plus de 30 protocoles expérimentaux ont été développés pour le suivi de cette zone de rejet végétalisée, allant du suivi photographique au traçage par terre rare, en passant par le suivi du développement de la biomasse, des pertes de charges végétales, ou encore des orthoptères et des odonates...

Plus de 800 paramètres ont été mesurés pendant 3 années et plus de 6,5 millions de données collectées, dans des domaines très différents comme :

- la météorologie : vent, température, ensoleillement,...
- l'écologie : flore, faune et microfaune,...
- la qualité de l'eau : physico-chimie, micropolluants, bactériologie,...

3. MESURES D'ENTRETIEN DIFFÉRENCIÉ

Le site a été entretenu régulièrement pour conserver son fonctionnement hydraulique. En effet, le développement excessif de certaines plantes a entraîné la formation de bouchons hydrauliques. De même, des actions ont été menées contre les plantes invasives qui se sont installées sur le site. Enfin, une fauche tardive a été réalisée tous les ans en préservant le cycle de

floraison et de pollinisation.

Trois types de mesures d'entretien ont été mises en place :

- ponctuelles : ex. lutte contre les invasifs ;
- routinières : ex. désherbage localisé, fauchage tardif ;
- sur intervention : ex. le retrait de bouchons hydrauliques.

4. RÉSULTATS

4.1. Micropolluants

Quinze campagnes de mesures ont été réalisées sur la période 2009-2012. Les mesures ont été faites en entrée et en sortie de la zone Libellule et elles ont permis d'établir les constats suivants :

- les concentrations en micropolluants rejetés par la station d'épuration, qui ne reçoit que des effluents domestiques, sont relativement faibles ;
- en moyenne, 195 molécules ont été décelées en entrée sur 317 recherchées soit 61.5%.
- des effets majeurs ont été constatés sur des perturbateurs endocriniens comme les alkyl phénols issus des résidus de détergents, sur des médicaments comme les antibiotiques, le Diclofénac, le Naproxène, ou encore certains pesticides, avec des réductions de plus de 80% en concentration dans l'eau ;
- 81 % des molécules quantifiées ont été éliminées significativement (> 30%), dont plus de la moitié à plus de 70 % d'abattement.

Globalement, en tenant compte de l'ensemble des flux hydrauliques (alimentation, évaporation, infiltration, rejet), la Zone Libellule permet de réduire de plus de 80% le flux de molécules rejetées à la rivière, notamment sur les micropolluants.

CONCENTRATION EN MICROPOLLUANTS DÉCELÉS (>10NG/L) EN ENTRÉE (A) ET EN SORTIE (B) DE ZONE LIBELLULE POUR LES 15 CAMPAGNES 2010-2012

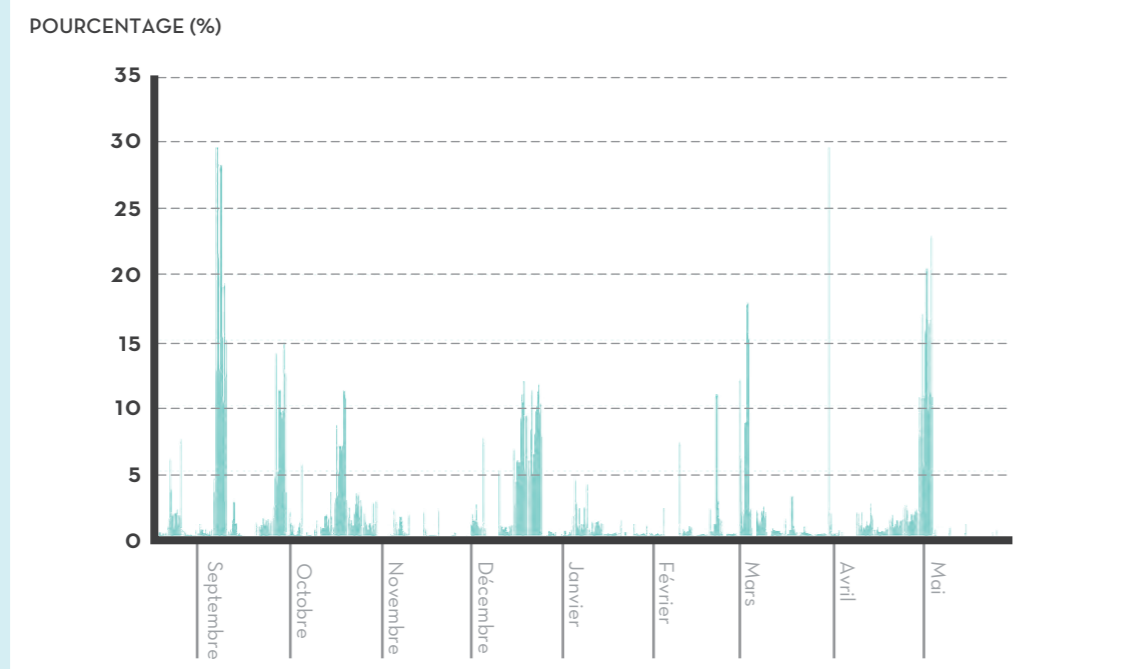


FIGURE 103

LYONNAISE DES EAUX

4.2. Végétation

Au bout de 3 ans, environ 143 espèces aquatiques et terrestres ont été inventoriées, parmi lesquelles toutes les espèces plantées initialement ont été retrouvées, sauf 2.

4.3. Qualité physico-chimique

Une amélioration globale a été observée tant sur la qualité de l'eau au niveau physico-chimique (oxygène, température, potentiel d'oxydo-réduction), que sur la diminution des taux de nutriments comme l'azote. L'abattement bactériologique permet d'approcher le niveau « eaux de baignade ».

Qualité de l'eau en entrée de la zone Libellule (moyenne)

Pt (Phosphore total) = 0.7 mg/l

DCO (Demande Chimique en Oxygène) = 23 mg/l

NGL (azote global) = 4.4 mg/l

Somme de la moyenne des concentrations des 58 micropolluants quantifiés > 10 ng/l = 18,7 ·g/l

Qualité de l'eau en sortie de la zone Libellule (moyenne)

Pt (Phosphore total) = 0.3 mg/l

DCO (Demande Chimique en Oxygène) = 17 mg/l

5. VALORISATION

Le site est fermé au public. Cependant, 2 200 personnes sont venues le visiter en 3 ans, notamment des collectivités et associations environnementales locales. Le site a été un support pédagogique pour environ 1200 élèves.

Ce type d'aménagement peut également contribuer aux trames vertes et bleues du Grenelle de l'environnement. Il peut aussi s'inscrire en cohérence avec les agendas 21 et les Schémas Directeurs d'Aménagement et de la Gestion des Eaux (SDAGE).

6. ET APRÈS L'EXPÉRIMENTATION ?

6.1. La commune

Après les 3 ans d'expérimentation, le Sivom de la Palus a souhaité maintenir la zone libellule en pleine activité et a mis en place le financement de son exploitation durable.

6.2. La Lyonnaise des eaux

Suite à ce projet, la Lyonnaise des eaux souhaite travailler sur une politique plus large de zone de rejet végétalisée pour répondre à des objectifs variés comme celui du traitement des rejets en sortie de STEP, des eaux pluviales, des zones tampons sur bassin versant, ou encore des problématiques de zéro rejet.

Le projet ZHART (Zones Humides Artificielles) a démarré à l'automne 2012. Il fait suite au projet Zone Libellule et il réunit des acteurs avec des compétences multiples (hydraulique, toxicologie, écologie...). Son objectif est de mieux comprendre le fonctionnement et la conception des zones de rejet végétalisée pour en assurer un développement industriel. En effet, le projet ZHART a pour but de développer et d'industrialiser l'aménagement de zones de rejet végétalisées (ZRV) en sortie de stations d'épuration (STEP). Pour cela, des études seront menées sur 6 sites expérimentaux pendant une durée de 28 mois.

SCHÉMA D'UNE ZONE DE REJET VÉGÉTALISÉE

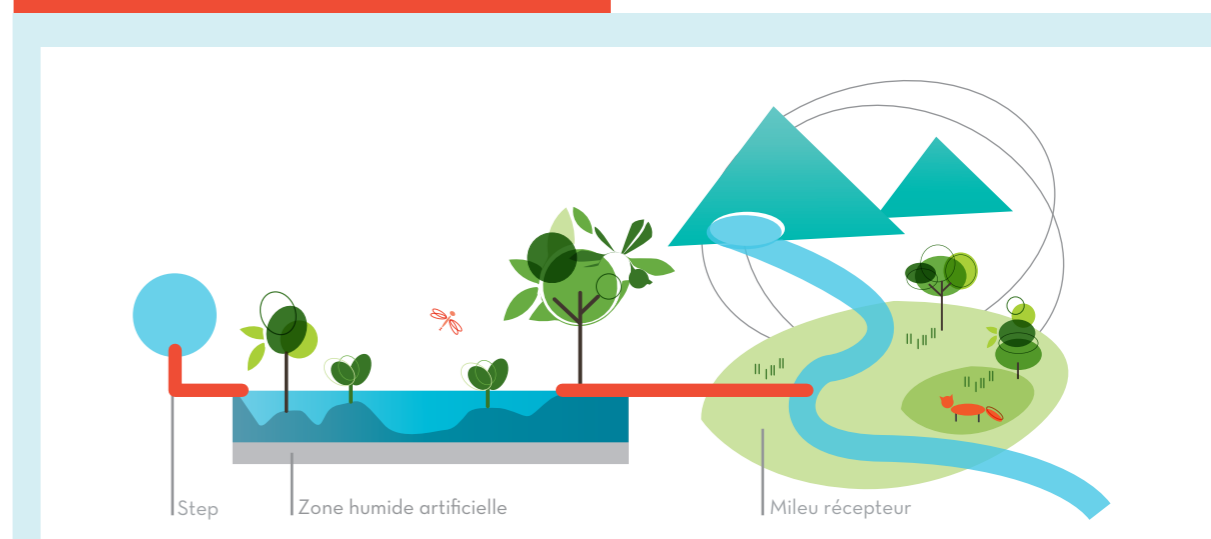


FIGURE 104

LYONNAISE DES EAUX

Un guide de dimensionnement et d'exploitation devra paraître à la fin du projet, prévue pour mars 2015.

PROJET LIBELLULE

GOUVERNANCE

Maitre d'ouvrage : Sivom de la Palus

Maitre d'œuvre : Lyonnaise des eaux

Membres du conseil scientifique/ partenaires scientifiques

Syndicat Intercommunal à Vocation Unique (SIVU) de la Palus, Agence de l'Eau RM&C, Conseil Général de l'Hérault, Biotope, CNRS, IRSTEA, Cirsee, HydroSciences de Montpellier (UMR CNRS 5569), le laboratoire LPTC (UMR CNRS 5255) de l'Université de Bordeaux.

Coût installation : 360 k€. Cout de l'étude : 300 k€

Financement :

Agence de l'Eau RM&C : 50%

Conseil Général de l'Hérault : 20%

Lyonnaise des Eaux : 30% (+ étude complémentaire de 200 k€ de Suez Env.)

PROJET ZHART

GOUVERNANCE

Maitre d'ouvrage: Suez environnement

Assistant à maitrise d'ouvrage et exploitant : Lyonnaise des Eaux

Maitre d'œuvre:

Bureaux d'études (SAFEGE, RIVE), société de travaux (DGT), fournisseurs pour la mise en œuvre du génie végétal (Nympha), fournisseurs d'outils de métrologie environnementale (IPL), Ecole des hautes études en santé publique (EHESP), laboratoire CITERES (Centre Interdisciplinaire Cités, TERritoires, Environnement, Sociétés) de l'Université de Tours, l'unité Bidiagnostique du LERES (Laboratoire d'Etude et de Recherche en Environnement et Santé), EUROFINS, Lyonnaise des eaux.

Coût : 2,2 millions d'euros

Financement

Suez environnement : 15%

Lyonnaise des Eaux : 27%

LERES : 18%

EUROFINS IPL : 13%

Nympha : 14 %

Université de Tours : 8%

RIVE : 5%

CONCORDANCE DES OBJECTIFS DU PROJET EN FONCTION DE LA DÉFINITION DE L'INGÉNIERIE ÉCOLOGIQUE DONNÉE AU CHAPITRE 1

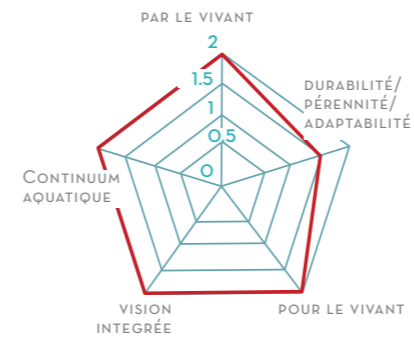
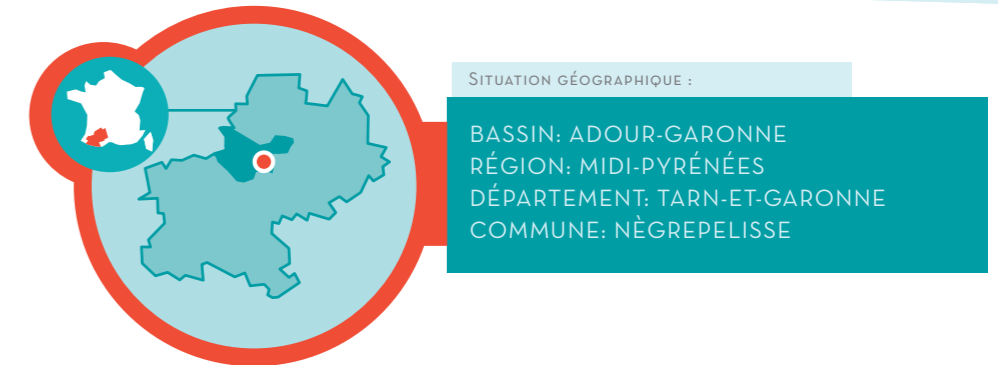


FIGURE 105



FICHE

6

L'épuration extensive des eaux usées et des matières de vidange : cas de Nègrepelisse

PRÉSENTATION DE LA STATION D'ÉPURATION DE NÈGREPELISSE

Nègrepelisse est une commune de 5 168 habitants. La STEP de Nègrepelisse comportait par le passé un lagunage naturel d'une capacité de 1 400 EH géré et entretenu par la mairie. Suite à un fort développement de la commune, le système d'assainissement des eaux usées a dû être revu afin d'augmenter sa capacité. Les élus souhaitaient mettre en place une filière efficace et peu coûteuse pouvant intégrer les lagunes existantes. Ils souhaitaient également qu'elle s'intègre dans le paysage.

LE RÉSEAU D'ASSAINISSEMENT COLLECTIF DE LA COMMUNE DE NÈGREPELISSE



FIGURE 106

© SMVVA - AURÉLIEN MATHEVON

VUE AÉRIENNE DE LA STATION : EN HAUT, LES 2 LAGUNES, EN BAS À GAUCHE, LES 2 ÉTAGES DE FILTRES



FIGURE 107

Les 2 lagunes initiales ont ainsi été conservées et la nouvelle STEP a été mise en service en 2009. Elle est dimensionnée pour 4 000 EH extensible à 6 000 EH, correspondant aux prévisions de raccordement au réseau respectivement en 2020 puis 2050. Elle est la seconde plus grande station extensive de France avec ses 8 000 m² de surface couverte de roseaux et un volume annuel d'eaux usées de 219 000m³, à raison de 150l/jr.EH.

La station est alimentée par un refoulement de 2 km à partir du poste de relevage de La Coujoune, rénové dans le cadre des travaux de 2008. L'eau usée traitée de la station est rejetée dans le ruisseau de Montrosies, affluent du Courounets, lui-même affluent de l'Aveyron. La station d'épuration des eaux usées présente les particularités suivantes :

- station autonome,
- procédés employés extensifs,
- utilisation du lagunage existant en traitement complémentaire d'hiver, et en été pour améliorer les rendements sur l'azote et le phosphore dans une moindre mesure.

La station comprend, de l'amont vers l'aval :

- un **débitmètre électromagnétique**, qui mesure la quantité d'eaux usées admise sur la station. Il permet, en association avec un préleveur, de caractériser le débit entrant.
- un **poste de relevage vers les filtres primaires - PR1**, qui distribue les eaux brutes par bâchées sur le filtre primaire. Les pompes sont puissantes parce qu'il faut envoyer les eaux par paquets et les répartir uniformément sur toute la surface de filtre en service au moment de la bâchée.
- un **premier étage de filtres plantés à circulation verticale - FPRV1**, qui assure un premier traitement par les bactéries épuratrices fixées sur le gravier et les rhizomes. Ce premier étage reçoit les eaux brutes sans dégrillage même grossier, posant ainsi parfois un problème de colmatage des pompes du PR1.
- un **poste de relevage vers les filtres secondaires - PR2**, qui reçoit les eaux sortant des filtres primaires (sortant des lagunes en régime été) et les distribue par bâchées sur les filtres secondaires.
- un **second étage de filtres plantés à circulation verticale - FPRV2**, qui affine le traitement, toujours par l'action de bactéries épuratrices fixées sur le granulats et les rhizomes.
- un **poste de relevage vers les lagunes - PR3**, qui ne fonctionne qu'en régime d'été. Il reçoit les eaux en sortie des filtres primaires et les envoie vers la lagune primaire. Ces eaux transitent dans les deux lagunes et sont envoyées ensuite sur les filtres secondaires via PR2.
- un **débitmètre Venturi en sortie**, qui mesure la quantité d'eaux usées en sortie de station. Il permet, en association avec un préleveur, de caractériser le débit sortant et de vérifier sa conformité avec la norme de rejet. La comparaison des charges polluantes journalières en entrée et en sortie permet de calculer les rendements d'élimination de chaque polluant et d'adapter en conséquence la gestion de la station.

FONCTIONNEMENT DE LA STATION D'ÉPURATION

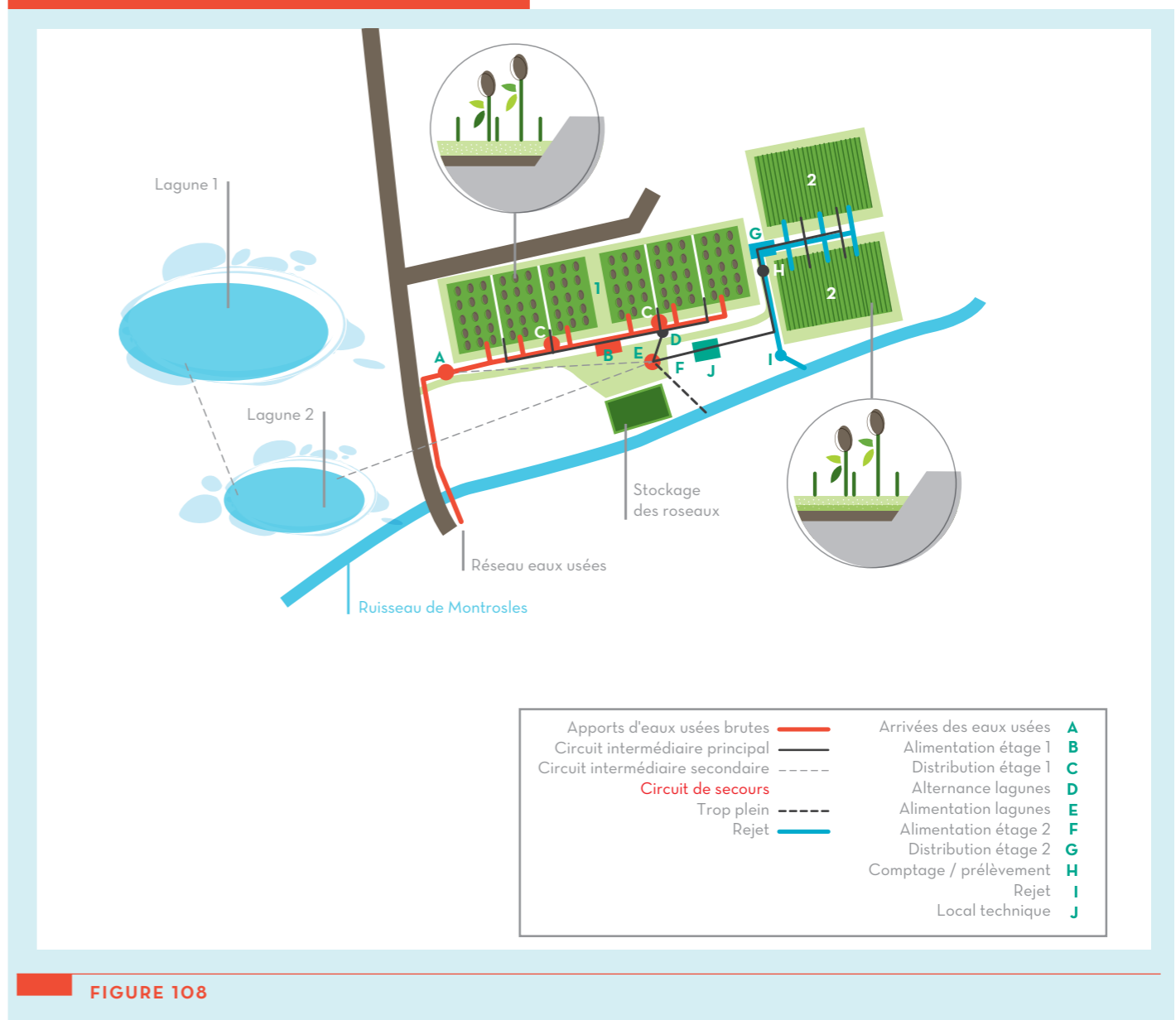


FIGURE 108

En cas de temps de pluie très important, un by-pass des eaux pluviales achemine les eaux vers les lagunes. En cas de dysfonctionnement du poste de relevage à l'entrée de la station, les eaux peuvent être acheminées vers les lagunes pour garantir un traitement minimum de la pollution particulaire et dissoute.

FILIÈRE ÉTÉ DE LA STATION D'ÉPURATION

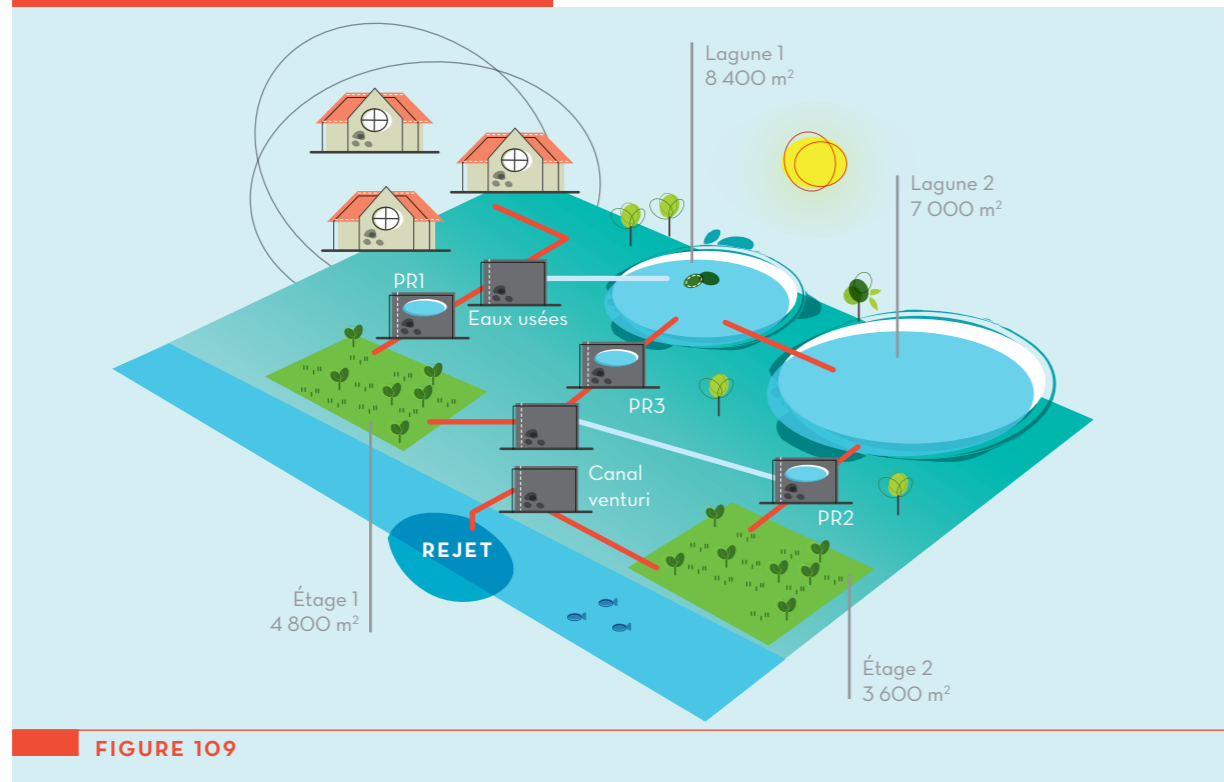


FIGURE 109

La station a ainsi deux types de fonctionnement bien distincts selon la période de l'année :

Filière été (FIGURE 109)

En été, c'est-à-dire d'avril à octobre, les eaux sortant du premier étage de filtres transitent par les lagunes avant de rejoindre le deuxième étage de filtration. Le passage des eaux usées dans les lagunes entraîne un processus de dénitrification et de déphosphatation, améliorant les rendements sur l'azote global d'environ 40 % et sur le phosphore d'environ 30 %. Ces améliorations sont très intéressantes en période estivale, au moment où le Montrosiers, cours d'eau recevant les eaux après traitement, est le plus sensible.

L'abattement du phosphore et de l'azote au passage dans les lagunes est une innovation, pratiquée depuis 2007 sur la station de Saint-Etienne-de-Tulmont, construite et gérée également par la Communauté de Communes des Terrasses et Vallée de l'Aveyron (CCTVA). Le SATESE 82, suit les performances épuratoires sur les deux stations afin notamment d'évaluer l'impact des lagunes.

Filière hiver (FIGURE 110)

En hiver, les eaux usées passent successivement par les deux étages de filtration. Ce traitement permet de garantir la conformité au niveau du rejet imposé avec des charges en entrée jusqu'à 4000 EH. Les lagunes ne sont pas intégrées dans la filière à ce moment car leur effet épuratoire, fonction de l'ensoleillement et de la température, est faible à cette époque. Elles reçoivent néanmoins le potentiel by-pass d'entrée de station pour assurer un traitement minimum. En revanche, elles sont utilisées pour recevoir les percolats traités de la plateforme de traitement des matières de vidange (voir plus loin).

QUELQUES ÉLÉMENTS SUR LE DIMENSIONNEMENT DE LA STATION D'ÉPURATION

Le premier étage de filtres plantés à circulation verticale (FPRV1) est dimensionné à 1.2 m·/EH, comme souvent pour la filière française. La surface de filtration en première tranche est calculée comme suit : 4000 EH x 1.2 m·/EH = 4800 m·, répartis en deux grands filtres de 2 400 m· chacun, les plus grands de France au moment de leur création.

FILIÈRE HIVER DE LA STATION D'ÉPURATION

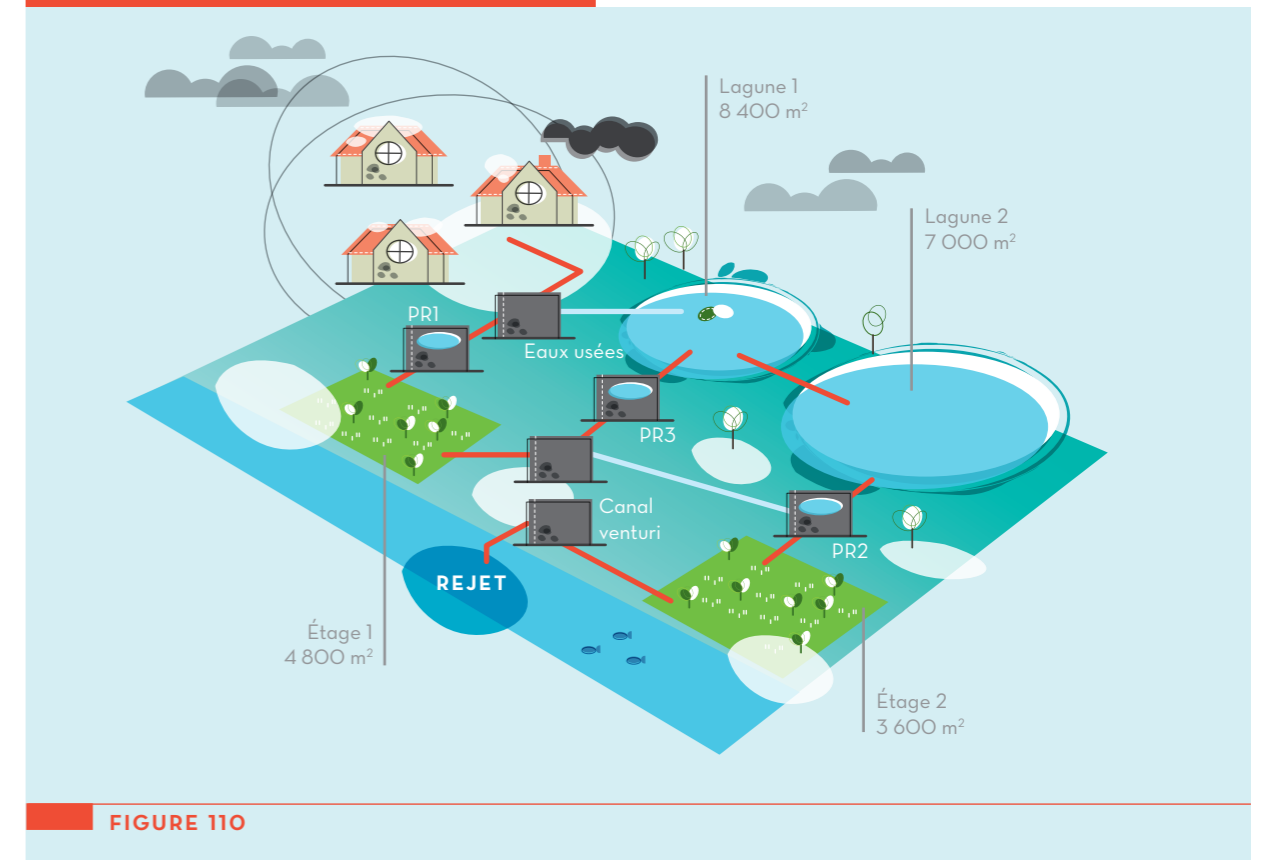


FIGURE 110

Le second étage de filtres plantés à circulation verticale (FPRV2) est dimensionné à 0.8 m·/EH soit un peu plus que d'habitude sur cette filière. La surface de filtration en première tranche est donc de : 4000 EH x 0.8 m·/EH = 3200 m·, répartis en deux grands filtres de 1800 m· chacun, les plus grands de France en second étage au moment de leur création.

UN SYSTÈME ÉCONOMIQUEMENT ET ÉNERGÉTIQUEMENT INTÉRESSANT

Les coûts de réalisation sont similaires à ceux d'une station intensive, les coûts d'exploitation sont quant à eux divisés par deux (10 €/EH.an au lieu de 20 €/EH.an, y compris évacuation des boues). L'économie en exploitation relève principalement du traitement des boues : un filtre planté produit sur le premier étage (pas de boues sur l'étage 2) des boues sèches (siccité > 25 % couramment), légères, stabilisées, qui sont extraites et épandues tous les 10 à 15 ans (tous les jours sur une

station boues activées, tous les 5 à 10 ans en lagunage). Le fonctionnement de la station entraîne une consommation d'énergie et une émission de GES. Cependant, à Nègrepelisse, la consommation de la station est inférieure à 50 000 kWh/an. Une station intensive de même capacité consomme au moins dix fois plus d'énergie et impose des remplacements fréquents d'appareils dont la fabrication est très consommatrice également.

UN SYSTÈME DE TRAITEMENT PERFORMANT

Les teneurs en sortie sont très inférieures à la norme de rejet (et aux plafonds indicatifs de l'arrêté de 2007) et vont jusqu'à une nitrification complète. Les teneurs en NGL et Pt sont inférieures aux valeurs habituelles des stations FPR de la filière « française » grâce à l'insertion des lagunes.

Par ailleurs, les rendements sont tous supérieurs aux plafonds indicatifs de l'arrêté de 2007 et aux recommandations de la MISEN.

PRÉSENTATION DE LA FILIÈRE DE TRAITEMENT DES MATIÈRES DE VIDANGE

Les matières de vidange (MV) sont généralement traitées au niveau des stations d'épuration des eaux usées et le sont de façon intensive. Ici, la CCTVA a construit pour le compte du SDD 82 (Syndicat Départemental des Déchets de Tarn et Garonne), sur un terrain voisin de la station d'épuration de Nègrepelisse, une station de traitement des matières de vidange desservant le nord-est du département en vue de combler le déficit d'installations et de réduire les pratiques illégales telles que le dépotage sauvage.

Construite en 2012, cette station a une capacité de 11 000 m³/an soit 200 m³/semaine environ, correspondant aux besoins estimés dans 20 ans. Elle permet également d'assurer un rejet nul en période estivale par le biais de l'irrigation d'un taillis courte rotation. Pour ce projet débuté en 2010, la CCTVA reste fidèle aux techniques extensives choisies en 2007 pour la station d'épuration communale. Les MV seront traitées sur

une filière comprenant une unité de dépotage, un stockage aéré, des lits de séchage plantés, un traitement des percolats par filtres plantés à écoulement vertical et une irrigation sur plantation.

Conformément à la volonté du maître d'ouvrage, les eaux traitées seront orientées selon la période de l'année, soit vers le système d'irrigation d'un taillis courte rotation, destiné à alimenter la chaufferie bois de la commune de Nègrepelisse (fonctionnement été), soit vers les lagunes existantes avant leur rejet dans le milieu récepteur (fonctionnement hiver).

Ce projet de traitement des matières de vidange par des filtres plantés de roseaux est une première en France. Il est issu des recherches réalisées par Irstea et fait l'objet d'un suivi par Irstea et le SATESE grâce à un financement de l'agence de l'eau Adour Garonne. De même, l'irrigation des plantations par les techniques de micro-aspersion et d'ajutage sont suivies par l'Irstea et la Fédération Cellulose Bois Ameublement (FCBA). Ce suivi a pour but de mesurer l'évolution de la croissance des arbres recevant les eaux usées traitées.

LE SYSTÈME DE TRAITEMENT DES MATIÈRES DE VIDANGE

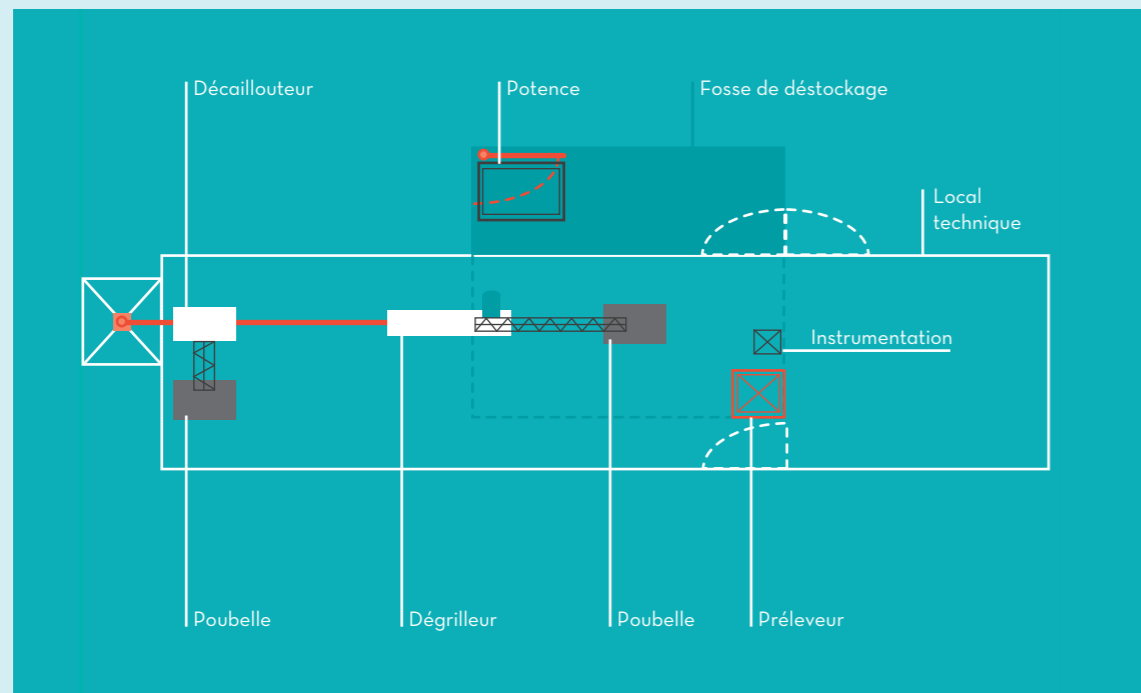


FIGURE 111

LA PLANTATION D'EUCALYPTUS, DANS SA PREMIÈRE ANNÉE, IRRIGUÉE AVEC LES PERCOLATS



FIGURE 112

· Le régime d'été (mars à octobre) :

les eaux en sortie de filière de traitement sont épanchées sur une plantation de peupliers et d'eucalyptus qui les absorbent entièrement. C'est ce qu'on appelle le rejet zéro : pas de rejet d'eaux traitées dans les ruisseaux. Ce régime supprime les apports polluants en période de débit minimum donc de sensibilité maximale des ruisseaux, moyennant une consommation énergétique faible car les filtrats sont pompés vers la plantation à mesure de leur production, à petit débit, et non par bâchées comme sur les filtres. L'épandage est exclu pendant les quatre ou cinq mois du repos végétatif vu la faible consommation d'eau à ce moment.

Le bassin tampon de 140 m³ représente une réserve d'eau pour irriguer les plantations.

RÉGIME D'ÉTÉ DE TRAITEMENT DES MATIÈRES DE VIDANGE

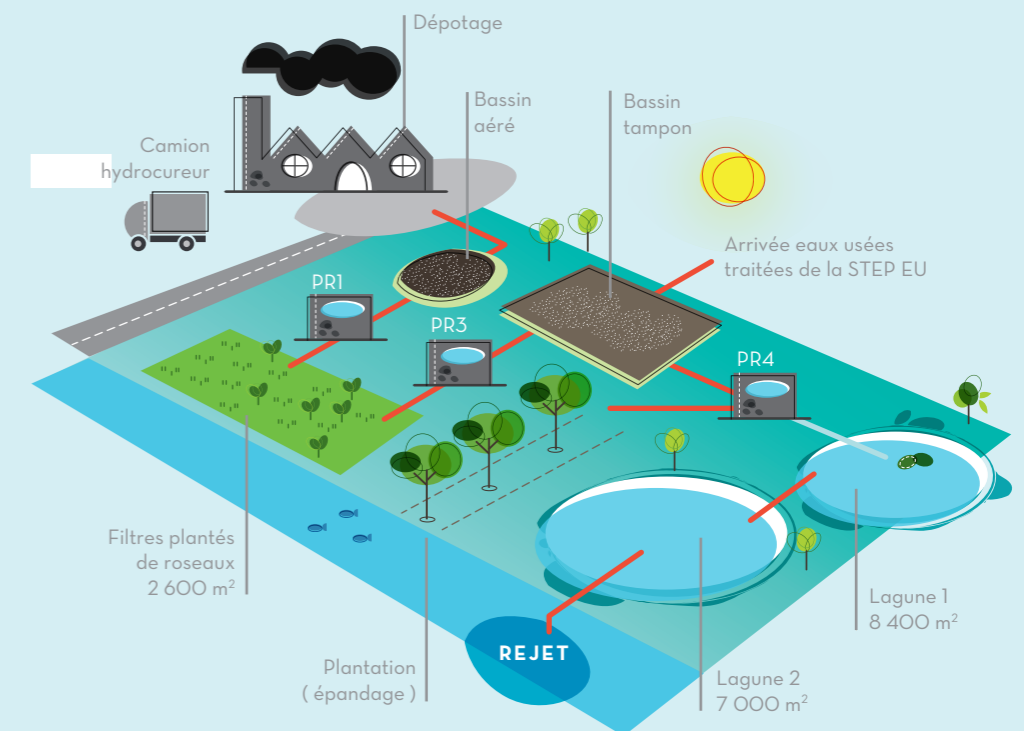


FIGURE 113

RÉGIME D'HIVER DE TRAITEMENT DES MATIÈRES DE VIDANGE

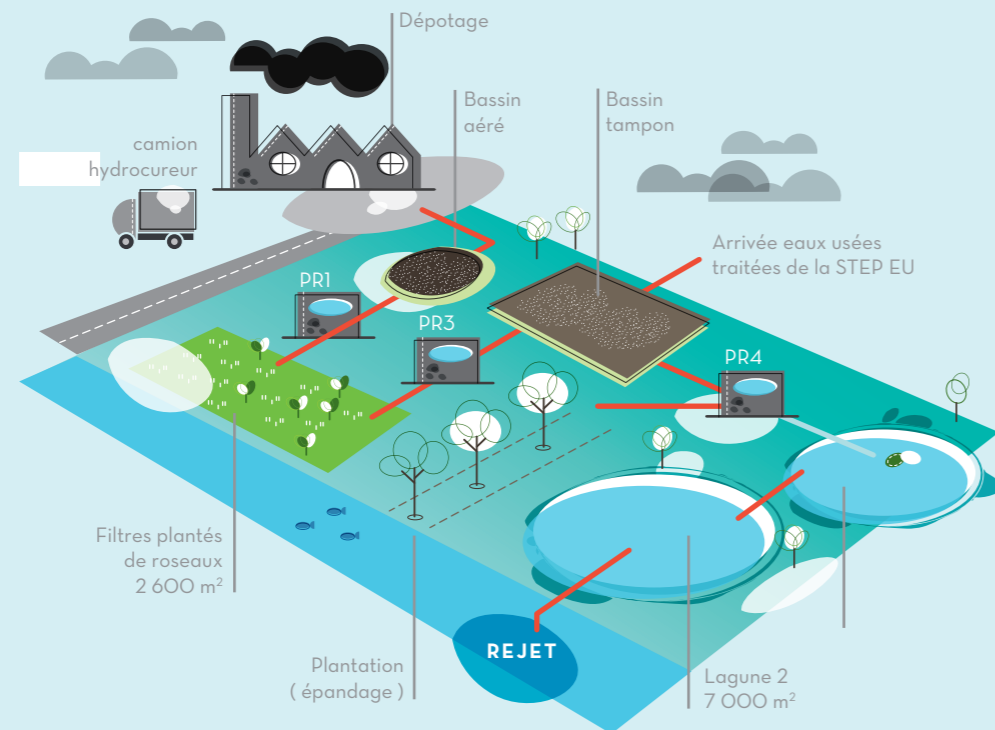


FIGURE 114

Le régime d'hiver (novembre à février) :

les eaux en sortie de filière de traitement sont envoyées sur les lagunes existantes de la station de Nègrepelisse et rejetées au ruisseau de Montrosies, au point de rejet initial du lagunage. La norme de rejet de la filière eau s'applique dans ce cas. Les teneurs en polluants peuvent être supérieures à la norme de rejet en sortie de filière de traitement des MV donc en entrée de lagunes et très faibles en sortie de lagunes vu le temps de séjour dans les lagunes (de l'ordre de 400 jours, contre 60 jours pour un lagunage classique).

Le transfert des matières de vidange des camions vidangeurs vers la station se fait dans un équipement ad hoc comprenant une borne de signalisation et de gestion, un point de transfert, une bâche de réception et de stockage.

Le prétraitement :

Les matières de vidange brutes subissent un prétraitement qui consiste à séparer les cailloux et macro-déchets (lingettes par exemple) de la phase aqueuse. Elles rejoignent ensuite la fosse de réception de 20m³ où elles sont brassées. Un échantillon est ensuite prélevé

avant envoi vers le bassin de stockage aéré d'une capacité de 180 m³. L'objectif de cette aération forcée est de :

- lisser les différences de caractéristiques entre les apports ;
- lisser les volumes entrants et réguler le volume journalier en entrée de filtre ;
- réduire le risque d'odeurs au moment des apports en MV sur les filtres.

Le traitement :

Les matières de vidange sont dépolluées par l'action de bactéries fixées sur les granulats et les rhizomes d'un lit de séchage planté de roseaux fonctionnant sur le même principe que les filtres de la station de Nègrepelisse mais avec une configuration nettement différente, similaire aux lits de séchage plantés de déshydratation de boues (l'autre grande application du filtre planté). Une recirculation des percolats est mise en place pour améliorer sa qualité et réduire le stress hydrique des roseaux.

Ce traitement a pour objectifs de :

- réduire les teneurs en polluants aux niveaux acceptables par l'épandage et le lagunage
- réduire les volumes en sortie (par effets d'évapotranspiration et de rétention).

Les percolats pouvant encore être relativement chargés (300 mg MES/l) un traitement complémentaire des percolats est réalisé par filtres plantés à écoulement vertical afin de produire un effluent ne nuisant pas au système d'irrigation.

L'épandage sur plantation :

La solution retenue par la CCTVA pour répondre au principe de rejet O retenu par la MISEN consiste à épandre les eaux traitées sur une plantation forestière gérée en Taillis à Courte Rotation (TCR).

Les eaux sont ainsi distribuées sur la plantation par un système de canalisations sous faible pression équipées d'un point de sortie placé à intervalle régulier.

Les arbres sont « récoltés » tous les six à sept ans par une machine conçue à cet effet. Le bois sera ensuite utilisé dans la chaufferie collective de la commune de Nègrepelisse dans le cadre d'une filière bois-énergie.

Le lagunage :

Les lagunes peuvent être utilisées dans la filière « matières de vidange » dans la mesure où leur insertion dans la filière de la station d'épuration de Nègrepelisse est limitée à la période estivale (l'abatement N et P est très faible dans les lagunes à faible température) et est facultative (pas d'obligation dans l'arrêté d'autorisation de rejet de 2007).

La station a été réalisée sur 2012/2013. La période de mise au point de l'installation vient de débuter. Les premières livraisons de boues devraient avoir lieu à partir du mois de décembre 2013.

L'encadrement technique et scientifique du projet est assuré notamment par :

- La Fédération Cellulose Bois Ameublement-FCBA
- Irstea

L'investissement est couvert par une subvention de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne, une subvention du Conseil général du Tarn-et-Garonne, une participation de l'union européenne et les fonds propres de SDD 82.

LA STATION DE TRAITEMENT DES MATIÈRES DE VIDANGE



FIGURE 115

GOVERNANCE ET COUT

Maître d'ouvrage : CCTVA

Maître d'œuvre : Ginger

Constructeur : Epur Nature

Coûts : 1,6 M€ HT

Financement

Union européenne : 10%

Agence de l'eau : 45%

Conseil général : 8%

Communauté de Terrasses et Vallées de

l'Aveyron (CCTVA) : 37%

Traitement des matières de vidange

Maître d'ouvrage : Syndicat Départemental des Déchets de Tarn et Garonne-SDD 82

Maître d'ouvrage délégué : Communauté de Communes des Terrasses et Vallée de l'Aveyron - CCTVA

Maître d'œuvre : Ginger Environnement Infrastructures - GEI

Constructeur : Epur Nature

Coûts (travaux + étude) : 2 155 000 €

Financement

Union européenne : 9%

Agence de l'eau : 45%

Conseil général : 8%

Communauté de Terrasses et Vallées de l'Aveyron (CCTVA) : 37%