



**Monsieur Christian VIGNOLES**  
**Maître ès Sciences Physiques de l'Université Paul SABATIER de**  
**Toulouse**  
**Docteur en Chimie Structurale de l'Ecole Nationale Supérieure de**  
**Chimie de Toulouse**  
**Reçu au concours d'Ingénieur Civil de l'Administration**  
**communale**  
**Chargé de cours d'assainissement à l'Institut National des**  
**Sciences Appliquées – Département Génie Civil - de Toulouse**  
**Expert Judiciaire près la Cour d'Appel de TOULOUSE**  
**Chef de Délégation France CEN TC 165 Wastewater Engineering**  
**Président Commission AFNOR Assainissement**  
**Président Groupes Spécialisés Assainissement au C.S.T.B**

**36 rue VELASQUEZ**  
**31300 TOULOUSE**

**Tel : +33 6.09.70.17.50**

**Email : [avc.christianvignoles@gmail.com](mailto:avc.christianvignoles@gmail.com)**

## **RAPPORT FINAL D'EXPERTISE**

### **PREAMBULE**

#### **MISSION CONFIEE PAR PREMIER TECH Eau et Environnement**

La mission confiée est relative au volet « entretien & exploitation » des activités de la Société et concerne l'expertise technique d'un procédé BIONEST au travers de 89 rapports

d'entretien et d'exploitation réalisés par Premier Tech pour un dispositif de type cultures fixées immergées.

## **DOCUMENTS mis à disposition pour l'expertise**

« Ils comprennent :

- 89 rapports d'entretien et d'exploitation accompagnés de dizaines de photos et vidéos
- Un fichier de 62 analyses complètes de rejets d'unités BIONEST pour apprécier le respect de la réglementation en vigueur
- Un document d'analyse et d'interprétation des données à partir des observations réalisées sur le terrain sur les équipements BIONEST investigués. »

## **APPRECIATION GENERALE DE L'EXPERT SUR LA MISSION CONFIEE**

Les documents mis à disposition de l'expertise permettent :

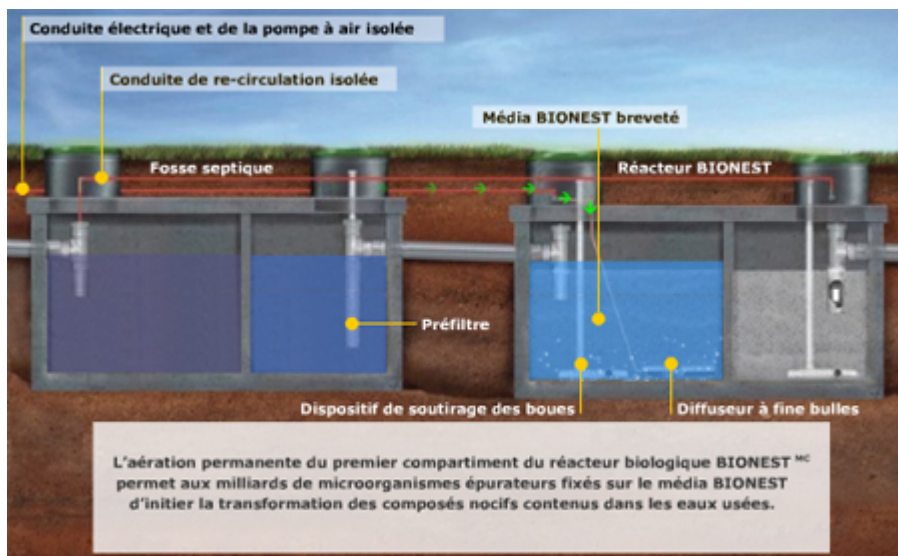
- d'évaluer la conformité réglementaire des installations BIONEST entretenues et exploitées,
- d'apprécier la robustesse et l'efficacité du traitement épuratoire du procédé BIONEST de cultures fixées immergées
- de comparer les résultats issus de ces campagnes d'entretien et d'exploitation par P.T.E.E avec les résultats sur ces produits BIONEST issus d'une étude sur 22 procédés différents et 66 produits de 2008 à 2014 « VEOLIA EAU & AGENCE DE L'EAU ADOUR GARONNE » conclue d'un rapport de juillet 2015.

## **PRESENTATION DES SYSTEMES EXPERTISES**

Les 89 systèmes expertisés l'ont été dans le cadre d'autant de contrats d'entretien et de maintenance. Leur taille varie pour des applications comprises entre 3 à 5 CC (modèles SA-3, SA-4 et SA-5). Leur année d'installation sur le site desservi s'étale entre 2006 et 2018.

### **Description de la filière BIONEST**

Extrait documentation BIONEST



La filière BIONEST consiste en deux cuves en série. La première cuve est équivalente à une fosse septique conventionnelle. Elle permet la décantation des particules solides et la rétention des matières flottantes. Au débit de conception, le temps de rétention est légèrement supérieur à deux jours. Cette cuve joue un rôle double :

- Elle est un décanteur/digesteur primaire munie d'un préfiltre,
- Elle voit en permanence une fraction de l'eau traitée y être recirculée avec, ainsi, une augmentation des performances générales de l'équipement et un amorçage de la dénitrification des eaux usées traitées.

La seconde cuve monobloc reçoit le process biologique constitué d'un réacteur immergé aéré à biomasse mixte. La biomasse se retrouve majoritairement fixée sur la pellicule rubanée servant de média support bactérien. Toutefois cette biomasse se retrouve également en suspension dans le réacteur.

Les boues biologiques produites dans le compartiment de tête du réacteur biologique ou s'opèrent la dégradation de la matière organique et le début de la nitrification, ne peuvent pas se déposer du fait de la vigueur de l'aération utilisée. Une très forte proportion des boues produites traverse donc dans le second compartiment qui, lui, n'est pas aéré. Ainsi, la concentration en oxygène dissous dans ce compartiment n°2 est beaucoup plus faible que dans le premier, tout en restant généralement au dessus de 2 mg/L, permettant de compléter la nitrification. Dans cette zone calme la DBO5 est très faible (de l'ordre de 5 mg/L) et la nitrification de l'effluent se réalise. Les microorganismes retrouvés dans cette partie de la cuve de réaction sont en conditions favorables à la respiration endogène (excès de biomasse pour la nourriture disponible). Cet état permet de réduire significativement la production de boues. Les boues accumulées sont retirées au besoin lors de l'entretien annuel.

L'aération permanente est assurée par une pompe à air de type linéaire de 120 VAC située à l'intérieur d'un bâtiment chauffé (aussi possible dans un abri à l'extérieur). L'aération du réacteur biologique BIONEST assure le maintien des conditions idéales à la dégradation de la matière organique et à la nitrification. La recirculation d'une fraction de l'eau traitée est faite au moyen d'une mini pompe submersible.

## **Evaluation des Performances épuratoires du système BIONEST**

L'évaluation des performances du BIONEST a été réalisée à partir d'un panel de 62 équipements de ce modèle dont l'entretien et la maintenance sont réalisés par PREMIER TECH et qui ont fait l'objet de prélèvement des eaux usées traitées.

Deux familles constituées en fonction de la date d'installation de ces équipements, moins de 5 ans et plus de 5 ans ont été créées.

Notre échantillon BIONEST de moins de 5 ans, est de 17 unités et a un temps moyen de durée de service de l'ordre de 4 ans.

L'échantillon BIONEST de plus de 5 ans est de 45 unités et a un temps moyen de durée de service de l'ordre de 10 ans. Toutefois, pour un site l'âge n'étant pas connu avec précision, celui-ci est exclus de l'analyse, soit un total de 44 sites.

Pour des produits pour lesquels la durée de vie minimale devrait être de 20 ans, ces échantillons BIONEST permettent d'apprécier à la fois :

- L'efficacité et la fiabilité des premières années de service,
- La robustesse du process à leur demi-vie minimale.

Les performances à respecter pour entrer dans le respect de la conformité aux exigences de la classe III de la norme NQ 3680-910 sont :

- MES inférieure ou égale à 15 mg/L
- DBO<sub>5</sub> inférieure ou égale à 15 mg/L
- Coliformes Fécaux inférieur ou égal à 50 000 UFC/100mL

Les tableaux ci-dessous résument pour les deux échantillons de systèmes BIONEST, l'ensemble des performances épuratoires :

BIONEST de 4 ans en moyenne de temps de service

	DBO <sub>5</sub>	MES	Coliformes Fécaux	BIONEST pour la Classe III*
% DE CONFORMITE	92	92	87.5	75

\*Norme NQ 3680-910

BIONEST de 10 ans en moyenne de temps de service

	DBO <sub>5</sub>	MES	Coliformes Fécaux	BIONEST pour la Classe III*
% DE CONFORMITE	54	55.5	67.5	35

\*Norme NQ 3680-910

Le premier constat est qu'à une demi-vie minimale théorique soit 10 années, 1/3 des équipements BIONEST sont aptes à respecter les exigences de qualité imposées pour les eaux traitées.

## **Entretien et Maintenance du système BIONEST**

Un équipement de traitement des eaux usées transforme dans son traitement secondaire la pollution dissoute en boues biologiques. Toute installation produit des boues et la solution la plus fréquente consiste à extraire à la fréquence adaptée au process ces quantités de boues accumulées.

Le procédé BIONEST n'est pas doté d'un système d'extraction des boues, sa conception devant assurer une régulation du volume des boues évitant toute extraction. Cette qualité intéressante du BIONEST a été scrutée lors des interventions d'entretien et de maintenance réalisées par les agents de PREMIER TECH dans le cadre de ses contrats.

Les échantillons de BIONEST sont identiques à ceux ayant fait l'objet des analyses de performances décrites ci-dessus.

Dans mon analyse je me suis particulièrement concentré sur quatre données essentielles que sont :

1. Le constat de traces de boues en sortie signifiant des rejets notables de boues, laissant des marques superficielles faciles à identifier et le colmatage prématuré des zones d'infiltration (champ de polissage), avec les eaux traitées rendant la satisfaction aux exigences de rejet, notamment sur les MES, très aléatoire.
2. Le constat d'accumulations importantes de boues facile à tracer dans ce dispositif, les rubans de fixation des boues activées disparaissant totalement dans la masse de boue présente,
3. L'absence de diffusion d'air dans le réacteur, facile à enregistrer au niveau visuel lors des passages d'entretien et de maintenance,
4. Les recirculations d'eau traitée non fonctionnelles empêchant le déroulement complet du cycle conçu pour le traitement de la pollution par les filières BIONEST.

Le tableau ci-dessous présente les constats enregistrés en unités de traitement concernées sur le nombre total d'unités ainsi que les pourcentages d'équipements concernés par ces anomalies liées à un fonctionnement dégradé des systèmes BIONEST :

	Rejets avec traces de boues	Accumulations de boues	Absence diffusion d'air	Recirculation hors service
BIONEST 4 ans de service	11/17 soit 65%	12/17 soit 71%	0/17 soit 0%	3/17 soit 18%
BIONEST MC 10 ans de service	26/44 soit 59%	42/44 soit 95%	17/44 soit 39%	11/44 soit 25%

Au bilan le constat d'accumulation de boues traduit une forme « d'étouffement » du process par stockage d'une trop grande quantité de boues et après 10 ans de service tous les appareils BIONEST visités sont concernés.

Déjà au bout de 4 ans de service les  $\frac{3}{4}$  du parc investigué présentait de fortes accumulations de boues soulignant sans doute que ce défaut, dû à des excès de boues dans le réacteur est lié au process lui-même. Ce défaut s'amplifie au fur et à mesure de l'avancement en âge de l'équipement puisque les boues qui devaient être consommées par le process ne le sont pas.

## Comportement du BIONEST dans l'Etude réalisée dans le département du Tarn de 2008 à 2014

Ces travaux conduits dans le cadre d'une coopération VEOLIA EAU et l'Agence de l'Eau Adour Garonne ont concerné le suivi trimestriel sur au moins 5 années de 66 sites équipés de 22 modèles différents dont 3 filières BIONEST.

Les conclusions essentielles, sur ce petit échantillon avec en moyenne 4 ans de service, qui ont pu en être tirées sont résumées ci-dessous :

### 1. Performances épuratoires

Ces performances sont résumées avec des valeurs moyennes sur 20 échantillons pour chaque site suivi. P-PO<sub>4</sub>

BIONEST	MES (mg/L)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	DCO (mg/L)	N-NH <sub>4</sub> (mg/L)	P-PO <sub>4</sub> (mg/L)	Coliformes Fécaux (UFC/100mL)
1	21	15	105	31	14	18 500
2	65	44	183	25	13	930
3	38	10	140	26	12	26 150



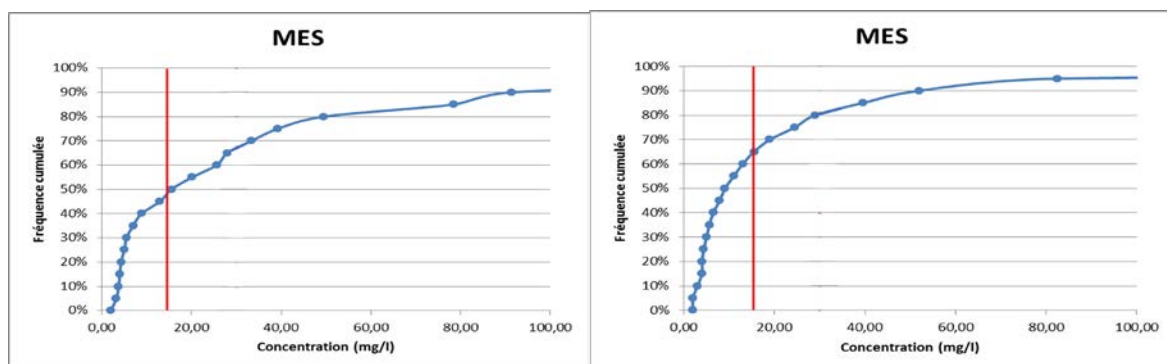
ASSAINISSEMENT VIGNOLES  
CONSULTING  
S.A.S

100% de cet échantillon de BIONEST ne respecte pas les exigences imposées soit :

- MES inférieure ou égale à 15 mg/L
- DBO<sub>5</sub> inférieure ou égale à 15 mg/L
- Coliformes Fécaux inférieur ou égal à 50 000 UFC/100mL

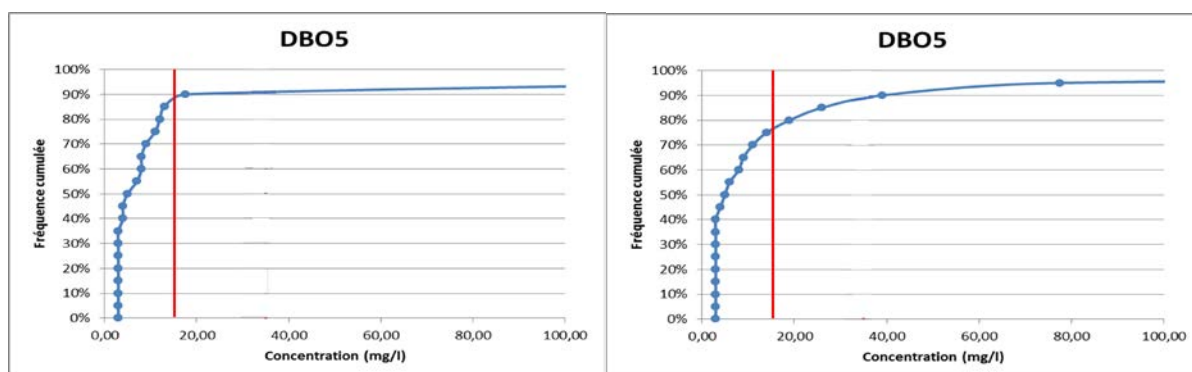
Les graphes ci-dessous sont les courbes percentiles des différents paramètres étudiés. Le diagramme de gauche est pour BIONEST et celui de droite est le cumul de tous les résultats des cultures fixées suivis dans l'étude in situ Tarn établie en 2015 sur la période 2008 à 2014.

On note que les MES à moins de 15 mg/L pour BIONEST sont rencontrées dans 50% des cas alors que pour l'ensemble des cultures fixées ce pourcentage atteint 65%.



**Figures A : Graphes MES pour BIONEST et l'ensemble des cultures fixées étudiées**

Pour la DBO<sub>5</sub>, la filière BIONEST satisfait la concentration inférieure à 15 mg/L dans plus de 90% des mesures alors que pour l'ensemble des cultures fixées ce pourcentage atteint 75%.

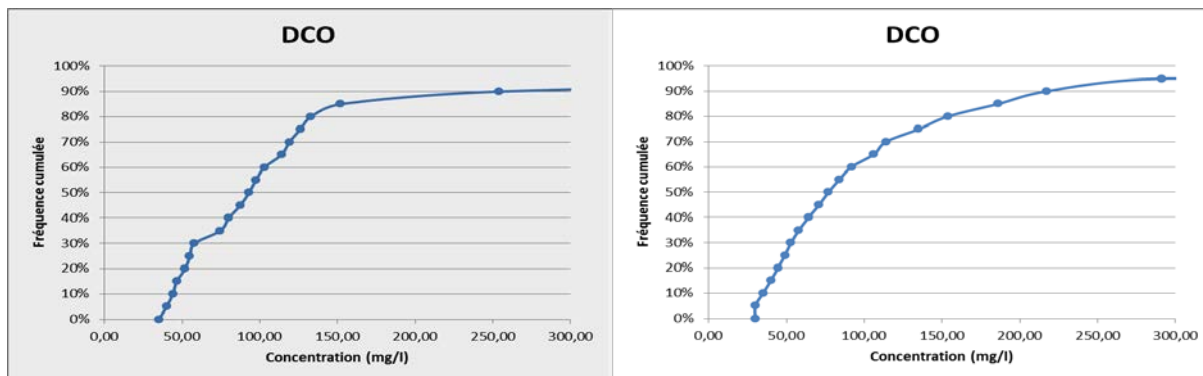


**Figures B : Graphes DBO<sub>5</sub> pour BIONEST et l'ensemble des cultures fixées étudiées**



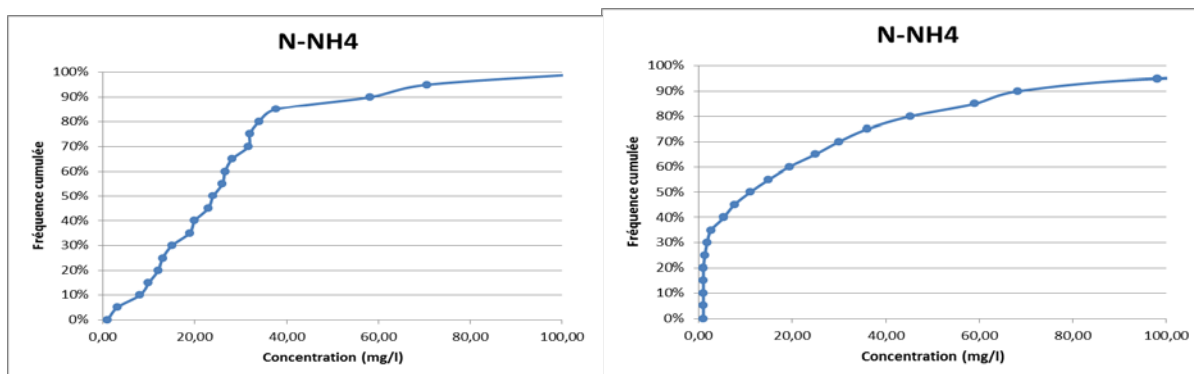
ASSAINISSEMENT VIGNOLES  
CONSULTING  
S.A.S

On note que des concentrations en DCO à moins de 150 mg/L pour BIONEST sont rencontrées dans 85% des cas alors que pour l'ensemble des cultures fixées ce pourcentage atteint 75%



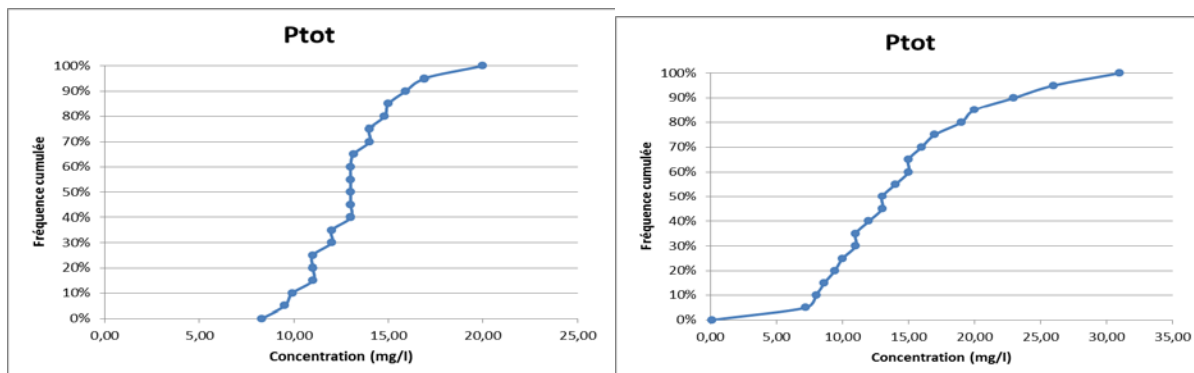
**Figures C : Graphes DCO pour BIONEST et l'ensemble des cultures fixées étudiées**

On note que la concentration N-NH<sub>4</sub> à moins de 15 mg/L pour BIONEST MC est rencontrée dans 30% des cas alors que pour l'ensemble des cultures fixées ce pourcentage atteint 45%.



**Figure D : Graphes N-NH<sub>4</sub> pour BIONEST et l'ensemble des cultures fixées étudiées**

On note que la concentration P-PO<sub>4</sub> à moins de 10 mg/L pour BIONEST MC est rencontrée dans 10% des cas alors que pour l'ensemble des cultures fixées ce pourcentage atteint 20%.



**Figures E : Graphes P-PO<sub>4</sub> pour BIONEST et l'ensemble des cultures fixées étudiées**



De l'ensemble de ces courbes, il ressort quelques points importants :

- Pour les MES dans l'eau traitée le produit BIONEST montre des défaillances non corrélées aux résultats très satisfaisants sur les paramètres DBO<sub>5</sub> et DCO de produits de la même famille des cultures fixées. L'absence de soutirage régulier de boues apparait comme la raison la plus plausible.
- Alors que l'équipement BIONEST est censé nitrifier à l'inverse de la plupart des procédés concurrents investigués dans cette étude, le constat est à l'inverse preuve que cette nitrification est contrariée au lieu d'être facilitée comme l'explique son fonctionnement décrit par le fabricant.

## 2. Entretien et Maintenance

L'ensemble des dispositifs étudiés in situ dans le Tarn a reçu au minimum une visite trimestrielle obligatoire pour détecter au plus tôt les éventuelles anomalies. Ces visites systématiques d'entretien et de maintenance ont été complétées de visites déclenchées par des dysfonctionnements constatés par alarmes et/ou par les usagers.

La durée moyenne de suivi de ces trois BIONEST est de 4 ans et a fait l'objet de 60 visites des équipes d'entretien et de maintenance décomposées en 52 visites trimestrielles dites de routine et 8 visites de rétablissement de fonctionnement de l'équipement défaillant. Le ratio de 0.67 visites de rétablissement de fonctionnement par équipement et par an est très fort car il s'ajoute aux 4.33 visites d'entretien et de maintenance ou l'ensemble des organes a été vérifié sur chacun des trois dispositifs suivis. Les performances présentées sont à corrélérer aux 5 visites annuelles de chaque dispositif BIONEST signifiant que dans l'étude in situ Tarn chaque BIONEST a été suivi 5 fois plus souvent qu'au Québec où le contrat d'entretien prévoit une visite annuelle.

Les incidents constatés ont concerné le préfiltre (6) et la recirculation des eaux traitées (2).

Le rapport final d'étude a conclu que parmi les 6 familles de cultures fixées suivies, le système BIONEST avait le plus mauvais résultat au plan du fonctionnement en termes d'interventions annuelles dans les conditions imposées par l'étude. Le besoin d'extraire tous les 2 ans d'activité les boues a été mentionné pour des équipements utilisés à 78 % de leur charge organique nominale.

## Discussion sur l'interprétation des constats effectués sur les ouvrages BIONEST

En premier lieu, je souhaite insister sur la spécificité des eaux usées en sortie de maison vis-à-vis d'eaux usées arrivant, après plusieurs heures de parcours dans les réseaux, dans une usine

de dépollution des eaux usées. Si l'on peut donner pour l'eau usée « collective » des valeurs moyennes en concentration de DBO<sub>5</sub> de l'ordre de 400 mg/L avec des valeurs mini et maxi de l'ordre de 300 et 550 mg/l, l'eau usée sortie de maison d'habitation a une concentration moyenne 24 heures de l'ordre de 600 mg/L. Cet effet de concentrations plus élevées en assainissement décentralisé de la DBO<sub>5</sub> et de l'ensemble des paramètres caractéristiques des eaux usées laisse le flux journalier moyen sur 7 jours autour de 60 g/habitant par jour, valeur mondialement admise. Toutefois, en assainissement décentralisé on constate que ce flux de pollution évalué en gDBO<sub>5</sub> par jour et habitant varie entre 30 et 120 g d'un jour à un autre jour de la semaine laissant une moyenne journalière sur la semaine à 60 g. L'impact sur le fonctionnement des procédés les plus sensibles est important et celui de BIONEST entre dans cette catégorie de process « fragiles en fonctionnement ». En assainissement, les process développés au Laboratoire sont appliqués d'abord en grosses unités de dépollution où les conditions de leur fonctionnement sont plus favorables, du fait des variations de concentrations affaiblies par les dilutions dans le transport des eaux usées dans les réseaux. Transférer ces process sur de petites unités cumule deux difficultés :

- La rencontre de pollutions plus concentrées et variant d'un jour sur l'autre dans des ratios de 1 à 4,
- L'existence de conditions d'exploitation forcément plus rustiques avec un entretien annuel au lieu d'un entretien quotidien voire hebdomadaire.

Ainsi dans le cas des systèmes BIONEST, le constat d'accumulations fortes de boues empêchant la nécessaire libre circulation des eaux au travers du média met en lumière la faible robustesse du process sur ce point que même la multiplication par 5 de la fréquence de visite pratiquée dans l'étude in situ Tarn n'a pu compenser.

On notera sur ce point que le BIONEST n'est absolument pas conçu pour assurer une extraction des boues du réacteur biologique. D'autres process de la même famille des cultures fixées ont prévu un clarificateur à l'aval du réacteur avec un recyclage des boues en excès dans la cuve d'entrée jouant le rôle de fosse septique.

De plus, il est intéressant de s'intéresser au média utilisé en rubans de polymère de différentes longueurs rassemblés en faisceau lâche. Le constat général sur les 89 installations visitées dans le cadre des contrats d'entretien de PTWE au Québec et que ces faisceaux finissent avec les boues par former des blocs et les eaux usées ne peuvent plus circuler sans entrave à travers le média, condition jugée indispensable dans le brevet canadien (2 461 668).

Le rapport de l'étude in situ Tarn permet d'expliquer via les courbes MES et DBO<sub>5</sub> que les boues accumulées sont responsables des performances médiocres en MES sur les eaux traitées enregistrées sur ce paramètre (50% de satisfaction à moins de 15 mg/L) qui contraste avec les excellents résultats de DBO<sub>5</sub> (plus de 90% de satisfaction à moins de 15 mg/L). Les chasses de boues (à bonne décantabilité et que je juge de bonne qualité), lorsqu'elles sont envoyées dans des champs d'infiltration dans le sol sont de nature à colmater rapidement ces exutoires des eaux traités qui devront alors être réhabilités. En présence d'un rejet en milieu superficiel

via une unité de désinfection UV, tel que permis au Québec, on peut conclure à des risques sanitaires et de santé importants, l'unité UV ne pouvant tout simplement pas être efficace en présence de MES en aussi grande concentration.

## CONCLUSIONS

La conception du process BIONEST, intéressante par les potentialités théoriques de traitement des pollutions carbonée et azotée qu'elle propose, est intellectuellement attirante. Sa déclinaison sur le terrain met en évidence un énorme souci sur les quantités de boues que j'attribue à deux causes principales, d'une part leur qualité fortement liée à la nature de la pollution à traiter et à ses variations et d'autre part au défaut de facilité pour les extraire, alors que cette opération semble incontournable et à réaliser à minima tous les 2 ans si l'on veut optimiser le fonctionnement de ces systèmes BIONEST.

Les défauts d'aération constatés sur l'entretien et la maintenance des 89 dispositifs suivis au Québec, la fragilité du média constitué de bandes de polymère qui forment rapidement des blocs avec les boues accumulées empêchant une circulation indispensable des eaux au sein du média ne peuvent qu'aggraver les phénomènes négatifs décrits ci-dessus.

Dans ces conditions la satisfaction des exigences de performances (concentrations en MES et DBO<sub>5</sub> inférieures ou égales à 15 mg/L et Coliformes fécaux inférieurs ou égaux à 50 000 UFC/100 mL) sont très difficiles à atteindre sans une extraction régulière des boues que j'évalue, pour une occupation de l'habitat à 80% de la charge nominale, à une fois tous les 2 ans. De la sorte sur des BIONEST en service depuis 4 ans, seulement 75% ont des rejets conformes aux exigences en vigueur au Québec, ce pourcentage se réduisant à 35% pour des BIONEST présentant en moyenne 10 années de service. Ce constat est lourd de conséquences aux plans de la protection sanitaire et environnementale des milieux et de leurs occupants.

La zone d'infiltration des eaux traitées, lorsqu'elle est la solution retenue pour le rejet des eaux traitées verra sans aucun doute sa durée de vie, estimée en général autour de 25 ans, significativement réduite de l'ordre de 5 à 10 ans par rapprochement de constats réalisés avec d'autres équipements en d'autres pays mais frappés de défauts de même nature avec leurs boues entraînées avec les eaux traitées. En cas de rejet en milieu superficiel, ces risques sont aggravés, l'unité UV requise ne pouvant assurer la performance nécessaire dans ces conditions.

**Toulouse le 29 mars 2021.**

**Christian VIGNOLES**