

# Station d'épuration biologique à Nagem

Mémoire explicatif

Nathalie Welter  
03/05/2022

### 1.0. Etat des lieux

Le présent projet se rapporte à l'assainissement des localités de Lannen et Nagem, chacune desservie par un réseau d'égout du type unitaire (mixte) qui se déverse dans une station d'épuration mécanique du type 'fosse septique'. Ces ouvrages sont totalement vétustes et surchargés. Lannen disposera d'un bassin-déversoir avec collecteur vers Nagem. Le bassin-déversoir de Nagem est en voie de planification, ainsi que le collecteur vers le site de la station d'épuration à construire.

### 2.0. Emissaire

L'effluent de la station d'épuration à construire est déversé dans le ruisseau 'Fraesbich'. En ce point, le bassin versant présente une surface de 7.2 km<sup>2</sup>. On estime le débit de basses eaux MNQ en saison chaude à 11.0 l/s. Un calcul de la charge polluante admissible du ruisseau au point de déversement n'a pas été effectué, vu que la qualité de l'effluent de la station d'épuration est déjà imposée par l'AGE.

### 3.0. Quantification de la pollution actuelle et future

Les eaux résiduaires produites par les 2 localités sont du type 'rural'. Actuellement la population de Lannen est de 130 personnes, celle de Nagem de 268 personnes. Suivant le PAG et les données de la commune de Redange, on peut prévoir à long terme la réalisation de 34 unités d'habitation à Lannen, soit quelque 102 personnes et 45 unités d'habitation à Nagem, soit quelque 135 personnes. Ainsi le total de la population pourrait monter de 398 à 635 personnes, ce qui est trop élevé pour cette région, un taux de croissance réaliste étant de 1.5%.

Outre la population résidente, il y a lieu de considérer d'autres sources de pollution, notamment la population non résidente et l'agriculture.

La quantification biologique et hydraulique des pollutions à traiter par le système épuratoire est présentée aux tableaux annexés au présent mémoire ; ils sont basés sur un taux de croissance de la population de 1.5%.

### 4.0. Caractérisation biologique (EH)/hydraulique (l/s) de la pollution à traiter

Il résulte des tableaux en annexe que la station d'épuration à construire devra traiter une charge biologique exprimée en Equivalent-Habitants (EH) passant de 528 EH (état actuel) à 700 EH (très long terme). Afin d'adapter le réacteur biologique à la charge polluante effectivement transportée par l'affluent, les surpresseurs dimensionnés pour une charge polluante de 700 EH seront équipés d'un moduleur de fréquence permettant de réduire le débit d'aération de 100% à un minimum de 60%.

La charge hydraulique admissible étant directement liée à la géométrie de l'ouvrage séparateur, le dimensionnement y relatif devra tenir compte uniquement de l'affluent à long terme. Les grandeurs de base du dimensionnement de l'ouvrage sont données ci-dessous :

Charge polluante de calcul	700	EH
Volume d'eaux résiduaires $V_s$	105.9	m <sup>3</sup> /d
Volume d'eaux allogènes $V_f$	100	m <sup>3</sup> /d
Débit moyen d'eaux résiduaires, sec $Q_{s24}$	1.22	l/s
Débit d'eaux allogènes $Q_f$	1.16	l/s
Débit moyen total, sec $Q_{t24}$	2.38	l/s
Débit d'eaux résiduaires de jour, sec $Q_{s12}$	2.45	l/s
Débit total de jour, sec $Q_{t12}$	3.61	l/s
Débit d'eaux résiduaires de pointe $Q_{s8}$	3.67	l/s
Débit total de pointe, sec $Q_{t8}$	4.83	l/s
Débit max., pluie $Q_m=2*Q_{s8}+Q_f$	8.50	l/s
Débit $Q_m$ de calcul	10.0	l/s

#### 5.0. Qualité de l'affluent

Comme les fosses septiques de Lannen/Nagem sont encore en service, il n'y a actuellement pas de données sur la qualité biochimique de l'affluent. Néanmoins, il convient de les faire maintenant pour éviter des surprises à la mise en service de la station d'épuration. Si par exemple il y avait présence de purin, on disposerait d'un laps de temps suffisant pour l'éliminer à la source.

#### 6.0. Qualité de l'effluent

Le système épuratoire à installer doit fournir un effluent répondant aux critères de qualité imposés par l'Administration de la Gestion de l'Eau (AGE).

Paramètres	Valeurs min. de contrôle	Conditions
Mat. décantables	$\leq 0.3$ ml/l	après 2 heures
Mat. en suspension	$\leq 30$ mg/l	
DBO <sub>5</sub>	$\leq 10$ mg/l	moyenne 24 heures
	$\leq 12$ mg/l	moyenne 2 heures
DCO	$\leq 50$ mg/l	moyenne 24 heures
	$\leq 60$ mg/l	moyenne 2 heures
N-NH <sub>4</sub>	$\leq 2$ mg/l	moyenne 2 heures
	$\leq 1$ mg/l*	moyenne 2 heures
N <sub>total</sub>	$\leq 12$ mg/l	moyenne 24 heures
P <sub>total</sub>	$\leq 1$ mg/l	moyenne 24 heures

\* 5 ans après mise en service de la station

## 7.0. Présentation de la filière épuratoire

### 7.1. Unité compacte de dégrillage/dessablage/dégraissage

En accord avec la taille de la station d'épuration et la formation géologique au site Lannen/Nagem (sol non sableux), le projet propose une machine simple à grille fine et dessableur statique (non aéré) avec séparateur de graisses à extraction manuelle évacuant le sable ensemble avec les déchets déshydratés par une vis élévatrice unique dans un conteneur unique. La machine ne requiert ni compresseur, ni alimentation en eau et est de ce fait particulièrement économique et durable et réduit les risques de dysfonctionnements au minimum. Elle est installée dans le bâtiment de service à l'abri des agents atmosphériques.

Capacité permanente : 10 l/s

Capacité courte durée : 20 l/s

Entrefer de grille : 3 mm

Rendement du dessablage : 95% pour sable de 0.2 mm

### 7.2. Unité de dosage de flocculant

L'agent chimique préconisé pour la précipitation des phosphates est  $\text{FeCl}_3$  à 40% fourni en conteneurs à doubles parois en HDPE, volume 1.0 m<sup>3</sup> de la firme RIKUTEC sous la dénomination POLY IBC. Le dosage du flocculant est assuré par 2 pompes doseuses à vis excentrique travaillant en service alterné et alimentées par l'intermédiaire d'un moduleur de fréquence travaillant en mode exclusivement manuel. Vu que ces pompes sont du type volumétrique, la fréquence seule définit le débit. Suivant les calculs, le volume journalier de flocculant maximal à injecter est de 6.5 l. L'unité de dosage inclut une douche de secours pour rinçage des yeux et lavage du corps. L'ensemble est installé dans le bâtiment de service à l'abri des agents atmosphériques et débite directement dans la buse de sortie de l'unité compacte.

### 7.3. Réacteur biologique innovateur

#### 7.3.1. Concept et mécanismes épuratoires

Le réacteur biologique prévu par ce projet est du type 'boues activées', mais se distingue fondamentalement de l'étage secondaire du système classique qui est composé d'un bassin d'activation et d'un décanteur secondaire. Le réacteur projeté se présente sous forme d'un seul ouvrage d'un volume utile total de 440 m<sup>3</sup> renfermant une zone d'activation et une zone de séparation. Il n'y a ni décanteur, ni circuit de recyclage des boues, ni agitateurs.

Ce système réalise la séparation de la liqueur mixte non pas par un processus de décantation mais par un processus de filtration. Le corps filtrant requis pour ce processus consiste en un essaim de floccs généré dans une enceinte par

autocompactage de liqueur mixte qui mène à un état où les floccs se touchent sans perdre leur structure dendritique de sorte que l'essaim présente malgré sa compacité une porosité élevée permettant la filtration de liqueur mixte dans la mesure où sa stabilité est assurée. L'existence de cet essaim est conditionnée par le champ de forces hydrostatique qui agit en sens contraire du champ de gravitation et l'annule de sorte que l'essaim de floccs se trouve dans un état de suspension stable. Au cas où l'essaim de floccs est traversé par un courant de sens contraire au champ de gravitation un champ dynamique d'intensité égale à la résistance du filtre s'ajoute au champ de forces hydrostatique ce qui mène à un nouvel état d'équilibre dans lequel l'essaim de floccs se positionne à un niveau plus élevé. Il en découle que la position altimétrique de l'essaim de floccs est fonction de l'intensité du flux qui le traverse.

Dans l'état de suspension des forces de compression, de frottement et de cohésion peuvent agir entre les floccs de l'essaim sans détruire leur structure et confèrent à l'essaim une certaine rigidité mécanique. Les floccs réagissent donc comme des granulats d'où analogie granulaire. Complémentairement la circulation de la liqueur mixte donne lieu à un processus de coalescence intense d'où granulation des floccs qui conduit à une réduction substantielle de l'indice des boues.

Les champs de forces qui génèrent et positionnent l'essaim de floccs ainsi que sa rigidité mécanique lui confèrent une certaine résistance vis-à-vis de turbulences dans la mesure où leur intensité ne dépasse pas son seuil de stabilité.

Le réacteur se présente sous forme de prismatoïde dont le volume est subdivisé en 3 chambres, la chambre d'aération dans laquelle l'aération est disposée de façon à produire un effet airlift qui assure l'agitation de la liqueur mixte, dispositif qui réclame comme unique machine le surpresseur d'air, la chambre de réaction où se fait le transfert de l'O<sub>2</sub> en solution vers la biomasse ainsi que la métabolisation du substrat et le séparateur dans lequel l'essaim compact effectue la filtration comme décrit.

### 7.3.2. Processus épuratoire

L'affluent traité mécaniquement rejoint le réacteur par l'intermédiaire d'un cylindre d'alimentation servant également d'échantillonneur d'affluent.

Le traitement épuratoire journalier est réalisé en 8 cycles d'une durée de 3 heures, soit 180 minutes, comprenant une phase aérée de nitrification de 100 minutes suivie d'une phase anoxe de dénitrification de 80 minutes. En phase aérée, le système d'aération fines bulles logé dans la chambre d'aération assure l'agitation de la liqueur mixte séjournant dans la chambre de réaction par effet airlift. En phase anoxe le système d'aération est exploité comme malaxeur périodique (1 minute à intervalles de 16 minutes) afin d'homogénéiser la masse

et de maintenir les floccs en suspension. L'apport en O<sub>2</sub> résultant du malaxage est insignifiant. Après passage des boues activées dans le séparateur, l'effluent clair quitte le réacteur par l'intermédiaire d'une rigole collectrice, tandis que le résidu de la séparation, à savoir la biomasse profite la phase anoxe (absence d'effet airlift) pour retourner gravitairement dans la chambre de réaction. En fin de chaque cycle, les boues excédentaires sont soutirées au fond du réacteur et pompées vers le silo à boues.

Le réacteur biologique prévu au présent projet étant une innovation, son dimensionnement est basé sur une théorie développée dans le cadre de la recherche de l'inventeur du système épuratoire et sur les essais effectués sur prototypes de réacteurs depuis 2006 inclusivement analyses en laboratoire du SIDERO. La note de calculs relative au réacteur biologique proposé existe sous forme manuscrite et peut être soumise à l'Administration compétente en la matière. Son auteur est disponible pour toutes explications et pour répondre à toutes questions y relatives.

Volume d'activation:	307 m <sup>3</sup>
Temps de séjour min.:	8.3 h
Charge des boues:	0.035 kg/kg
Age des boues:	37 d
Boues excédentaires:	35.5 kg/d
Volume du séparateur:	130 m <sup>3</sup>

#### 7.3.3. Système d'aération

Comme il résulte de ce qui précède, le processus utilise l'énergie tensionnelle contenue dans le gaz d'aération pour assurer l'agitation de la liqueur mixte. L'unique moteur des processus hydrauliques et biologiques est donc le système d'aération qui se compose des éléments suivants:

- 2 surpresseurs travaillant en alternance à une pression de refoulement de 650 mbar, chacun d'une capacité de 140 kg/h d'air dont la masse est définie uniquement par le besoin de la biomasse en oxygène.
- 6 groupes à 4 aérateurs tubulaires à membrane fines bulles, longueur 1.0 m, soit au total 24 aérateurs. Chaque groupe peut être extrait séparément; cette opération peut se faire à bras d'homme. Chaque groupe dispose d'une soupape de réglage type papillon pour l'équilibrage entre groupes.

#### 7.3.4. Les caractéristiques du réacteur projeté sont les suivantes:

- Le volume bati ne représente que 70 % de la disposition conventionnelle, suite à l'absence d'un décanteur secondaire conventionnel.
- L'équipement mécanique se réduit au surpresseur; il n'y a aucun élément mécanique sous eau.

- Le maintien des boues dans l'activation permet de renoncer à un système de recirculation des boues ce qui réduit la charge hydraulique de la séparation à quelque 50%.
- L'essaim filtrant, composé des floccs indigènes du processus, s'établit, agit et s'élimine automatiquement et sans frais vu le régime intermittent de l'aération qui génère une variation des conditions d'équilibre.
- Le réacteur est très simple à gérer, stable et consomme peu d'énergie, tout en assurant un rendement élevé.
- L'exploitation du réacteur en service intermittent permet l'élimination biologique du nitrate.
- Le processus mène à une granulation des floccs (AGS) d'où l'indice des boues inférieur à 50ml/g. En plus il produit des boues excédentaires stabilisées.
- Le réacteur ne présente pas de zones mortes de sorte que des dépôts sont exclus ce qui évite toute putréfaction et ainsi l'émission d'odeurs nauséabondes et de gaz nocifs.
- Le réacteur est couvert d'où possibilité de récupération de l'air vicié pour traitement.

#### 7.4. Mesure du débit et échantillonneur d'effluent

Le débitmètre est installé dans une chambre dite de fuite accolée à l'aval du réacteur biologique. La mesure du débit d'effluent est effectuée moyennant un débitmètre inductif sous charge (remplissage complet permanent). La prise d'échantillons de l'effluent se fait à l'entrée de la buse collectrice d'effluent acheminant les eaux vers l'unité de mesure du débit.

#### 7.5. Evacuation des boues excédentaires

L'unité y relative est logée dans la chambre de fuite en aval du réacteur biologique. L'extraction se fait au fond du réacteur par 2 conduites débouchant dans la chambre et raccordées à l'aspiration de 2 pompes à vis excentrique travaillant en alternance. Débit par pompe : 2.5 l/s, temps de fonctionnement par cycle de 3 heures : environ 5 minutes à charge polluante maximale.

#### 7.6. Silo à boues

Le silo à boues est proposé sous forme cylindrique avec un volume utile de 125 m<sup>3</sup> et un temps de stockage de 3 mois. Etant donné que l'alimentation en boues excédentaires a lieu à chaque cycle du processus, donc 8 fois par jour, la charge volumique est suffisamment uniforme pour travailler en décantation. Ainsi les eaux putrides sont déchargées dans le cylindre d'alimentation du réacteur à un rythme de 8 petites charges par jour. Cette disposition évite toute surcharge des boues activées par les eaux putrides. Le malaxage des boues déposées au fond est réalisé par une pompe à roue centrifuge installée à sec dans une chambre enterrée accolée au silo et

une tuyère à double jet logée au fond. Cette pompe est activée 1 fois par jour pendant quelques minutes (nuit) pour assurer un malaxage des boues afin d'éviter leur solidification. La conduite de soutirage des boues digérées est disposée de façon à éviter tout écoulement incontrôlé en cas de fausse manipulation.

#### 7.7. Bâtiment combiné primaire/de service

Ce bâtiment, réalisé en maçonnerie isolante avec façade en bois et toiture en panneaux sandwich à peau métallique double face, comprend les locaux/équipements suivants :

- Local primaire abritant le dégrilleur/dessableur/dégraisseur
- Local du doseur de précipitant
- Local des surpresseurs
- Local bureau/technique abritant le tableau de commande et le sous-sol pour câbles/gaines
- Local sanitaire
- Stock/dépôt de matériel

#### 8.0. Coût estimé

Suivant le devis détaillé ci-joint, le coût total de l'ouvrage est estimé à 2'550'000 € TVA comprise. Dans ce coût, la viabilisation/préparation du site intervient avec 255'000 €, ce qui est élevé mais conditionné par la topographie du terrain.

Le présent devis est établi sur base de prix récemment offerts mais ne peut pas tenir compte des hausses éventuelles sur matériaux à venir, résultant des chutes de production et difficultés de livraison dans diverses branches suite à Covid 19 et à la guerre en Ukraine.

Beringen, en mai 2022

N. Welter  
Ing. dir. adj.