



Programme 2016/2018 – Eau, biodiversité et aménagements urbains – EPNAC



Veille des procédés nouveaux

Disques biologiques Exelio « biorotor pamco® »

Marie-Amélie DUROT
Pascal MOLLE
Stéphanie PROST-BOUCLE



Décembre 2018

- **AUTEURS**

Marie-Amélie DUROT, Irstea, centre de Lyon-Villeurbanne

Pascal MOLLE, Irstea, centre de Lyon-Villeurbanne, pascal.molle@irstea.fr

Stéphanie PROST-BOUCLE, Irstea, centre de Lyon-Villeurbanne, stephanie.prost-boucle@irstea.fr

- **CORRESPONDANTS**

AFB : Stéphane GARNAUD-CORBEL, stephane.garnaud-corbel@afbiodiversite.fr

Partenaire Irstea : Stéphanie PROST-BOUCLE, stephanie.prost-boucle@irstea.fr

Pascal MOLLE, pascal.molle@irstea.fr

- **AUTRES CONTRIBUTEURS**

L'atelier « Veille des Procédés Nouveaux » du groupe de travail EPNAC (décembre 2018) :

Charente-Eaux	Yoann LAVAUD
ATD 24	Marc BOUCHER
SATESE 48	Christophe BONNET
Agence de l'Eau Loire Bretagne	Henri-Noel LEFEBVRE
SYDED 46	Patrick LABESCAU
SATESE 82	Pascal BOURDONCLE
Agence de l'eau – Adour Garonne	Jocelyne DI MARE
Irstea, coordinatrice de l'atelier	Marie-Amélie DUROT
Irstea	Pascal MOLLE
Irstea	Stéphanie PROST-BOUCLE

Droits d'usage : accès libre

Niveau géographique : national

Couverture géographique : nationale

Niveau de lecture : professionnels, experts, décideurs

- **SOMMAIRE**

1	OBJECTIFS ET LIMITES DE L’EVALUATION.....	4
2	PRESENTATION DE LA SOCIETE EXELIO	4
3	PRESENTATION DE LA FILIERE	5
4	REFERENCES	5
5	EVALUATION DE LA FILIERE	6
	5.1 Gamme de capacité de traitement (EH).....	6
	5.2 Type d’effluents	6
	5.3 Nature des réseaux compatibles	6
	5.4 Surface requise.....	6
	5.5 Bases de dimensionnement et conception.....	6
	5.6 Garanties de traitement constructeur.....	9
	5.7 Modalités de maintenance : récurrence et technicité.....	9
	5.8 Coûts d’exploitation-maintenance (estimés par Exelio).....	11
6	CONCLUSIONS – DISCUSSION	12
7	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	13
8	TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	13

- **MOTS CLES**

Bodisques, biorotor pamco®, conception, disques biologiques, évaluation, EPNAC, Exelio, exploitation

1 OBJECTIFS ET LIMITES DE L'ÉVALUATION

Les disques biologiques (ou biodisques) ont déjà fait l'objet de travaux par le groupe de travail EPNAC. Plusieurs documents ont été publiés :

- Protocole de mesures et fiche terrain pour station à disques biologiques et lits de clarification-séchage plantés de roseaux (EPNAC, 2010),
- Association de disques biologiques et de lits de clarification-séchage plantés de roseaux (Gervasi et Molle, 2013),
- Guide d'exploitation des ouvrages de traitement par disques biologiques (EPNAC, 2016).

Les disques biologiques ont connu des évolutions technologiques (robustesse de l'axe central, support alvéolaire) qui semblent avoir des répercussions en termes de compacité et pose des questions sur une possible amélioration des performances de traitement (notamment sur l'azote), ce que nous souhaitons étudier.

L'objectif de cette note est d'apporter des éléments de critique indépendants sur une récente génération de disques biologiques commercialisée par Exelio, via l'actualisation des connaissances sur ce procédé.

Cette fiche vise donc à identifier **les points forts et les limites** de la filière « disques biologiques » 4^{ème} génération de l'ensemblier belge Exelio, adaptée notamment pour le petit collectif. Ce procédé fait intervenir notamment des disques biologiques de type alvéolaires.

L'analyse porte sur la conception, les matériaux, le dimensionnement, la nature des réseaux compatibles, les garanties de résultats, les modalités et coûts d'exploitation, ainsi que sur les évolutions de la technologie, notamment en termes de performances sur l'azote global et le phosphore.

L'analyse proposée ne s'appuie pas sur des résultats de mesures de qualité de rejet. Elle s'appuie sur les données fournies par le constructeur lors d'échanges avec l'atelier de travail « Veille des procédés nouveaux » d'EPNAC, quant à la conception, l'exploitation et les garanties de résultats.

Pour chaque critère d'évaluation, les informations fournies en 2018 sont exposées (police de couleur noire) avant que soient présentés les éléments d'analyse du groupe de travail : **avantages** et **limites** de la filière.

2 PRÉSENTATION DE LA SOCIÉTÉ EXELIO

Créée en 2007, la société Exelio est un ensemblier belge d'une trentaine de collaborateurs dont l'activité est diversifiée entre les domaines de l'eau, de l'énergie et de l'industrie. Près de 80 % de son chiffre d'affaires provient du secteur de l'eau. Exelio possède depuis 2012 le brevet « biorotor pamco® », disques biologiques commercialisés depuis les années 80.

3 PRESENTATION DE LA FILIERE

Le procédé disques biologiques repose sur le principe du traitement par cultures fixées sur supports grossiers. La filière classique est composée d'un décanteur primaire le plus souvent non compartimenté, suivi de disques rotatifs partiellement immergés, puis d'un clarificateur (Figure 1).

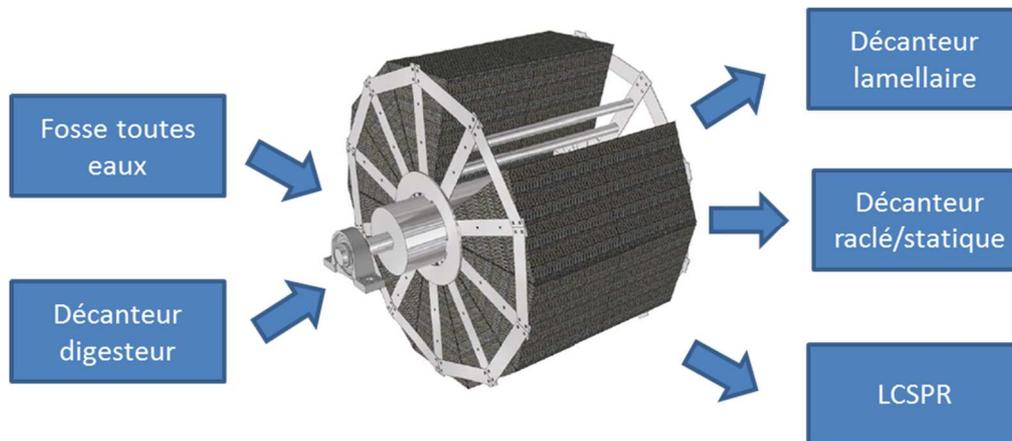


Figure 1 : Les configurations possibles de la filière biorotor pamco®

Les disques biologiques Exelio commercialisés à ce jour appartiennent à la 4^{ème} génération. Le procédé a évolué dans un souci d'optimisation de robustesse et de solidité au cours des années, notamment :

- l'arbre de la structure est en acier creux ;
- les disques biologiques Exelio sont en polyéthylène haute densité (PEHD) alvéolé et les rayons sont maintenant en acier inox ;
- variateur de vitesse du moteur.



Figure 2 : Media support alvéolé de la filière biorotor pamco®, qui développent une surface de 150 m²/m³ de support (source Exelio)

4 REFERENCES

Exelio dispose de 14 références depuis l'achat du brevet pamco® en 2012. La seule référence française est la station de Gamarthe (64), de capacité 400 EH, réalisée en 2015 par Hydrel (Opure depuis sa fusion avec Jean Voisin en 2017). Les autres références se situent en Belgique et au Luxembourg.

5 EVALUATION DE LA FILIERE

5.1 Gamme de capacité de traitement (EH)

Les disques biologiques Exelio biorotor pamco® répondent à une large gamme de capacités, entre 130 EH et 4 200 EH pour les réalisations depuis 2012, recevant des eaux domestiques (exception faite d'un site pilote de 51 EH). Parmi les réalisations effectuées entre 1981 et 2011, la plus petite traitant des eaux usées domestiques est dimensionnée pour 5 EH (aucun agrément en France) et la plus importante pour 22 000 EH (mixte d'eaux usées domestiques et agroalimentaires).

5.2 Type d'effluents

Dans le cadre de notre analyse, on se base sur l'application pour des **effluents domestiques**, bien que le procédé soit adapté à certains effluents industriels au regard des références Exelio.

5.3 Nature des réseaux compatibles

Le réseau peut être séparatif ou unitaire : un dimensionnement adapté des ouvrages est réalisé. En Belgique, le dimensionnement est effectué sur la base de 3Q18 (3 fois le débit sur 18 h) pour un réseau unitaire, parfois complété si besoin par un bassin d'orage.

5.4 Surface requise

L'**emprise totale au sol** (surfaces d'accès comprises) est de 150 m² pour la station à biorotor de 300 EH. Les ouvrages sont généralement enterrés

- + • Filière compacte et enterrée.

5.5 Bases de dimensionnement et conception

• Prétraitement

Une **fosse toutes eaux** ou un **décanteur-digesteur** sera privilégié. L'ouvrage de prétraitement est donc assimilable à un décanteur primaire, eu égard au temps de séjour hydraulique dans l'ouvrage et à la vitesse de Hazen sur le débit de dimensionnement :

- **Vitesse ascensionnelle (Va)** : < 1,5 m³/h/m² pour un débit journalier de temps sec s'écoulant sur 18 heures de 3Q18 (eaux claires parasites comprises)¹ ;
- **Temps de séjour (Ts)** : 1 à 2 h à 3Q18 (eaux claires parasites comprises) ;
- **Hauteur** : maximum 6 mètres (aspiration par camion suceur), hauteur de stockage utile des boues d'environ 4 m (2/3 de la hauteur).

Exelio annonce un abattement jusqu'à 30 % sur le carbone (DCO, DBO₅ et MES) en sortie de décanteur primaire.

Nota : Le groupe EPNAC rappelle que les prétraitements de type décanteurs primaires sont incompatibles avec un réseau recevant des eaux pluviales.

¹ Le calcul du débit de dimensionnement de temps sec doit intégrer les débits d'eaux claires parasites (ECP). Cette démarche est commune à toute filière. Elle est nécessaire pour estimer les débits réellement admis. Pour cela, une étude fine de réseau doit être menée (mesures en période hivernale lorsque les nappes sont hautes). La référence 3Q18 correspond à un débit de pointe et non à un débit moyen.

Dans la mesure où une moindre contrainte de maintenance est recherchée, le tamis filtrant est peu recommandé par Exelio avec l'argument de conservation de la simplicité et rusticité de la filière. De plus, Exelio déconseille le décanteur lamellaire qu'il considère peu fiable (risques de relargages).

• Traitement par les disques biologiques

Selon la taille de la station et les performances de traitement attendues, plusieurs modules de disques peuvent être installés en série (pour des recherches d'amélioration du traitement sur la nitrification), et/ou en parallèle (pour répartir les charges sur la première batterie de disques ou pour faire face à des variations de charges ou d'accroissement de capacité).

- **Entraînement des disques biologiques**

Chez Exelio, l'axe d'entraînement des disques biologiques est limité à 8 m de longueur, en lien avec la résistance des matériaux. Les disques sont entraînés via un motoréducteur de marque italienne Bonfiglioli équipé d'un variateur de fréquence du moteur, permettant de modifier les vitesses de rotation et le couple pour la gestion des balourds éventuels. En fonctionnement normal, la vitesse de rotation est de l'ordre de 12 à 13 m/min périphérique garantissant le non-arrachement de la biomasse. Le variateur de vitesse sert à contrôler l'évolution du biofilm et par conséquent le risque de balourd (environ 20 m/min) ou de colmatage liés à l'accumulation de biomasse (limiter la maque d'O₂).

- **Alimentation du module contenant les disques biologiques**

Les disques sont immergés à hauteur de 40 % environ. La périphérie des disques se situe à environ 25-30 cm du radier de l'ouvrage.

Dispositif d'alimentation : les roues à godets sont régulièrement utilisées avec la technologie biodisques. Cela permet :

- en amont des biorotors : une régulation du débit d'alimentation du traitement biologique ;
- en aval des biorotors : une remontée de la ligne d'eau des ouvrages avals (clarificateur, canal venturi de rejet), permettant des économies sur les travaux de génie-civil.



Figure 3 : Alimentation des disques biologique Exelio (source Exelio)

L'écoulement est perpendiculaire à l'axe de rotation des disques (Figure 3), favorable à un temps de contact plus important. Les canaux sont dirigés tangentiellement à l'axe de rotation assurant un écoulement libre et direct de l'eau, sans risque de bouchage. Lorsque les canaux sortent de l'eau, ils se vident immédiatement ; le courant d'eau est alors perpendiculaire à la surface du bassin. Cette conception assure à tout moment une circulation turbulente d'eau au travers de l'élément, ce qui augmente sensiblement les forces de cisaillement. La multitude de canaux augmente la longueur du chemin de l'eau et donc le temps de contact avec la biomasse.

- **Dimensionnement des disques biologiques : taille, nombre et capacités des modules**

Le dimensionnement se calcule suivant les objectifs de traitement à réaliser, associés à une charge organique maximale en g de DBO₅/m²/j. La méthode de calcul est basée sur les travaux de W.W Eckenfelder (1982).

- Pour des objectifs de nitrification : charge de **4 g DBO₅/m²/j** pour un rejet en NK < 15 mg/L, DBO₅ < 25 mg/L et MES < 35 mg/L.
- Pour des objectifs de traitement du carbone seul : charge de **8 g DBO₅/m²/j** pour DCO < 125 mg/L, DBO₅ < 25 mg/L et MES < 35 mg/L.
- A minima, 2 batteries en série avec une limite à 20 gDBO₅/m²/j appliqués pour la première batterie.
- Avec le développement d'un biofilm moyen de l'ordre de 3 à 4 mm, selon la charge organique de l'effluent, l'espacement entre deux supports alvéolés est en moyenne de 15 mm (variation entre 12 mm et 19 mm selon la densité de disques à mettre en place pour le module).
- Le support alvéolé permet un gain de surface développée, d'où un gain de compacité annoncé à 30 % en volume par rapport à des disques plans classiques pour une surface donnée et pour un espace entre disques similaire (distance moyenne entre disques de 15 mm et diamètre de chenaux alvéolaire de 15 mm).

La mise en œuvre de batteries de disques en parallèle permet de pouvoir assurer une continuité de traitement (éventuellement dégradé) lors de l'arrêt d'une ligne de traitement.

- Temps de séjour

Le temps de contact effluent-disques est de 2 h minimum, compris entre 2,5 et 3 h pour Q18 au niveau des auges à disques biologiques.

- Aération

Des rampes d'aération sont systématiquement mises en œuvre sur le procédé Exelio, pour envoyer de l'air sous pression sous les disques en cas de colmatage.

Par ailleurs, si les ouvrages sont enterrés, il convient de s'assurer que la ventilation est suffisante pour permettre l'aération des ouvrages et du biofilm.

• Dénitrification et déphosphatation

Ces traitements particuliers font l'objet de travaux expérimentaux ou de pistes de réflexion, notamment via un travail de R&D avec le CEBEDEAU. La dénitrification est approchée par une boucle de recirculation dans un compartiment anoxique en tête des disques biologiques. La déphosphatation est approchée par un traitement physicochimique dont les conditions de mise en œuvre ne sont pas encore définies car aucune station biorotor pamco® n'est actuellement concernée.

En ce qui concerne la dénitrification, les rendements dépendent du taux de charge de la station associé au taux de recirculation. Pour de faibles charges, les taux de recirculation testés actuellement par le constructeur ne permettent pas d'atteindre des rendements importants (41 % sur le NGL), nécessitant d'étudier plus finement le rôle de la recirculation. En fortes charges, des rendements de 80 % sur le NGL ont été observés. Dans les deux cas, la nitrification est assurée correctement. Ces premiers résultats nécessitent des études complémentaires pour fiabiliser le système sur la dénitrification et en déterminer les limites.

• Clarificateur

L'étape de clarification est importante et délicate sur ce type de procédé car il n'y a pas formation de floes comme en boues activées. L'effluent arrivant dans le clarificateur est constitué d'eaux traitées et de fragments de biofilm grossier décrochés du support biorotor pamco®. Pour assurer une décantation satisfaisante, le dimensionnement se fait selon une vitesse ascensionnelle par rapport à un débit maximum :

- **Vitesse ascensionnelle (Va)** : 0,8 à 1 m/h pour un débit horaire de temps sec s'écoulant sur 18 h, soit 3Q18 ;
- **Temps de séjour (Ts)** : environ 1 h, à 3Q18 (ECP comprises)¹ ;
- **Hauteur** : minimum 3 m. Aucun détecteur de voile de boues n'est prévu (cette disposition exigerait un surcoût non indispensable pour ce type d'installation selon Exelio).
- Afin de limiter l'accumulation de **boues** (et les éventuelles remontées par dénitrification), celles-ci peuvent être **purgées** davantage que théoriquement nécessaire. Elles sont généralement évacuées par pompage pour être stockées dans la décantation primaire.

5.6 Garanties de traitement constructeur

Pour une nitrification classique, le dimensionnement sera calculé à partir de la règle de 4 gDBO₅/m²/j et les résultats garantis par le constructeur sont détaillés en Tableau 1.

MES	DBO ₅	NK
< 35 mg/L	< 25 mg/L	< 15 mg/L

Tableau 1 : Niveaux de garanties de traitement du constructeur Exelio

En cas d'exigence de traitement sur le carbone seul et pour les mêmes performances de traitement, le dimensionnement se fait sur la base de 8 gDBO₅/m²/j.

+

- Les charges de dimensionnement sur les disques biologiques, pour des objectifs de traitement visés, sont conformes au retour d'expérience national sur des disques biologiques classiques.
- Une compacité est obtenue par une surface développée plus importante que dans des filières disques biologiques classiques : 30% de volume en moins par rapport aux disques plans pour une surface donnée et pour un espace similaire (exemple pour une distance entre disque de 15 mm et un diamètre de chenaux alvéolaire de 15 mm)
- L'étape de séparation par clarification est plus fiable que par tamis rotatifs.
- Un variateur de vitesse, ainsi qu'une rampe d'aération, sont des éléments sécurisants pour la gestion du balourd : cisaillement amélioré du biofilm.

-

- La filière n'est pas encore fiabilisée pour un traitement poussé de l'azote global et du phosphore.
- Les règles de dimensionnement sur la réglementation belge (3Q18) doivent être confirmées pour la réglementation française (débit de référence et débit de pointe sur 24 h).
- Des précisions sont à apporter sur la gestion des boues du décanteur primaire.

5.7 Modalités de maintenance : récurrence et technicité

La garantie de tenue de la structure (arbre, rotor, alvéoles) est de 10 ans. Le constructeur Exelio annonce 25 ans de fonctionnement sans difficulté.

Depuis 2012, le procédé ne connaît pas de retours d'expériences concernant des problèmes de colmatage ou de dysfonctionnements en lien avec la gestion de « filasses » (cheveux, poils).

Les points d'intervention pour l'exploitation sont facilités car situés aux extrémités de l'axe, notamment l'accessibilité aux paliers.

• Fréquences d'interventions et tâches associées

Chaque semaine	<ul style="list-style-type: none">- Vérification du bon fonctionnement de tous les ouvrages, et en particulier de la rotation des disques par contrôle visuel (fréquence d'intervention quotidienne conseillée).- Programmation d'un cycle de cisaillement pendant 24 h (fréquence 1 fois par semaine pour un fonctionnement classique). Cette gestion du balourd observé en continu via le monitoring du variateur de vitesse, permet de limiter les besoins croissants en énergie qui pourraient engendrer un arrêt de la machine.
Chaque mois	<ul style="list-style-type: none">- Contrôle visuel de l'état de croissance et répartition du biofilm sur les disques.- Contrôle du poste de relevage (si existant).
4 fois par an	<ul style="list-style-type: none">- Contrôle du bon fonctionnement des cartouches automatiques « à pression » pour le graissage des paliers.
2 fois par an	<ul style="list-style-type: none">- Remplacement des cartouches de graissage des paliers.- Vérification de l'huile du moteur.
1 fois par an	<ul style="list-style-type: none">- Mesure des niveaux de boues dans la fosse toutes eaux (FTE), au minimum en entrée et sortie de fosse. Programmer la vidange si nécessaire.- Nettoyage de l'ensemble des ouvrages de distribution, répartition.- Renouvellement de l'huile moteur.- Si présence d'un poste de relèvement : vérification de son bon fonctionnement.
Tous les 1 à 3 ans	<ul style="list-style-type: none">- Vidange de l'ouvrage de prétraitement, selon le dimensionnement, à 50 % de remplissage moyen. En France, les vidanges sont généralement réalisées plusieurs fois par an.

Tableau 2 : Fréquences d'interventions et tâches associées

• Exceptionnellement, en cas d'arrêt des disques biologiques, une vidange est conseillée pour éviter les dégradations liées à un balourd. La récupération de la biologie nécessaire au traitement satisfaisant est de l'ordre de quelques heures.

• Gestion du balourd

Le balourd, résultat d'un développement différentiel de biofilm sur le support, provoque un déséquilibre de masse sur le rotor, pouvant causer des casses onéreuses. Comme tout disque biologique, ce système n'en est pas potentiellement exclu. La cause principale de la création du balourd est son arrêt (panne électrique...). Un arrêt de 12 h est suffisant pour créer un balourd significatif.

Pour gérer le balourd, en plus du nettoyage automatique hebdomadaire, le couple est mesuré en permanence et toute déviation provoque une alarme. En cas d'arrêt trop important et pour tout arrêt de plus de 12 h il est possible :

- d'augmenter la vitesse de rotation pour arracher le biofilm ;
- de réguler la vitesse de rotation pour favoriser le contact sur les zones les moins chargées ;
- de faire tourner les disques biologiques en sens inverse pendant quelques heures ;
- d'insuffler de l'air à la base par les rampes ;
- en dernier recours, de vidanger les auges pour dessécher le biofilm.

+

- Absence de technicité pointue requise, même si des compétences et des savoir-faire spécifiques sont nécessaires.
- Accès facilité aux organes fonctionnels pour l'inspection.
- Mesure permanente de l'ampleur du balourd et solutions variées de gestion du balourd.
- Le contrôle visuel du fonctionnement de l'alimentation doit nécessairement être réalisé chaque semaine, avec nettoyage au besoin car les performances de la filière dépendent de la répartition homogène des débits entre les batteries de disques.
- Opération périodique à ne pas négliger : vidange de la fosse toutes eaux ou du décanteur-digesteur et gestion des matières de vidange. Tâche commune à toutes les filières comportant un ouvrage de prétraitement.
- Sensible aux pannes électriques.
- L'opération de maintenance du balourd nécessite une expertise.

5.8 Coûts d'exploitation-maintenance (estimés par Exelio)

Les paliers (1 500 €HT la paire), les roulements et le motoréducteur (5 000 €HT) présentent une durée de vie estimée à 10 ans.

Une prestation sous forme de contrat d'assistance peut être proposée par Exelio pour le suivi des balourds.

• Coût de la main d'œuvre

- 2 h/semaine à 130 EH → 32 €HT/EH/an.
- 8 h/semaine à 4 200 EH → 4 €HT/EH/an.

• Coût des vidanges de fosse septique

- Environ 10 €HT/EH/an pour 130 EH.
- 4 €HT/EH/an pour 4 200 EH.

• Consommation électrique

La consommation électrique annoncée par le constructeur s'échelonne entre 3,3 kWh/m³, pour de petites stations (130 EH : environ 18 €HT/EH/an) et 0,67 kWh/m³ pour de plus grosses installations (4 200 EH : environ 4 €HT/EH/an).

→ Coût total d'exploitation (temps de personnel inclus)

- Environ 54 €HT/EH/an pour 130 EH.
- Environ 12 €HT/EH/an pour 4 200 EH.

+

- Pas de technicité pointue spécifique requise pour les visites hebdomadaires et mensuelles.
- Les coûts d'exploitation et de maintenance pourraient s'avérer non compétitifs par rapport à des procédés extensifs pour de petites capacités.
- Bien que non observé actuellement, en cas de problème majeur mécanique, les coûts de maintenance pourraient être accrus.

6 CONCLUSIONS – DISCUSSION

Avantages de la filière

- De 2 à 10 ans de garantie sur la structure et les supports du biofilm hors pièces d'usure.
- Filière compacte et enterrée (bon aspect esthétique, mais contraignant pour l'exploitation).
- Filière simple d'exploitation (hors gestion d'un balourd important).
- Un axe creux (seulement 2 paliers d'appuis), pas de maintenance au sein de la cuve (plus de sécurité et de confort).
- Disposition des supports de biomasse par quartiers contigus autour de l'arbre : possibilité de remplacement des modules sans démontage complet de la machine.
- Différentes stratégies pour éviter l'apparition de balourds nécessitant un motoréducteur surdimensionné. Variation des vitesses de rotation.
- Possibilité d'augmenter la capacité de traitement de capacité par ajout de ligne en parallèle.

Limites de la filière – Points d'attention

- Le design du traitement primaire doit être sécuritaire et performant pour éviter un chargement excessif ou un encrassement des supports de biomasse.
- Filière enterrée : contraintes pour l'exploitation (interventions sur les ouvrages), contrôle de l'aération (ventilation des disques biologiques, confinement en cas d'intervention)
- Pas de garantie de traitement sur l'azote global et le phosphore pour l'instant.
- Disposer d'une source d'alimentation électrique fiable avec peu de coupures de courant pour éviter la gestion des balourds et les pertes de performances qui en découlent.
- Consommation électrique pouvant être non compétitive pour des petites capacités par rapport à d'autres procédés.

7 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Eckenfelder W.W. (1982) Gestion des eaux usées urbaines et industrielles. Caractérisation, techniques d'épuration, aspects économiques Editions TEC & Doc Lavoisier, 503 p

Gervasi C. et Molle P. (2013) Association de disques biologiques et de lits de clarification-séchage plantés de roseaux, EPNAC, 56p.

Groupe de travail EPNAC (2010) Protocole de mesures et fiche terrain pour station à disques biologiques et lits de clarification-séchage plantés de roseaux, EPNAC, 2 documents.

Groupe de travail EPNAC (2016) Guide d'exploitation des ouvrages de traitement par disques biologiques, EPNAC, 36p.

8 TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Les configurations possibles de la filière biorotor pamco®..... 5

Figure 2 : Media support alvéolé de la filière biorotor pamco®, qui développent une surface de 150 m²/m³ de support (source Exelio) 5

Figure 3 : Alimentation des disques biologique Exelio (source Exelio)..... 7

Tableau 1 : Niveaux de garanties de traitement du constructeur Exelio..... 9

Tableau 2 : Fréquences d'interventions et tâches associées 10

Irstea

1, rue Pierre-Gilles de Gennes
CS 10030
92761 Antony Cedex

01 40 96 61 21

www.irstea.fr

Agence française pour la biodiversité

Hall C – Le Nadar
5, square Félix Nadar
94300 Vincennes

01 45 14 36 00

www.afbiodiversite.fr