

ETV - Rapport de vérification

Référence : RV - 26083039

Révision : 00

Séparateur hydrodynamique centrifuge et membranaire TRITHON

À LA DEMANDE DE :

F2F
10 rue Richedoux
50480 SAINTE MERE EGLISE

Ce rapport est conservé au CSTB pendant une durée minimale de 10 ans. La reproduction de ce rapport n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 20 pages et 8 Annexes.

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT

290 route des Lucioles – BP 209 – 06904 Sophia Antipolis cedex

Tél. : +33 (0)4 93 95 64 46 – etv@cstb.fr – www.cstb.fr

Siège social > 84 avenue Jean Jaurès – Champs-sur-Marne – 77447 Marne-la-Vallée cedex 2

MARNE-LA-VALLÉE / PARIS / GRENOBLE / NANTES / SOPHIA ANTIPOLIS

Sommaire

1	INTRODUCTION	3
1.1	Nom de la technologie	3
1.2	Nom et coordonnées du demandeur	3
1.3	Nom de l'organisme de vérification et du responsable de la vérification	3
1.4	Organisation de la vérification y compris les experts et du processus de vérification	3
1.5	Ecart par rapport au protocole de vérification	4
2	DESCRIPTION DE LA TECHNOLOGIE ET L'APPLICATION.....	4
2.1	Description sommaire de la technologie	4
2.2	Applications prévues	5
2.3	Emissions ou impacts environnementaux associés	5
3	Définition des paramètres de vérification	5
3.1	Paramètres de performance	5
3.2	Paramètres additionnels – non évalués dans le cadre de cette vérification	5
3.2.1	Extrapolation des performances aux autres modèles de la gamme TRITHON	5
3.2.2	Performances annuelles	6
3.2.3	Performances corrigées (remise en suspension)	6
3.2.4	Entretien (vidange)	7
3.2.5	Dimensionnement.....	7
3.3	Paramètres environnementaux	7
3.4	Tableau de définition des paramètres	7
4	DONNEES EXISTANTES	13
4.1	Données existantes acceptées.....	13
5	EVALUATION.....	13
5.1	Calcul des paramètres de vérification, y compris la détermination de l'incertitude.....	13
5.2	Evaluation de la qualité des essais	13
5.2.1	Données de contrôle.....	13
5.2.2	Audits.....	13
5.2.3	Écarts.....	13
5.3	Résultats de la vérification (revendications de performance vérifiées)	13
5.3.1	Description des méthodes statistiques utilisées	13
5.3.2	Paramètres de vérification	13
5.3.3	Paramètres supplémentaires, avec observations ou avertissements, le cas échéant.....	16
5.4	Recommandations pour la déclaration de vérification.....	17
6	ASSURANCE QUALITE ET VALIDATION	17
7	REFERENCES.....	19
ANNEXE 1	Termes et définitions	20
ANNEXE 2	Revue de la demande	20
ANNEXE 3	Offre	20
ANNEXE 4	Plan de vérification spécifique	20
ANNEXE 5	Rapports portant sur les amendements et les écarts concernant la vérification.....	20
ANNEXE 6	Plan de test.....	20
ANNEXE 7	Rapport de test	20
ANNEXE 8	Rapport d'évaluation du système de test	20

1 INTRODUCTION

Le rapport de vérification relatif à l'ETV ne constitue en aucun cas une certification au sens du Code de la consommation. De plus, il ne saurait être confondu avec une démarche d'évaluation technique au sens de l'arrêté du 21 mars 2012 relatif à la commission chargée de formuler des avis techniques et des documents techniques d'application sur des procédés, dont l'objet est d'évaluer l'aptitude à l'usage d'un dispositif incorporé dans l'ouvrage (conception, dimensionnement, mise en œuvre, exploitation...).

1.1 Nom de la technologie

Séparateur hydrodynamique centrifuge et membranaire TRITHON.

1.2 Nom et coordonnées du demandeur

Société F2F

Contact : M. MOREL

10 rue Richedoux

50480 SAINTE MERE EGLISE

☎ : 02 33 95 88 00

bpmorel@f2f.fr

1.3 Nom de l'organisme de vérification et du responsable de la vérification

CSTB - DEE / SE2

Responsable Technique : Coralie NGUYEN

Responsable Technique suppléant : Emmanuel TRAYNARD

290 route des lucioles

06904 SOPHIA ANTIPOLIS

☎ : 04 93 95 64 46

etv@cstb.fr

1.4 Organisation de la vérification y compris les experts et du processus de vérification

Ce rapport concerne la Vérification de la Technologie Environnementale du Séparateur hydrodynamique centrifuge et membranaire TRITHON.

Cette vérification est réalisée par le vérificateur CSTB : Coralie NGUYEN.

Le Responsable Technique suppléant est Emmanuel TRAYNARD.

Le protocole de vérification spécifique est présenté en annexe 4. Sa préparation a été réalisée par un instructeur technique CSTB : M. Alexandre FARDEL, Instructeur évaluation épuration-assainissement, Docteur en Génie civil alexandre.fardel@cstb.fr

Les relations entre les différents acteurs sont présentées dans la Figure 1 :

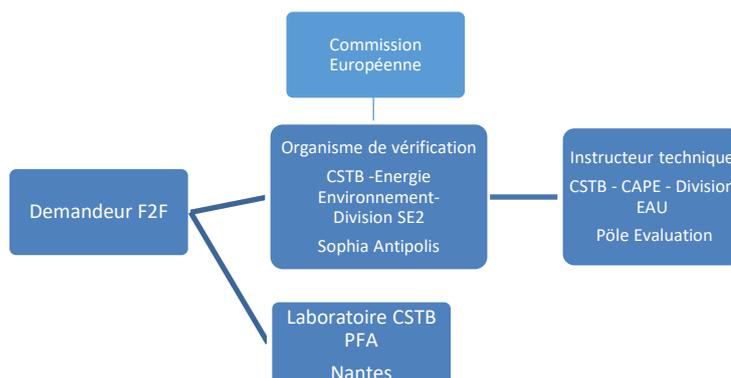


Figure 1. Organisation de la Vérification

La démarche ETV comprend les étapes suivantes :

Tableau 1. Etapes et responsabilités démarche ETV

Documents	Responsable
Revue d'éligibilité (Quick scan)	Organisme de vérification
Contrat	
Protocole de vérification spécifique	
Plan de test	Laboratoire
Rapport d'essais	
Rapport de vérification	Organisme de vérification
Déclaration de vérification	

Le Responsable Technique suppléant a validé la conformité de ce rapport vis-à-vis des exigences du Protocole Général de Vérification (GVP) de la Commission Européenne, de la norme EN ISO 14034, EN 17020 et du manuel qualité CSTB.

La prestation de vérification a démarré le 29/03/21 et s'est achevée par la diffusion du présent rapport de vérification, voir §5.

1.5 Ecart par rapport au protocole de vérification

Il n'a été observé aucun écart par rapport au protocole de vérification spécifique (voir annexe 4).

2 DESCRIPTION DE LA TECHNOLOGIE ET L'APPLICATION

2.1 Description sommaire de la technologie

La gamme de dispositifs TRITHON est destinée à la décantation des particules solides de densité comprise entre 2,5 et 3,0 et qui sont contenues dans les eaux pluviales et à la rétention de traces de flottants solides de densité comprise entre 0,90 et 0,95.

Note : la décantation fonctionne sur les particules de densité > 1 , le dispositif TRITHON visant la décantation des particules avec une densité comprise entre 2,5 et 3,0. La flottation fonctionne sur les flottants de densité < 1 , le dispositif TRITHON visant les flottants solides de densité comprise entre 0,90 et 0,95.

Le principe de fonctionnement revendiqué repose sur la technologie dite de l'hydrocyclone qui permet la sédimentation par effet de la force centrifuge (génération d'une vitesse tangentielle au flux). Par ce principe, les particules les plus légères sont séparées en étant plaquées contre les parois latérales avant de rejoindre le fond du dispositif.

Néanmoins, le phénomène de décantation gravitaire est également revendiqué dans ce dispositif lorsque les vitesses de l'écoulement ne permettent pas l'effet centrifuge ou pour les particules les plus lourdes.

Un phénomène de flottation est également possible pour les matières moins denses que l'eau (« flottants »). Elles sont piégées en surface au niveau des surfaces miroir supérieures.

Le dispositif est composé de manière concentrique :

- d'une zone externe par laquelle le flux pénètre dans le système,
- d'un premier compartiment dédié,
- d'un second compartiment,
- d'un tube central d'accès à la zone de stockage des boues.

Note : le dispositif est étudié dans cette ETV en mode « boîte noire » car il est difficile de décrire expérimentalement le fonctionnement interne et compartimenté de l'équipement au vu de sa complexité.

Pour chaque modèle, on désigne par TN le débit correspondant au débit nominal QN (L/s). Le dispositif TRITHON est conçu pour recevoir des débits jusqu'à 125% du QN.

Note : Un dispositif de protection amont, type déversoir d'orage ou trop plein, est mis en place pour diriger un flux $\leq 125\%$ du débit nominal vers le TRITHON. Cette configuration de fonctionnement n'est pas expérimentée dans cette ETV.

2.2 Applications prévues

Les applications prévues sont détaillées dans le Tableau 2.

Tableau 2. Applications prévues

Matière	Eaux pluviales
Objectif	Piégeage des MES (fraction $\geq 50-63 \mu\text{m}$) et de débris en plastique
Technologies utilisées	Séparation hydrodynamique à vortex (MES) Flottation (flottants)
Conditions d'utilisation	Eaux pluviales urbaines très chargées en MES, avec une concentration en MES de l'ordre de 200 mg/L, caractérisées par des tailles de particules comprises entre 2 μm et 20 mm et de densité comprise entre 2,5 et 3,0. Flottants solides de type débris en plastique de densité comprise entre 0,90 et 0,95

2.3 Emissions ou impacts environnementaux associés

L'utilisation de matière plastique recyclée dans la fabrication des dispositifs contribue à réduire les émissions pour autant que la durabilité de l'équipement soit maintenue.

Note : cette potentielle réduction d'impact environnementale n'est pas vérifiée dans cette ETV.

Le dispositif TRITHON réduit sous certaines conditions opératoires (§3.2) les flux massiques de MES et de flottants solides (débris en plastique) rejetés dans les milieux naturels.

3 Définition des paramètres de vérification

3.1 Paramètres de performance

Les paramètres de performance pour la vérification sont basés sur les paramètres de performances revendiqués par la société F2F, les exigences réglementaires, les besoins propres à l'application, les principaux facteurs environnementaux et l'état de l'art des performances des produits similaires.

Les paramètres de performance sont les suivants :

- **Revendication n°1** : Le dispositif TRITHON alimenté à 25%, 50%, 75%, 100% ou 125% du TN avec un compartiment de stockage de boue vide doit abattre en masse au moins 55% ($\pm 5\%$) des particules associées aux fractions granulométriques cumulées $\geq 50 \mu\text{m}$, $\geq 63 \mu\text{m}$, $\geq 75 \mu\text{m}$, $\geq 100 \mu\text{m}$, $\geq 150 \mu\text{m}$.
- **Revendication n°2** : Le dispositif TRITHON, alimenté au débit nominal (100% TN), doit piéger 97% des flottants solides microplastiques représentés par des billes de polyéthylène (charge de 20 kg de flottants en entrée),
- **Revendication n°3** : La remise en suspension du lit de boue du dispositif TRITHON alimenté à 125% du TN avec un stockage de boue à moitié rempli ne doit pas impacter à plus de 50% le rendement obtenu au débit d'essai de 125% du TN dans la revendication n°1.

Ces paramètres de performance sont présentés dans le Tableau 6.

3.2 Paramètres additionnels – non évalués dans le cadre de cette vérification

3.2.1 Extrapolation des performances aux autres modèles de la gamme TRITHON

La gamme TRITHON est constituée de 7 modèles, voir Tableau 3.

Tableau 3. Caractéristiques de modèles de la Gamme TRITHON (le modèle dont les performances sont vérifiées dans le cadre de cette ETV est en gras)

Diamètre appareil (mm)	Diamètre traitement (mm)	Surface miroir traitement (m ²)	Débit nominal (L/s)	Débit de pointe (L/s)
1300	1100	0,95	12	15
1600	1400	1,54	20	25
1900	1700	2,27	29	36
2300	2100	3,46	45	56
2500	2300	4,15	54	68
3000	2800	6,16	80	100
4000	3800	11,34	147	184

Seul le modèle de diamètre 1600 mm fait l'objet d'essais de vérification des revendications n°1 à n°3 dans le cadre de cette ETV. L'estimation des résultats de performances des autres modèles de la gamme TRITHON pour la revendication n°1 se base sur une méthode d'extrapolation/intrapolation développée par M. Miller¹ et utilisée dans plusieurs protocoles d'évaluation (Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec (Canada), Département de l'Écologie de l'État de Washington (USA), Département de la Protection de l'Environnement de l'État du New Jersey (USA)). La performance d'un modèle non testé en essais d'épuration s'obtient par application :

- du ratio entre sa surface miroir de traitement et celle du modèle testé en épuration ;
- ou du ratio entre son diamètre au carré et celui du modèle testé.

Note : Cette méthode d'extrapolation n'est pas vérifiée dans le cadre de cette ETV.

3.2.2 Performances annuelles

La performance annuelle de piégeage des fractions granulométriques cumulées ciblées (en masse), $RE_{M|\sum_{i=1}^j x_i}$, est estimée en suivant la méthode proposée par le Ministère du Québec dans le cadre de vérification de performance de séparateurs hydrodynamiques². Elle attribue un coefficient de pondération à chaque résultat de performance d'un débit de référence (voir Tableau 4).

Tableau 4. Coefficients de pondération pour l'estimation d'un séparateur hydrodynamique (extrait de la méthode d'évaluation du Ministère du Québec)

% débit	Facteur de pondération
25% TN	0,35
50% TN	0,25
75% TN	0,20
100% TN	0,10
125% TN	0,10

Le débit de 125% mentionné dans le Tableau 5 est remplacé dans ce document par $T_{\max|\text{traitement}}$ (voir Paramètres Additionnels dans le Tableau 6).

Note : Cette méthode d'estimation de la performance annuelle du TRITHON n'est pas évaluée dans le cadre de cette ETV.

3.2.3 Performances corrigées (remise en suspension)

L'impact du processus de remise en suspension du lit de boue du dispositif TRITHON est pris en compte en calculant une performance corrigée de piégeage d'une fraction granulométrique cumulée ($RE_{M|\sum_{i=1}^j x_i}$) pour chaque débit d'alimentation $\leq 100\%$ du TN testé dans le cadre de la vérification de la revendication n°1 (Tableau 6). Cette performance corrigée est déduite du bilan massique entre les matières injectées en entrée d'appareil – cumul des matières

¹http://www.scieca.org/2014epa/2014_predictive_performance_scaling_hydrodynamic_separators_miller.pptx (accès le 05/04/2021)

²<https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/pluviales/fiches/6-Technologie-evaluationPerformance.pdf> (accès le 05/04/2021)

injectés sur l'essai concerné de la revendication n°1 et de la moyenne des matières injectées sur les essais de la revendication n°3 – et les matières rejetées en sortie d'appareil – cumul des matières rejetées sur l'essai concerné de la revendication n°1 et de la moyenne des matières rejetées sur les essais de la revendication n°3 (Tableau 5).

Note : Cette méthode d'estimation de performances corrigées (remise en suspension) pour les débits $\leq 100\%$ du TN n'est pas évaluée dans le cadre de cette ETV.

3.2.4 Entretien (vidange)

Il est préconisé de vidanger l'appareil dès que la hauteur de boue du compartiment de stockage a atteint 80% de sa capacité maximale.

Note : Cette préconisation d'entretien n'est pas évaluée dans le cadre de cette ETV.

3.2.5 Dimensionnement

La méthode de dimensionnement du dispositif TRITHON n'est pas évaluée dans le cadre de cette ETV.

3.3 Paramètres environnementaux

Aucun paramètre environnemental n'a été revendiqué.

3.4 Tableau de définition des paramètres

Les paramètres sont définis dans le Tableau 5.

Tableau 5. Tableau de définition des paramètres

Paramètres	Unités	Méthode de test	Réglementation
Performances $RE_{M \sum_{i=1}^j x_i}$ Performance de piégeage des fractions granulométriques cumulées	en %	$RE_{M \sum_{i=1}^j x_i} = \frac{M_{\sum_{i=1}^j x_i in} - M_{\sum_{i=1}^j x_i out}}{M_{\sum_{i=1}^j x_i in}} \times 100 = \frac{M_{\sum_{i=1}^j x_i in} - m_{\sum_{i=1}^j x_i out} \times \frac{V_{out}}{V_{collecté}}}{M_{\sum_{i=1}^j x_i in}} \times 100$ <p> x_i la fraction considérée de tailles de particules en μm, : $x_1 : \geq 50$; $x_2 : \geq 63$; $x_3 : \geq 75$; $x_4 : \geq 100$; $x_5 : \geq 150$ $M_{\sum_{i=1}^j x_i in}$ la masse cumulée de particules des fractions granulométriques x_i en entrée $M_{\sum_{i=1}^j x_i out}$ la masse cumulée de particules des fractions granulométriques x_i en sortie $m_{\sum_{i=1}^j x_i out}$ la masse cumulée collectée en sortie de dispositif des fractions granulométriques concernées V_{out} le volume d'eau rejeté en aval, considéré égal au volume injecté V_{in} $V_{collecté}$ le volume total d'eau collecté en sortie de dispositif </p>	
$RE_{M \sum_{i=1}^j x_i cor}$ Performance corrigée de piégeage des fractions granulométriques cumulées (prise en compte de la remise en suspension du lit de boue sur débit d'essais 125% du TN)	en %	$RE_{M \sum_{i=1}^j x_i cor} = \frac{1}{1 + \frac{M_{\sum_{i=1}^j x_i in2}}{M_{\sum_{i=1}^j x_i in1}}} \times RE_{M \sum_{i=1}^j x_i} + \frac{\overline{M_{\sum_{i=1}^j x_i in2}} - \overline{M_{\sum_{i=1}^j x_i out2}}}{\overline{M_{\sum_{i=1}^j x_i in1}} + \overline{M_{\sum_{i=1}^j x_i in2}}}$ <p> $RE_{M \sum_{i=1}^j x_i}$ la performance de piégeage des fractions granulométriques cumulées obtenue suite à un essai à un débit de 125% du TN réalisé pour vérifier la revendication n°1 $M_{\sum_{i=1}^j x_i in1}$ la masse cumulée de particules des fractions granulométriques x_i en entrée de dispositif lors d'un essai à un débit de 125% du TN réalisé dans le cadre de la revendication n°1 $\overline{M_{\sum_{i=1}^j x_i in2}}$ la masse moyenne cumulée de particules des fractions granulométriques x_i en entrée de dispositif lors des trois essais à un débit de 125% du TN réalisés dans le cadre de la revendication n°3 $\overline{M_{\sum_{i=1}^j x_i out2}}$ la masse moyenne cumulée de particules des fractions granulométriques x_i en sortie de dispositif lors des trois essais à un débit de 125% du TN réalisés dans le cadre de la revendication n°3 </p>	
$\frac{RE_{M \sum_{i=1}^j x_i}}{RE_{M \sum_{i=1}^j x_i cor}}$ Ratio entre la performance de piégeage des fractions granulométriques cumulées avant et après correction (prise en compte de la remise en suspension du lit de boue sur débit d'essais 125% du TN)	Sans unité ≤ 2	$\frac{RE_{M \sum_{i=1}^j x_i}}{RE_{M \sum_{i=1}^j x_i cor}}$ <p> $RE_{M \sum_{i=1}^j x_i}$ la performance de piégeage des fractions granulométriques cumulées (sans prendre en compte le processus de remise en suspension) $RE_{M \sum_{i=1}^j x_i cor}$ la performance de piégeage des fractions granulométriques cumulées (après prise en compte du processus de remise en suspension) </p>	

Tableau 5 (suite). Tableau de définition des paramètres

Paramètres	Unités	Méthode de test	Réglementation
Performances (suite)			
$RE_{M flottants}$ Performance de piégeage des flottants (débris en plastique)	en %	$RE_{M flottants} = \frac{M_{flottants in} - M_{flottants out}}{M_{flottants in}} \times 100$ <p> $M_{flottants in}$ la masse de flottants³ en entrée de dispositif $M_{flottants out}$ la masse de flottants⁴ en sortie de dispositif </p>	
Exploitation			
Etat initial de l'appareil			
Délai entre deux essais consécutifs	Aucune exigence (≥ 0 h) pour les revendications n°1 et n°2 hors vidange et nettoyage ≥ 12 h pour l'objectif n°3	Mesure du délai entre deux essais	
Hauteur initiale de boue $V_{boue t=0}$	en cm ou en % de hauteur maximale de boue $V_{boue t=0} = 0\%$ (revendications 1 et 2) ou 50% (revendication 3)	Mesure de la hauteur de boue dans la chambre d'accès au compartiment de stockage	
Hauteur d'eau dans le produit (par compartiment)	en cm	Mesure de la hauteur d'eau avec une règle étalonnée ou des capteurs de pression avant le départ de l'essai (estimation des pertes de charge)	
Paramètres hydrauliques			
Température de l'eau injectée T_{eau}	4–20 (°C)	Mesure de la température de l'eau injectée (thermomètre)	Norme EN 858-1 (séparateur hydrocarbure) : 4–20°C
Débit d'alimentation Q_{in}	en L/s	Mesure du débit injecté (débitmètre)	
Volume injecté V_{in}	en m ³ ou en nombre de remplissage de l'appareil	Mesure du volume injecté (débitmètre)	

Tableau 5 (suite). Tableau de définition des paramètres

Paramètres	Unités	Méthode de test	Réglementation
Exploitation (suite)			
Eaux d'alimentation			
Matrice eau brute (E_{brute})			
Concentration en MES dans les eaux brutes $EMC_{MES_{\text{eau brute}}}$	< 10 mg/L	Mesure de la concentration en MES de la matrice eau brute (NF EN 872)	
Matrices eau dopée			
Matrice eau dopées (E_{MES})			
Sédiments			
Densité des particules $\rho_{\text{sédiments}}$	$2,5 \leq \rho_{\text{sédiments}} \leq 3,0$	Densité calculée à partir des masses volumiques apparente et spécifique (NF EN ISO 11272 et NF P94-054)	
Granulométrie des sédiments injectés	Courbe granulométrique $50 \mu\text{m} \leq D_{50} \leq 100 \mu\text{m}$ $D_{90} < 200 \pm 50 \mu\text{m}$ Coefficient d'uniformité $C_u > 5$ $1 < \text{Coefficient de courbure } C_c < 3$	Tamissage en condition humide - Tamissage : NF EN ISO 17892 -4 adaptée (ajout du tamis de taille de mailles 50 μm) ou analyse par granulométrie laser suivant la norme NF EN ISO 13320 ou analyse combinée tamissage suivant la norme NF EN ISO 17892-4 (particules $\geq 63 \mu\text{m}$) et granulométrie laser suivant la norme NF EN ISO 13320 (particules < 63 μm) $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} ; C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}}$	
Mélange Sédiments + Eau brute			
Concentration en MES dans les eaux dopées $EMC_{MES_{in}}$	$200 \pm 20 \text{ mg/L}$	Concentration en MES de la matrice eau dopées en sédiments déduite de la masse injectée $M_{MES_{in}}$ lors de l'essai	
Masse de MES injectées dans l'appareil $M_{MES_{in}}$	en g ou kg	Mesure de la masse de MES injectée lors de l'essai en tenant compte du bruit de fond de l'eau brute (avec une balance étalonnée)	
Densité des particules ρ_{MES}	$2,5 \leq \rho_{\text{sédiments}} \leq 3,0$	Densité calculée à partir des masses volumiques apparente et spécifique (NF EN ISO 11272 et NF P94-054)	
Granulométrie des eaux injectées	Courbe granulométrique $50 \mu\text{m} \leq D_{50} \leq 100 \mu\text{m}$ $D_{90} < 200 \pm 50 \mu\text{m}$ Coefficient d'uniformité $C_u > 5$ $1 < \text{Coefficient de courbure } C_c < 3$	Tamissage en condition humide NF EN ISO 17892-4 adaptée (ajout du tamis de taille de mailles 50 μm) ou analyse par granulométrie laser suivant la norme NF EN ISO 13320 ou analyse combinée tamissage suivant la norme NF EN ISO 17892-4 (particules $\geq 63 \mu\text{m}$) et granulométrie laser suivant la norme NF EN ISO 13320 (particules < 63 μm)	

Tableau 5 (suite). Tableau de définition des paramètres

Paramètres	Unités	Méthode de test	Réglementation
Exploitation (suite)			
Eaux d'alimentation (suite)			
Matrices eau dopée (suite)			
Matrice eau dopée en flottants ($E_{flottants}$)			
Densité des particules $\rho_{flottants}$	$0,90 \leq \rho_{flottants} < 0,95$	Densité calculée à partir des masses volumiques apparente et spécifique (NF EN ISO 11272 et NF P94-054)	
Masse de flottants injectés dans l'appareil $M_{flottants tn}$	en g ou kg (correspond à la masse de 20 kg de flottants)	Mesure de la masse de flottants injectées (balance étalonnée)	
Additionnels			
Extrapolation de gamme		Des intrapolations et extrapolations des performances basées sur le ratio entre les surfaces du plancher des modèles ou sur le ratio entre les diamètres au carré des modèles sont possibles – Non évaluée dans le cadre de cette ETV	
$RE_{M \sum_{i=1}^j x_i} an$ Performance annuelle de piégeage des fractions granulométriques cumulées	en %	Extrapolation de $RE_{M \sum_{i=1}^j x_i}$ en utilisant la méthode suivante (voir §3.3.2) – Méthode non évaluée dans le cadre de cette ETV $RE_{M \sum_{i=1}^j x_i} an = 0,35 \times \overline{RE_{M \sum_{i=1}^j x_i} _{Q_{alum}=25\%TN}} + 0,25 \times \overline{RE_{M \sum_{i=1}^j x_i} _{Q_{alum}=50\%TN}} + 0,20 \times \overline{RE_{M \sum_{i=1}^j x_i} _{Q_{alum}=75\%TN}} + 0,10 \times \overline{RE_{M \sum_{i=1}^j x_i} _{Q_{alum}=100\%TN}} + 0,10 \times \overline{RE_{M \sum_{i=1}^j x_i} _{Q_{alum}=Tmax traitement}}$ $\overline{RE_{M \sum_{i=1}^j x_i} _{Q_{alum}=25\%TN}}, \overline{RE_{M \sum_{i=1}^j x_i} _{Q_{alum}=50\%TN}}, \overline{RE_{M \sum_{i=1}^j x_i} _{Q_{alum}=75\%TN}}, \overline{RE_{M \sum_{i=1}^j x_i} _{Q_{alum}=100\%TN}},$ $\overline{RE_{M \sum_{i=1}^j x_i} _{Q_{alum}=Tmax traitement}}$ les performances moyennes de piégeage des fractions granulométriques cumulées pour les débits d'alimentation concernés (25% TN, 50% TN, 75% TN, 100% TN et Tmax traitement)	

Tableau 5 (suite). Tableau de définition des paramètres

Paramètres	Unités	Méthode de test	Réglementation
Additionnels (suite)			
$RE_{M \sum_{i=1}^j x_i} cor$ Performance corrigée de piégeage des fractions granulométriques cumulées (prise en compte de la remise en suspension, extrapolation des résultats d'essais à 125 % DN sur autres débits)	en %	$RE_{M \sum_{i=1}^j x_i} cor = \frac{1}{1 + \frac{\overline{M_{\sum_{i=1}^j x_i} in2}}}{\overline{M_{\sum_{i=1}^j x_i} in1}}} \times RE_{M \sum_{i=1}^j x_i} + \frac{\overline{M_{\sum_{i=1}^j x_i} in2}} - \overline{M_{\sum_{i=1}^j x_i} out2}}{\overline{M_{\sum_{i=1}^j x_i} in1}} + \overline{M_{\sum_{i=1}^j x_i} in2}}$ <p> $RE_{M \sum_{i=1}^j x_i}$ la performance de piégeage des fractions granulométriques cumulées obtenue suite à un essai à un débit de 25%, 50%, 75% ou 100% du TN réalisé pour vérifier la revendication n°1 $M_{\sum_{i=1}^j x_i} in1$ la masse cumulée de particules des fractions granulométriques x_i en entrée de dispositif lors d'un essai à un débit de 25%, 50%, 75% ou 100% du TN réalisé pour vérifier la revendication n°1 $\overline{M_{\sum_{i=1}^j x_i} in2}$ la masse moyenne cumulée de particules des fractions granulométriques x_i en entrée de dispositif lors des trois essais à un débit de 125% du TN réalisés pour vérifier la revendication n°3 $\overline{M_{\sum_{i=1}^j x_i} out2}$ la masse moyenne cumulée de particules des fractions granulométriques x_i en sortie de dispositif lors des trois essais à un débit de 125% du TN réalisés pour vérifier la revendication n°3 </p> <p>Méthode non évaluée dans le cadre de cette ETV</p>	
Entretien (Vidange)		Une vidange est préconisée dès que la hauteur de boue a atteint 80% de la hauteur maximale de stockage de boue de l'appareil – Non évaluée dans le cadre de cette ETV	
Dimensionnement		La méthode de dimensionnement du dispositif TRITHON n'est pas évaluée dans le cadre de cette ETV	

¹ Masse mesurée par pesée sur une balance correctement étalonnée après tamisage à sec ou humide en fonction de la méthode d'injection des sédiments

² Masse mesurée par pesée sur une balance correctement étalonnée après tamisage humide (NF EN ISO 17892-4)

³ Masse mesurée par pesée sur une balance correctement étalonnée

⁴ Masse mesurée par pesée sur une balance correctement étalonnée après séchage à 60°C pendant 24 h

4 DONNEES EXISTANTES

4.1 Données existantes acceptées

Aucune donnée existante n'a été retenue car elle ne satisfaisait pas les exigences du Protocole Général de Vérification.

5 EVALUATION

5.1 Calcul des paramètres de vérification, y compris la détermination de l'incertitude

Voir Tableau 5.

5.2 Evaluation de la qualité des essais

5.2.1 Données de contrôle

Le CSTB est certifié ISO9001.

Au travers de l'établissement de Sophia Antipolis, le CSTB est accrédité par le COFRAC en tant qu'organisme de type A pour réaliser les vérifications ETV selon la norme ISO/CEI 17020 et le Protocole Général de Vérification (n°3-1565, portée disponible sur www.cofrac.fr). Un organisme de type A est un organisme fournissant exclusivement des services d'inspection de tierce partie indépendante.

Le laboratoire d'essais est le laboratoire PFA du CSTB à Nantes. Le personnel en charge des essais est un personnel qualifié dans le traitement des eaux. Ils interviennent quotidiennement sur des essais d'efficacité de traitement des eaux usées accrédités. L'ensemble des essais réalisés pour cette ETV fait l'objet d'un plan qualité spécifique.

5.2.2 Audits

Le laboratoire PFA a fait l'objet, le 9/09/2021, d'un audit sur site du banc de test et du système d'assurance qualité par un auditeur de l'organisme de vérification qualifié. Le rapport d'audit figure à l'Annexe 8.

5.2.3 Ecart

Lors de la séquence d'essai relatif à la revendication 1, une décantation du sédiment a été observée en amont du dispositif testé pour les séquences 75%, 100% et 125% du TN.

Les sédiments ont été collectés, mesurés (estimé pour 1 cas) puis inclus au calcul du rendement épuratoire.

Cet écart est non critique car pris en compte dans le calcul des performances.

5.3 Résultats de la vérification (revendications de performance vérifiées)

5.3.1 Description des méthodes statistiques utilisées

Calcul de l'écart type :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Avec :

n le nombre de valeurs,

x_i la valeur individuelle,

\bar{x} la moyenne des valeurs.

5.3.2 Paramètres de vérification

- **Revendication n°1** : Le dispositif TRITHON alimenté à 25%, 50%, 75%, 100% ou 125% du TN avec un compartiment de stockage de boue vide doit abattre en masse au moins 55% ($\pm 5\%$) des particules associées aux fractions granulométriques cumulées $\geq 50 \mu\text{m}$, $\geq 63 \mu\text{m}$, $\geq 75 \mu\text{m}$, $\geq 100 \mu\text{m}$, $\geq 150 \mu\text{m}$.

Rappels :

Les paramètres de performances sont calculés en procédant à un bilan matière des flux entrant et sortant du dispositif, via notamment la collecte de fractions et/ou la totalité du flux d'eau en sortie de dispositif. Cette méthode permet de manière indirecte d'estimer la quantité de matière piégée par l'appareil lors de chaque essai.

Le Tableau 6 rappelle les caractéristiques physiques du sédiment utilisé.

Tableau 6. Présentation des caractéristiques physiques du sédiment utilisé
Représentation granulométrique selon ISO 13320

Fraction ciblées	Moyenne	Ecart type
≥ 50 μm	51,4 %	1,0 %
≥ 63 μm	44,8 %	1,1 %
≥ 75 μm	37,6 %	1,0 %
≥ 100 μm	27,4 %	0,9 %
≥ 150 μm	11,1 %	0,6 %

Distribution	Moyenne (μm)	Ecart type (μm)
D ₁₀	6,1	0,3
D ₅₀	54,0	2,3
D ₉₀	159,0	3,6

Sur le plan minéralogique, le matériau d'essai est composé à plus de 98% de quartz (SiO₂) sur l'ensemble de sa plage granulométrique (source : fiche technique du fournisseur).

Le calcul de la moyenne sur 3 essais des pourcentages de piégeage par fraction granulométrique cumulées est représenté sur la Figure 2.

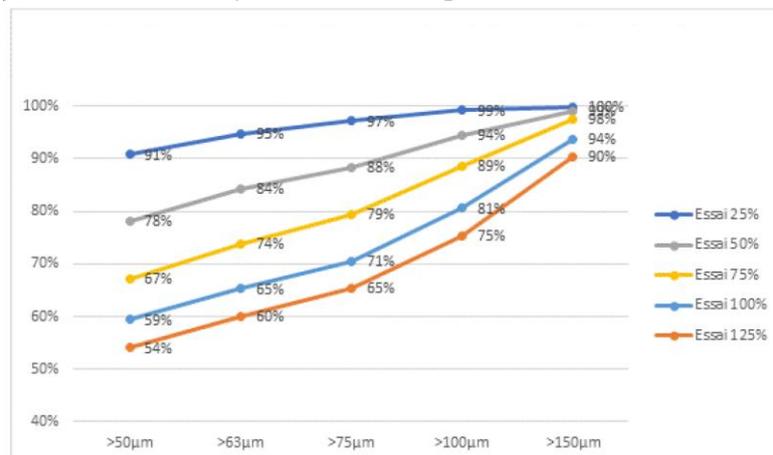


Figure 2. Rendement moyen par fraction granulométrique cumulé, selon débit appliqué.

Le dispositif TRITHON alimenté à 25%, 50%, 75%, 100% ou 125% du TN avec un compartiment de stockage de boue vide abat en masse au moins 54% ± 2% des particules associées aux fractions granulométriques cumulées : ≥50μm ; ≥63μm ; ≥75μm ; ≥100μm ; ≥150μm.

- **Revendication n°2 :** Le dispositif TRITHON, alimenté au débit nominal (100% TN), doit piéger 97% des flottants solides microplastiques représentés par des billes de polyéthylène (charge de 20 kg de flottants en entrée).

Rappel : En considérant que les billes présentent globalement une forme cylindrique, les dimensions moyennes d'une bille sont de 4,0 mm (diamètre) par 3,4 mm (hauteur).

Les résultats de mesures et calcul de la moyenne des pourcentages de piégeage des débris plastiques figurent au Tableau 7 et Figure 3.

Tableau 7. Calcul du rendement de rétention des flottants

	Essai 100% (Tp= 2,5 min)			
	Essai 1/3	Essai 2/3	Essai 3/3	Moyenne
Date d'essai	19/10 AM	19/10 PM	21/10 AM	
Température d'eau (°C)	11,8	16,2	15,8	14,6
Montée en charge canalisation amont	OUI	OUI	OUI	
Nature des sédiments injectés	Flottants (Billes PE)			
Quantité de sédiments injectés (g)	20000			
Masse sèche de sédiments récoltés sur tamis (g)	24,7	21,7	28,6	25,0
Rendement Total extrapolé (%)	99,9%	99,9%	99,9%	99,9%

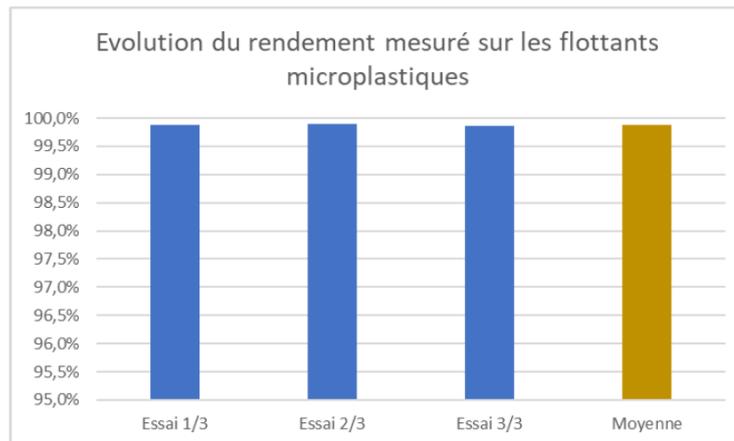


Figure 3. Moyenne des rendements de rétention des flottants mesurés

La valeur minimum de rendement sur les flottants thermoplastiques est 99,9% ± 0%.

- **Revendication n°3** : La remise en suspension du lit de boue du dispositif TRITHON alimenté à 125% du TN avec un stockage de boue à moitié rempli ne doit pas impacter à plus de 50% le rendement obtenu au débit d'essai de 125% du TN dans la revendication n°1.

Les résultats de calculs des rendements corrigés et du ratio de rendement de piégeage figurent dans les Tableaux 8 et 9.

Tableau 8. Calculs du rendement corrigé en masse de sédiments rejetés quand le système est à moitié rempli

RENDEMENT	Essais 125%			
	Essai 1/3	Essai 2/3	Essai 3/3	Moyenne
≥50µm	54%	54%	51%	53%
≥63µm	60%	61%	56%	59%
≥75µm	66%	66%	61%	64%
≥100µm	76%	76%	71%	74%
≥150µm	90%	90%	88%	89%

Tableau 9. Calcul du ratio de rendement entre essais avec système à vide et système à moitié rempli

Fractions granulométriques cumulées	Moyenne rendement		Ratio rendement à vide/ rendement à moitié rempli
	125 % TN à vide	125 % TN à moitié rempli	
≥ 50 µm	54%	53%	1,02
≥ 63 µm	60%	59%	1,02
≥ 75 µm	65%	64%	1,02
≥ 100 µm	75%	74%	1,01
≥ 150 µm	90%	89%	1,01

Le ratio moyen entre les rendements de piégeage avec un compartiment de boue vide et un compartiment à moitié plein à 125% TN est égal à 1,02 ± 0,3%.

Le rapport d'essais figure en annexe 7.

5.3.3 Paramètres supplémentaires, avec observations ou avertissements, le cas échéant

5.3.3.1 Entretien (vidange)

Il est préconisé de vidanger l'appareil dès que la hauteur de boue du compartiment de stockage a atteint 80% de sa capacité maximale.

5.3.3.2 Modèles de la gamme TRITHON et extrapolation des performances

La gamme TRITHON est constituée de 7 modèles ; seul le modèle de diamètre 1600 mm fait l'objet d'essais de vérification des revendications n°1 à n°3 dans le cadre de cette ETV.

Pour les autres modèles de la gamme TRITHON, la société F2F indique une méthode d'extrapolation / intrapolation utilisée dans plusieurs protocoles d'évaluation Nord-Américains pour estimer des résultats de performances de piégeage des MES (revendication n°1), voir §3.2.1.

Cette méthode est hors champ du cadre de cette vérification.

5.3.3.3 Estimation de la performance de piégeage annuelle

La société F2F indique une méthode proposée par le Ministère du Québec pour estimer la performance annuelle de piégeage des fractions granulométriques cumulées, voir §3.3.2.

Tableau 10. Extrapolation du rendement annuel de piégeage des fractions granulométriques cumulées

Fractions granulométriques cumulées	Extrapolation performances annuelles de piégeage
≥ 50 µm	76%
≥ 63 µm	82%
≥ 75 µm	85%
≥ 100 µm	92%
≥ 150 µm	98%

Cette méthode est hors champ du cadre de cette vérification.

5.3.3.4 Performances corrigées (remise en suspension)

L'impact du processus de remise en suspension du lit de boue du dispositif TRITHON peut être pris en compte en calculant une performance corrigée de piégeage d'une fraction granulométrique cumulée ($RE_{M|\sum_{i=1}^j x_i} | cor$) pour chaque débit d'alimentation $\leq 100\%$ du TN testé dans le cadre de la vérification de la revendication n°1 (25%, 50%, 75%, 100% du TN), voir §3.2.3 et Tableau 11 :

Tableau 11. Calcul de l'extrapolation des performances de piégeage avec compartiment de stockage à moitié rempli

Fractions granulométriques cumulées	Extrapolation performances de piégeage avec compartiment de stockage à moitié rempli											
	25% TN			50% TN			75% TN			100% TN		
$\geq 50 \mu\text{m}$	91%	90%	89%	79%	76%	77%	67%	68%	63%	59%	59%	58%
$\geq 63 \mu\text{m}$	94%	94%	93%	84%	82%	83%	74%	74%	70%	65%	65%	63%
$\geq 75 \mu\text{m}$	96%	96%	96%	88%	87%	87%	79%	80%	76%	70%	70%	68%
$\geq 100 \mu\text{m}$	98%	98%	98%	94%	93%	93%	88%	89%	86%	80%	81%	78%
$\geq 150 \mu\text{m}$	99%	99%	99%	98%	98%	98%	97%	97%	96%	93%	93%	92%

Cette méthode est hors champ du cadre de cette vérification.

5.4 Recommandations pour la déclaration de vérification

Les revendications de la société F2F sont vérifiées.

Le CSTB délivrera la déclaration de vérification correspondante. Cette déclaration de vérification n'est valable que dans son intégralité. Les paramètres de vérification énoncés dans la déclaration de vérification seront les suivants :

Tableau 12. Performances vérifiées

Paramètre	Performance vérifiée		Commentaires
	Moyenne	Ecart type	
Le dispositif TRITHON alimenté à 25%, 50%, 75%, 100% ou 125% du TN avec un compartiment de stockage de boue vide doit abattre en masse au moins 55% ($\pm 5\%$) des particules associées aux fractions granulométriques cumulées $\geq 50 \mu\text{m}$, $\geq 63 \mu\text{m}$, $\geq 75 \mu\text{m}$, $\geq 100 \mu\text{m}$, $\geq 150 \mu\text{m}$.	$\geq 54\%$	$\pm 2,0\%$	Réalisés sur 3 séquences d'essais avec débits de 25%, 50%, 75%, 100% et 125% du TN, sur les fractions granulométriques de particules en μm , : $x_1 : \geq 50$; $x_2 : \geq 63$; $x_3 : \geq 75$; $x_4 : \geq 100$; $x_5 : \geq 150$
Le dispositif TRITHON, alimenté au débit nominal (100% TN), doit piéger 97% des flottants solides microplastiques représentés par des billes de polyéthylène (charge de 20 kg de flottants en entrée).	99,9 %	$\pm 0,0\%$	Réalisés sur 3 essais – billes en polyéthylène
La remise en suspension du lit de boue du dispositif TRITHON alimenté à 125% du TN avec un stockage de boue à moitié rempli ne doit pas impacter à plus de 50% le rendement obtenu au débit d'essai de 125% du TN dans la revendication n°1.	1,02	$\pm 0,3\%$	Débit à 125% du TN

6 ASSURANCE QUALITE ET VALIDATION

L'assurance qualité de la Vérification de la Technologie Environnemental est assurée selon les procédures et manuel qualité en vigueur au CSTB.

Tableau 13. Répartition des rôles des intervenants dans le processus qualité

Organisme	Documents	Vérificateur / Responsable Technique	Instructeur technique	Auditeur interne	Animateur qualité/ Responsable Technique suppléant
Organisme de vérification	Protocole de vérification spécifique	Examen	Examen	/	/
Laboratoire d'essais	Plan d'essais et plan qualité essais	/	Examen	Audit sur site	/
Laboratoire d'essais	Rapport d'essais	/	Examen	/	/
Organisme de vérification	Rapport de vérification	Examen	Examen	/	Examen
Organisme de vérification	Déclaration de vérification	Examen	Examen	/	Examen

Sophia Antipolis, le 07/01/2022

Le Vérificateur / Responsable Technique

L'Animateur Qualité /
Responsable Technique
suppléant

Coralie NGUYEN

Emmanuel TRAYNARD

Signature

Signature

7 REFERENCES

Protocole Général de Vérification ETV V1.3

NF EN ISO 14034 - Management environnemental – Vérification des technologies environnementales

NF EN ISO/CEI 17020 - Exigences pour le fonctionnement des différents types d'organismes procédant à l'inspection

NF EN ISO/CEI 17025 - Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais

NF EN 872 - Qualité de l'eau - Dosage des matières en suspension - Méthode par filtration sur filtre en fibres de verre

NF EN 11272 - Qualité du sol - Détermination de la masse volumique apparente sèche

NF P94-054 - Sols : reconnaissance et essais - Détermination de la masse volumique des particules solides des sols - Méthode du pycnomètre à eau.

NF EN ISO 17892 – 4 - Reconnaissance et essais géotechniques - Essais de laboratoire sur les sols - Partie 4 : Détermination de la distribution granulométrie des particules

NF EN ISO 13320 – Analyse granulométrique – Méthodes par diffraction laser

ANNEXE 1 Termes et définitions

MES : Matières En Suspension

TN : Pour chaque modèle, le TN désigne le débit correspondant au débit nominal QN (L/s).

ANNEXE 2 Revue de la demande

Revue de la demande n°26081656 V01 du 28/06/2019.

ANNEXE 3 Offre

Contrat n° 26083039 V0 du 9/09/2019.

ANNEXE 4 Plan de vérification spécifique

Protocole de vérification spécifique 26083039 V03 du 4/10/2021.

ANNEXE 5 Rapports portant sur les amendements et les écarts concernant la vérification

Aucun écart.

ANNEXE 6 Plan de test

Plan de test ETV 2021-12226 V0 du 15/11/2021.

ANNEXE 7 Rapport de test

Rapport de test ETV 2021-12226 V01 du 6/12/2021.

ANNEXE 8 Rapport d'évaluation du système de test

Rapport d'audit du système de test – demande ETV 26083039 du 30/09/2021.

Fin de rapport