



Conception – Réalisation pour la décantation primaire dans le cadre des travaux de la refonte de l'usine Seine Aval



Note de conception du poste FeCl3 (transfert - stockage - pompage)

-

02	28/05/18	OHA	JCA	DAR	AVS	MAJ suite FOB
01	16/02/18	OHA	JCA	DAR	AVS	Première émission
Rév.	Date	Établi par nom visa	Vérifié par nom visa	Approuvé par nom visa	Statut	Description
EMETTEUR :		CODIFICATION :				
		42_EPG_NTE_HF000_17_1001				

Table des matières

1.	Objet de la note	3
2.	Implantation et principe de transfert/ dosage	3
2.1.	Principe de raccordement aux cuves existantes de la Clarifloculation	3
2.2.	Principe de transfert de la clarifloculation vers la décantation primaire du FeCl_3	3
2.3.	Principe du stockage et dosage du FeCl_3	4
2.3.1.	Local cuves FeCl_3 et coffrets de pompes doseuses.....	4
2.3.2.	Détail dosage FeCl_3 - décanteurs (file biofiltration et membranaire)	5
3.	Approvisionnement - phase conception.....	7
3.1.	Modes d’approvisionnement	7
3.2.	Transfert du chlorure ferrique vers le stockage de la décantation primaire	8
4.	Autonomie et stockage - phase conception	9
4.1.	Hypothèse de base	9
4.2.	Autonomie de stockage	10
4.2.1.	Débit moyen	10
4.2.2.	Débit moyenné - Ratio 3 jours Q moy & 2 jours Q maxi.....	11
5.	Dosage - phase conception.....	12
5.1.	Rappel des hypothèses de base.....	12
5.1.1.	Alimentation de la file décantation biologique	12
5.1.2.	Alimentation de la file décantation membranaire	13
5.2.	Dosage de FeCl_3	13
5.2.1.	Dosage décantation file biologique	13
5.2.2.	Dosage décantation file membranaire	15
5.3.	Affectation des pompes.....	16

1. OBJET DE LA NOTE

Cette note a pour but d'expliquer le principe ainsi que le dimensionnement de l'approvisionnement, du stockage et du dosage du Chlorure Ferrique (FeCl₃) de la nouvelle décantation primaire d'Achères.

2. IMPLANTATION ET PRINCIPE DE TRANSFERT/ DOSAGE

La décantation primaire est composée de deux unités de décantation chacune composée de plusieurs décanteurs.

1 unité de décantation primaire (comportant 14 décanteurs) dite file Biofiltration qui fonctionne toujours avec une injection de réactif. Cette file alimente la filière Biofiltration de Seine Aval.

1 unité de décantation primaire (comportant 6 décanteurs) dite file Membranaire qui a elle-même deux fonctionnements possibles :

- ▶ Fonctionnement sans injection de réactif : elle alimente alors le nouveau traitement biologique de Seine Aval composé de bioréacteurs membranaires (filière Membranaire),
- ▶ Fonctionnement avec injection de réactifs : elle vient compléter la capacité de la décantation primaire file Biofiltration. **Ce fonctionnement intervient seulement quand le débit entrant en eau brute dépasse les 29 m³/s.**

2

2.1. Principe de raccordement aux cuves existantes de la Clarifloculation

L'analyse des installations existantes ainsi que la connaissance des besoins d'alimentation en réactifs de l'unité de décantation primaire ont conduit le Groupement à privilégier, sur la base d'une étude globale des besoins du site, le raccordement sur les installations de stockage de chlorure ferrique présentes sur l'unité de clarifloculation pour assurer les besoins de l'unité de décantation primaire.

Pour plus de détails voir la note : « 42_EPG_NTE_HF000_17_1002_01_Note technique impact transfert Fe CL3 vers Décantation (Clarifloculation) ».

2

2.2. Principe de transfert de la clarifloculation vers la décantation primaire du FeCl₃

Le coagulant utilisé en décantation physico-chimique (DP file Biofiltration 100 % du temps, DP file Membranaire en fonction de la configuration hydraulique en entrée de station) est le chlorure ferrique.

L'approvisionnement des cuves dédié à la décantation primaire se fait par un pompage de transfert depuis le stockage principal du site situé dans l'unité de Clarifloculation.

Sur l'extrait de plan de masse ci-dessous on peut situer l'emplacement du stockage central de FeCl₃ du côté de la Clariflocultation ainsi que le point d'alimentation des cuves de stockages de FeCl₃ de la décantation primaire.

Nous avons étudié deux possibilités de passage du réseau de transfert, « a » et « b ». Le tracé « b » qui suit la conduite d'alimentation en eau industrielle, même si il est plus long que le tracé « a » est recommandé. Le risque d'interférence avec d'autres réseaux existants est moindre pour ce tracé. La fourniture et la pose du réseau de transfert est à la charge du Siaap.

2

La spécification technique des lignes de transfert de FeCl_3 sera établie par le Groupement (DN, PN, matériau, ...). En fonction des caractéristiques des lignes retenues, les calculs des pertes de charges seront réalisés pour permettre la sélection des pompes de transfert à installer.

Le poste de pompage et de transfert est compris dans le marché du Groupement.

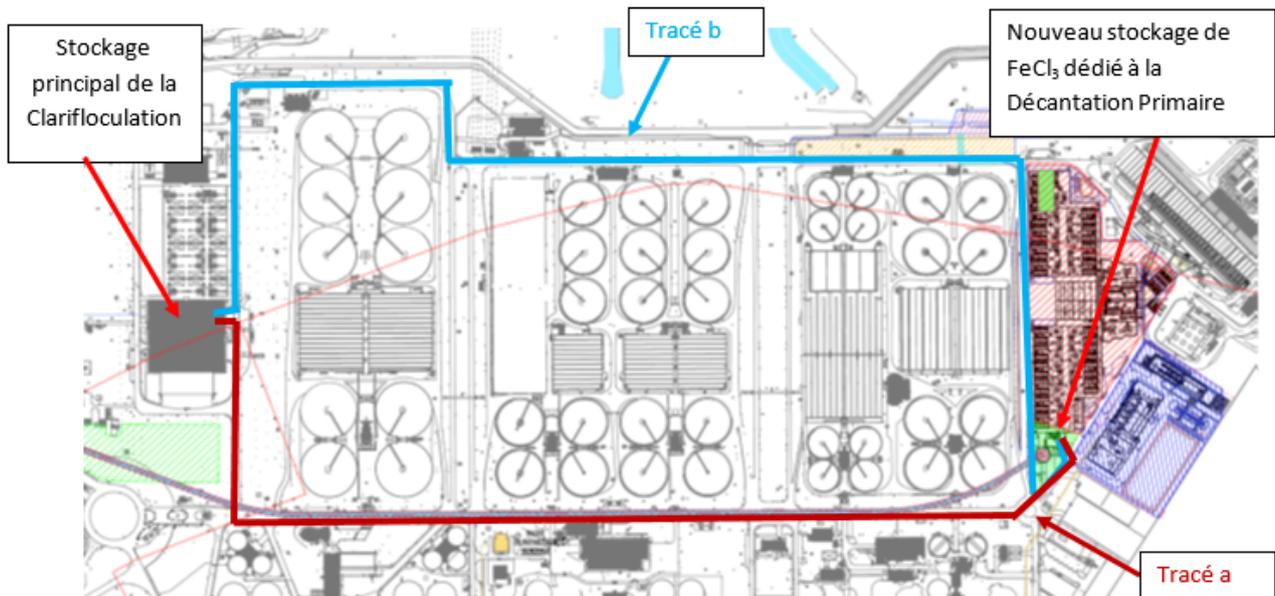


Figure 1 - Transfert de FeCl_3 depuis le stockage principal (Clariflocculation) vers le stockage secondaire (Décantation Primaire)

2.3. Principe du stockage et dosage du FeCl_3

2.3.1. Local cuves FeCl_3 et coffrets de pompes doseuses

Le stockage du FeCl_3 sur le site de la décantation primaire est assuré par deux cuves d'un volume utile unitaire de 130 m^3 . L'approvisionnement est géré automatiquement. Afin de maintenir une autonomie maximum de chlorure ferrique, le volume en FeCl_3 dosé quotidiennement dans les décanteurs sera régulièrement transféré depuis le stockage de la Clariflocculation. Les mesures de niveau des cuves et des seuils programmables déclencheront les cycles de réapprovisionnement.

Le détail du local des cuves de stockage est le suivant :

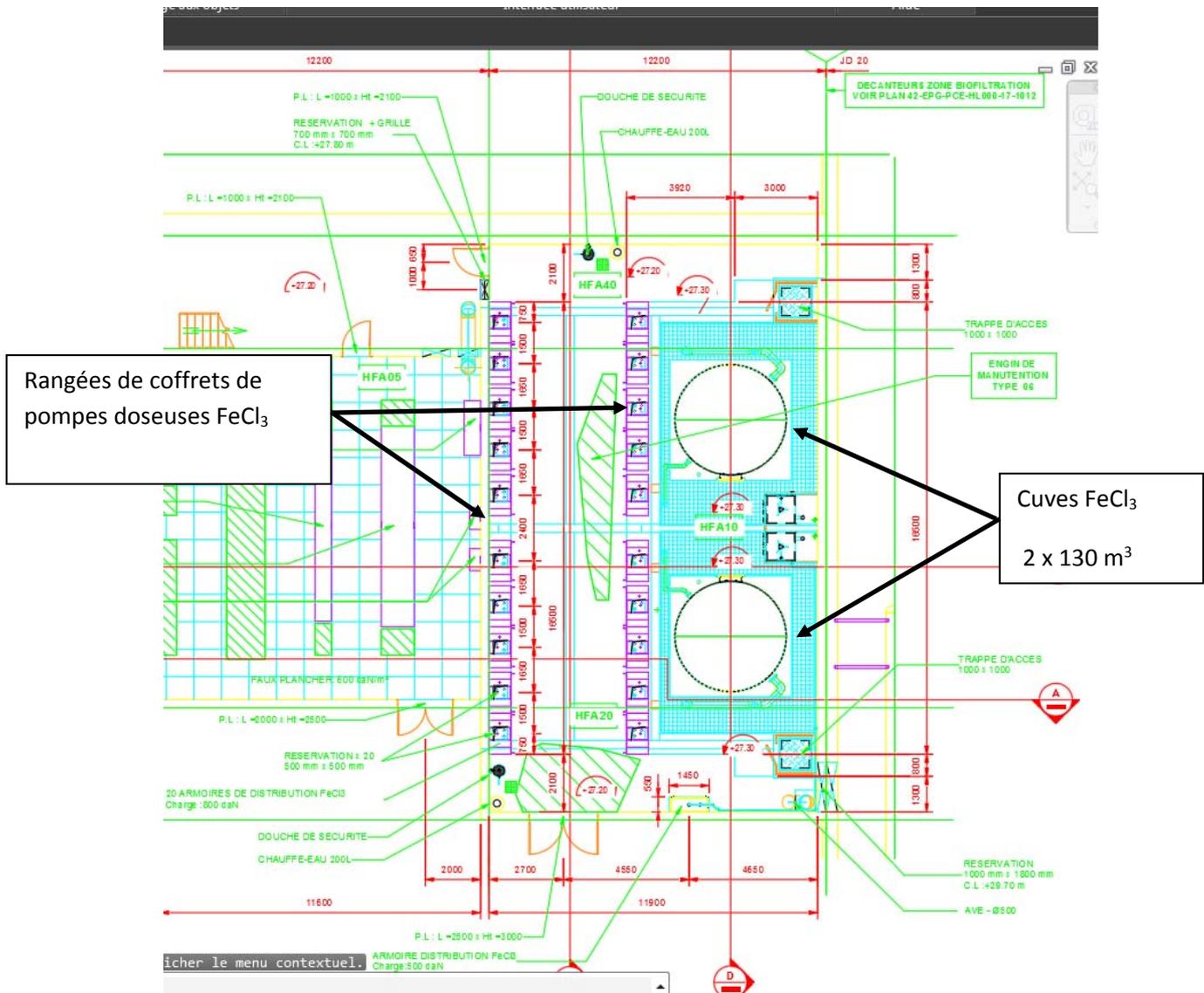


Figure 2 - Local Cuve de stockage - coffrets pompes doseuses $FeCl_3$

2.3.2. Détail dosage $FeCl_3$ - décanteurs (file biofiltration et membranaire)

L'unité de stockage de chlorure ferrique permet ensuite d'alimenter tous les décanteurs de la décantation primaire. Comme déjà précisé, les six décanteurs de la file membranaire ne reçoivent habituellement pas de chlorure ferrique. En mode de fonctionnement 26 – 4 l'alimentation en réactif des décanteurs de la file membranaire ne commencera seulement à partir d'un débit d'entrée dépassant les 29 m³/s. Deux décanteurs membranaires sont alors alimentés en réactifs, après 4 décanteurs et ensuite tous les six décanteurs, selon la croissance de débit entrant. En mode de fonctionnement de 24 – 6 au-delà d'un débit d'entrée de 56 m³/s les décanteurs file membranaire commencent à basculer progressivement vers un fonctionnement avec réactifs, également deux par deux et selon la croissance de débit en entrée de station.

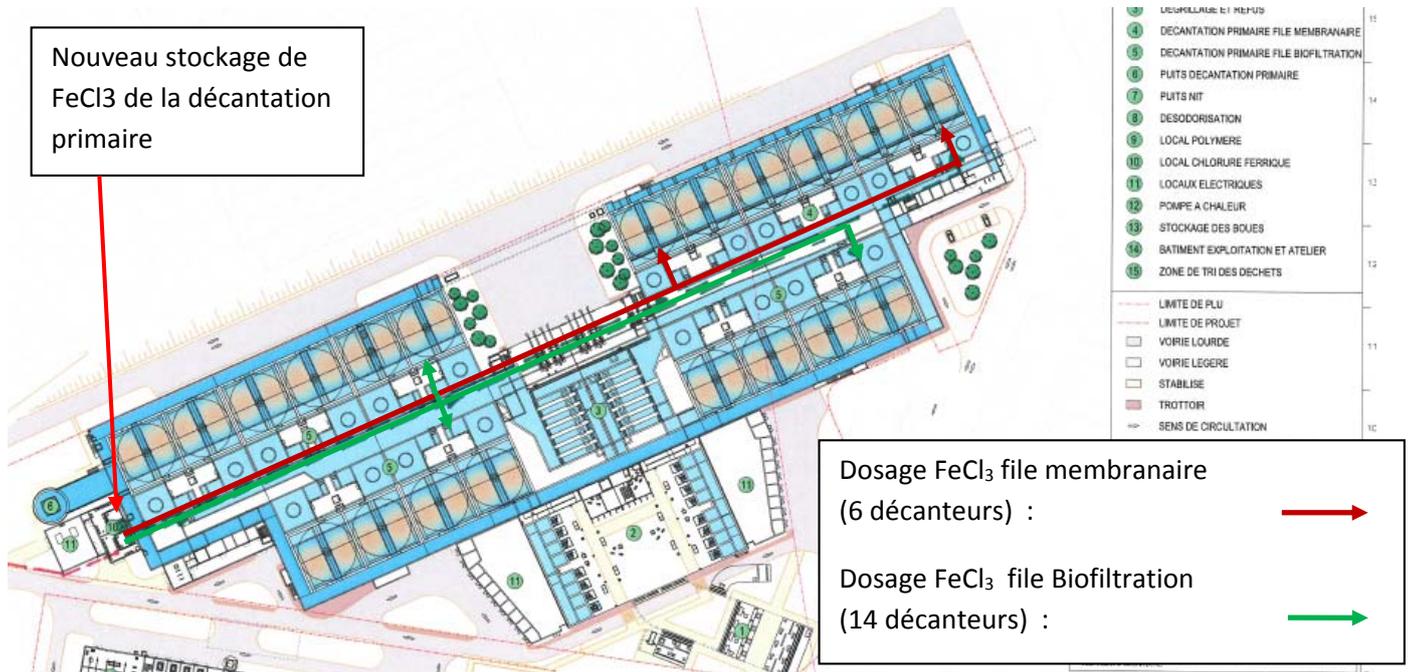


Figure 3 - Unité de stockage de FeCl_3 avec les zones de décantation primaire

Chaque décanteur est alimenté par deux pompes dédiées prévues pour fonctionner simultanément en parallèle. Le mode dégradé est assuré par une seule pompe.

Le principe est le suivant :

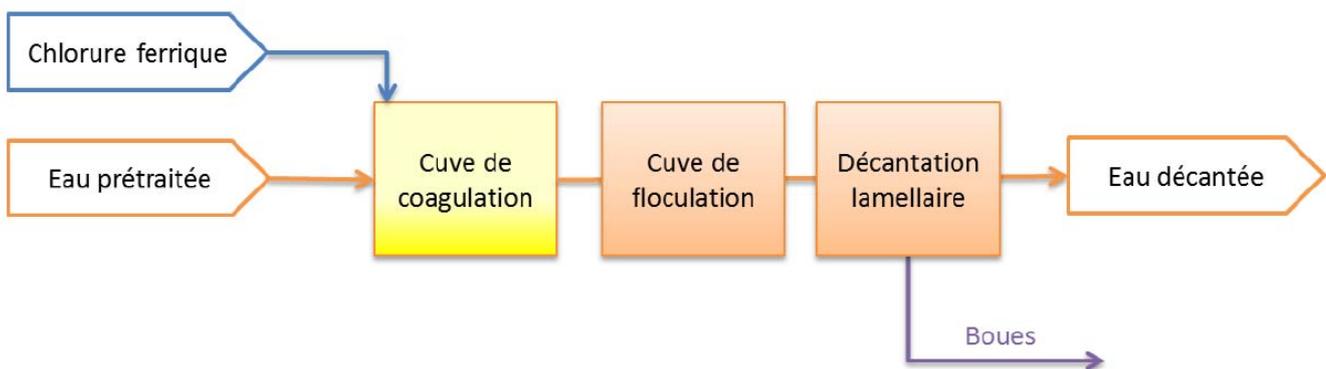


Figure 4 - Schéma de principe

3. APPROVISIONNEMENT - PHASE CONCEPTION

3.1. Modes d'approvisionnement

L'approvisionnement général en chlorure ferrique de la décantation primaire se fait via le stockage existant et centralisé dans la clarifloculation (Stockage de FeCl_3 comportant 10 cuves de 175 m³ unitaire).

Ce stockage central peut être réapprovisionné par voie fluviale ou par camion ce qui assure une grande flexibilité et garantit la sécurité de fonctionnement.

Deux pompes (dont une en secours) assureront le transfert du chlorure ferrique, au moyen de deux canalisations double peau, entre la Clarifloculation et l'unité de Décantation Primaire; une éventuelle fuite sur l'une des canalisations de transfert ne bloquera donc pas l'alimentation en réactif de la Décantation.

Le stockage de la Clarifloculation est structuré sous la forme de deux files de 5 cuves (file paire et file impaire) qui sont chacune associée à un collecteur. Bien que ces deux collecteurs soient « maillés » afin de permettre des soutirages sur chaque file, notre conception prévoit de connecter chacune de nos pompes sur un collecteur différent afin de ne pas être bloqué en cas de maintenance (même exceptionnelle) sur l'un des deux collecteurs.

Chacune des deux canalisations est dimensionnée pour véhiculer l'intégralité du débit à transférer.

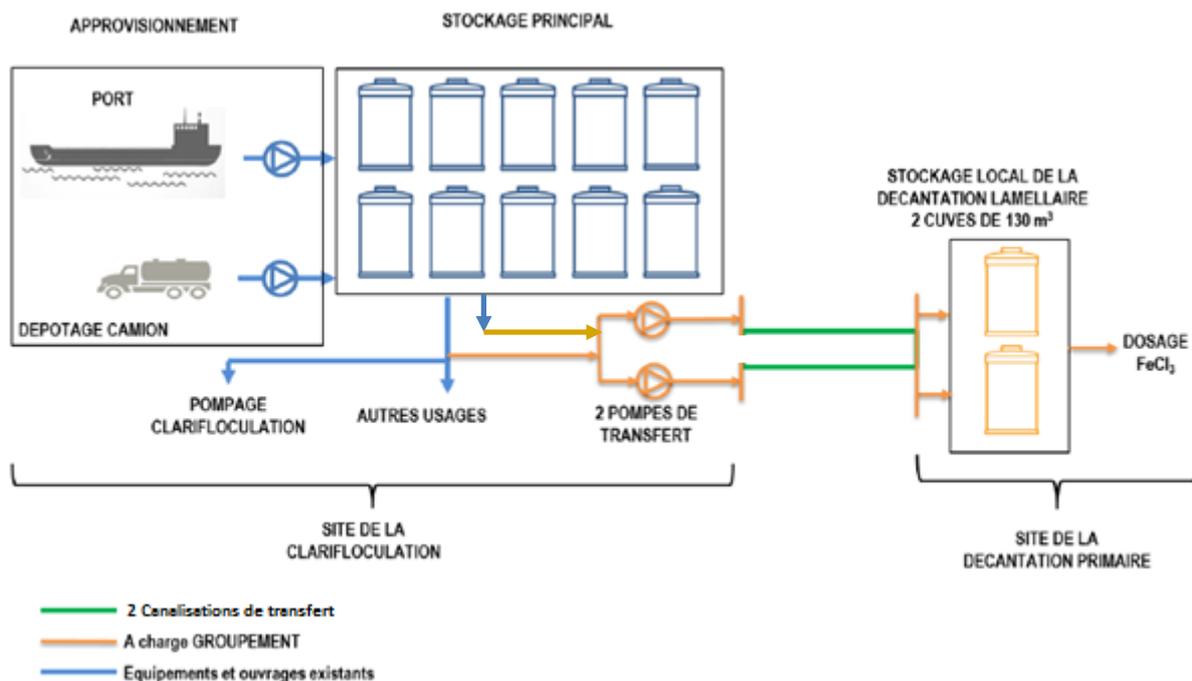


Figure 5 - Schéma global de l'approvisionnement et du transfert

Pour plus de détails voir la note : « 42_EPG_NTE_HF000_17_1002_01_Note technique impact transfert Fe CL_3 vers Décantation (Clarifloculation) ».

3.2. Transfert du chlorure ferrique vers le stockage de la décantation primaire

Afin de couvrir la totalité du besoin éventuel en chlorure ferrique nous nous sommes basés sur la valeur du débit maxi d'eau à traiter par jour.

La consommation est la suivante :

Paramètres	Unité	Valeur
Débit maxi d'eau traitée en entrée	m ³ /j	2 300 000
Débit maxi d'eau traitée en décantation primaire	m ³ /j	2 045 000
Taux de traitement en chlorure ferrique pur	ppm	38
Consommation <u>massique de FeCl_3 pur</u> au débit maxi en résultant (moyenne journalière)	T/h	3,2
Consommation <u>massique de FeCl_3 commercial</u> au débit maxi en résultant (moyenne journalière)	T/h	7,9

Le débit maxi de 2 045 000 m³/j se compose de 1 591 000 m³/j maxi traités sur les décanteurs de la file de biofiltration et 454 000 m³/j maxi traités sur les décanteurs de la file membranaire. C'est un débit maxi d'une durée limitée où tous les décanteurs (y compris file membranaire) sont alimentés en réactifs.

Le dimensionnement des pompes de transfert est le suivant :

Consommation <u>massique de FeCl_3 commercial</u> au débit maxi en résultant (moyenne journalière)	T/h	7,9
Consommation de <u>FeCl_3 commercial</u> au débit maxi en résultant (moyenne journalière)	m ³ /h	5,5
Nombre de pompes de transfert installées	u	1 + 1
Débit unitaire pompes de transfert retenu	m ³ /h	6

Ces pompes de transfert sont installées en proximité des cuves de stockage de FeCl_3 dans la galerie de la clarifloculation.

Le choix de ce débit permet de sécuriser le réapprovisionnement et maintien à niveau du stockage de la décantation en dimensionnant un débit de transfert équivalent à la pointe maximum de consommation.

Sur cette base les paramètres de la première alimentation en chlorure ferrique des cuves de la décantation primaire sont :

1er Approvisionnement en FeCl ₃ de la décantation primaire	Unité	Valeur
Paramètre	Unité	Chlorure Ferrique
Volume de livraison par cuve	m ³	130
Nombre de cuves (file décantation primaire)	u	2
Volume total à approvisionner	m ³	260
Débit des pompes de transfert	m ³ /h	6
Temps 1er remplissage par cuve	h	21,7
Temps 1er remplissage du volume total	h	43,3

En moyenne l'approvisionnement quotidien des cuves de stockage, basé sur le débit moyen de 1 085 400 m³/j (débit moyen d'eau brute traité sur la file biofiltration augmenté du débit des retours en tête de 25 000 m³/j) est le suivant :

Approvisionnement quotidien en FeCl ₃ pour une consommation moyenne journalière "Q moyen"		
	Unité	Valeur
Base du calcul : Consommation en biofiltration au débit moyen journalier		
Taux de traitement	ppm	16.5
Consommation journalière au débit moyen journalier	m ³	30,5
Débit des pompes de transfert (re-remplissage)	m ³ /h	6
Temps de remplissage journalier en moyenne	h/j	5,1

Le transfert aura lieu plusieurs fois par jour afin de préserver au maximum l'autonomie des cuves. Il sera réalisé automatiquement et en tenant compte des demandes des autres unités du site.

4. AUTONOMIE ET STOCKAGE - PHASE CONCEPTION

4.1. Hypothèse de base

Notre avons déterminé la consommation en FeCl₃ pour deux cas de figures :

- ▶ le débit moyen.
- ▶ un mélange de consommation en FeCl₃ basé sur un ratio de 3 jours de débit moyen et 2 jours de débit maxi.

Conformément à la note de conception décantation 42-EPG-NTE-H0000-1029, les débits pris en compte pour les décanteurs membranaires sont les suivants :

- ▶ En mode 26 + 4, il est prévu que les deux premiers décanteurs membranaires basculent à un fonctionnement avec réactifs et vers la biofiltration à partir d'un débit de 29 m³/s d'eau brute. Pour le débit moyen (< 25 m³/s), il n'y a donc pas de décanteurs Mb en réactifs. Pour le débit max,

nous prendrons en compte 2 décanteurs membranaires (1m³/s par décanteur) en fonctionnement pendant 7h/jour.

- En mode 24 + 6, il est prévu que les deux premiers décanteurs membranaires basculent à un fonctionnement avec réactifs et vers la biofiltration à partir d'un débit de 56 m³/s d'eau brute. Ce cas est donc réellement exceptionnel et non pris en compte dans le jour max de la note de conception décanteur.

Les paramètres de base sont les suivants :

Paramètres de base :	Valeur	Unité
Volume unitaire de cuve de stockage (FeCl ₃ à 41%, densité = 1,43)	130	m ³
Nombre de cuves	2	m ³
Volume totale de stockage crée/ installé	260	m ³
Débit moyen d'eau à traiter file biofiltration	1 085 400	m ³ /j
Taux de traitement	16,5	ppm
Débit maxi d'eau à traiter file biofiltration	1 591 000	m ³ /j
Taux de traitement	38	ppm
Débit maxi d'eau à traiter file membrane	50 400	m ³ /j
Taux de traitement	38	ppm

2

4.2. Autonomie de stockage

L'autonomie au débit moyen en résultant est la suivante :

4.2.1. Débit moyen

Consommation au débit moyen :	Unité	Valeur
Débit moyen d'eau à traiter file biofiltration	1 085400	m ³ /j
Taux de traitement	16,5	ppm
Pourcentage massique en FeCl ₃ pur	41	%
Masse volumique de la solution commerciale	1430	kg/m ³
Consommation journalière (biofiltration) en FeCl ₃ solution commerciale	30,5	m ³ /j
Autonomie de stockage	8,5	j
Avec un stockage de 260 m ³ de FeCl ₃ , l'autonomie est largement sécuritaire sans apport supplémentaire		

2

4.2.2. Débit moyenné - Ratio 3 jours Q moy & 2 jours Q maxi

L'autonomie résultante avec un dosage en file biofiltration et en file DP Memb avec des apports en réactif au Q maxi est la suivante (valable pour le mode 26 – 4) :

2

Consommation au débit moyenné : Mix débit 3 jours débit moyen & 2 jours de débit maxi file BIOFILTRATION+ 2 DP Memb à 1m3/s / decanteur pend 7h/j (bon jusqu'à 55 m3/s)		Valeurs	Unités
Biofiltration			
Débit moyen d'eau à traiter file biofiltration		1 085 400	m3/j
Taux de traitement		16,5	ppm
Pourcentage massique en FeCl3 pur		41	%
Masse volumique de la solution commerciale		1430	kg/m3
Consommation sur 3 jours (biofiltration) en FeCl3 solution commerciale		91,6	m3
Biofiltration			
Débit maxi d'eau à traiter file biofiltration		1 591 000	m3/j
Taux de traitement		38	ppm
Pourcentage massique en FeCl3 pur		41	%
Masse volumique de la solution commerciale		1430	kg/m3
Consommation sur 2 jours (biofiltration) en FeCl3 solution commerciale		206,2	m3
File Membranaire (2 décanteurs memb à 2 m3/s pendant 7 heures)			
Débit maxi d'eau à traiter file membranaire		50 400	m3/j
Taux de traitement		38	ppm
Pourcentage massique en FeCl3 pur		41	%
Masse volumique de la solution commerciale		1430	kg/m3
Consommation en FeCl3 solution commerciale		6,5	m3
Consommation globale débit maxi		212,8	m3
Consommation moyennée par jour		60,9	m3/j
Autonomie de stockage (3 jours moy + 2 jours max))		4,27	j

L'autonomie en intégrant le dosage en réactifs en file DP Membranaire au débit maxi reste au-dessus de 4 jours.

5. DOSAGE - PHASE CONCEPTION

5.1. Rappel des hypothèses de base

Les débits respectifs par file, biologique ou membranaire, sont détaillés ci-dessous.

Les décanteurs de la file membranaire ne sont alimentés en réactif qu'en cas de forts débits entrant dans l'Usine Seine Aval (> 29 m³/s en mode 26 – 4 et > 56 m³/s en mode 24 – 6). Habituellement les six décanteurs de la file membranaire fonctionnent sans réactifs et alimentent la nouvelle filière membranaire. Pour cette raison leur conception est différente et le débit traité par décanteur est inférieur au débit traité par les décanteurs de la file biofiltration.

Ci-dessous les plages de débit traitées sur les deux files de traitement :

5.1.1. Alimentation de la file décantation biologique

Paramètre	Unité	Valeur Décantation Biofiltration mode 26 - 4	Valeur Décantation Biofiltration mode 24 - 6
CAS MINI			
Débit mini d'eau à traiter	m ³ /s	4	4
Nombre de décanteurs en service	u	7	7
Débit mini d'eau à traiter par décanteur (hors by pass)	m ³ /s	0,57	0,57
Taux de traitement mini en FeCl ₃ pur	ppm	12	12
CAS MAXI			
Débit maxi d'eau à traiter	m ³ /s	24	24
Nombre de décanteurs en service	u	13	13
Débit maxi d'eau à traiter par décanteur	m ³ /s	1,85	1,85
Taux de traitement mini en FeCl ₃ pur (pour le dosage maximal une marge de sécurité est appliquée)	ppm	50	50

5.1.2. Alimentation de la file décantation membranaire

Paramètre	Unité	Valeur Décantation File Membranaire mode 26 - 4	Valeur Décantation File Membranaire mode 24 - 6
CAS MINI		à partir de 29 m ³ /s	à partir de 56 m ³ /s
Débit mini d'eau à traiter	m ³ /s	1,667	2,1
Nombre de décanteurs en service	u	2	2
Débit mini d'eau à traiter par décanteur (hors by pass)	m ³ /s	0,83	1,05
Taux de traitement mini en FeCl ₃ pur	ppm	12	12
CAS MAXI			
Débit maxi d'eau à traiter	m ³ /s	7,2	7,2
Nombre de décanteurs en service	u	6	6
Débit maxi d'eau à traiter par décanteur	m ³ /s	1,2	1,2
Taux de traitement mini en FeCl ₃ pur (pour le dosage maximal une marge de sécurité est appliquée)	ppm	50	50

5.2. Dosage de FeCl₃

Les débits en FeCl₃ dosés dans les décanteurs selon la filière sont les suivants :

5.2.1. Dosage décantation file biologique

Paramètre	Unité	Valeur Décantation Biofiltration mode 26 - 4	Valeur Décantation Biofiltration mode 24 - 6
Pourcentage massique en chlorure ferrique pur	%	41	41
Masse volumique FeCl ₃	kg/m ³	1430	1430
Débit massique mini de FeCl ₃ pur par décanteur	kg/h	25	25
Débit massique mini de FeCl ₃ commercial par décanteur	kg/h	60	60
Débit mini de FeCl ₃ commercial par décanteur	l/h	42	42
Débit massique maxi de FeCl ₃ pur par décanteur	kg/h	332	332
Débit massique maxi de FeCl ₃ commercial par décanteur	kg/h	811	811
Débit maxi de FeCl ₃ commercial par décanteur	l/h	567	567
Nombre de pompes doseuses par décanteur	u	2	2
Débit mini par pompe (modulé par variation de fréquence)	l/h	40	40
Débit maxi par pompe (modulé par variation de fréquence)	l/h	300	300

Paramètre	Unité	Valeur Décantation Biofiltration mode 26- 4	Valeur Décantation Biofiltration mode 24- 6
Pourcentage massique en chlorure ferrique pur	%	41	41
Masse volumique FeCl ₃	kg/m ³	1430	1430
Débit massique mini de FeCl ₃ pur par décanteur	kg/h	25	25
Débit massique mini de FeCl ₃ commercial par décanteur	kg/h	60	60
Débit mini de FeCl ₃ commercial par décanteur	l/h	42	42
Débit massique maxi de FeCl ₃ pur par décanteur	kg/h	332	332
Débit massique maxi de FeCl ₃ commercial par décanteur	kg/h	811	811
Débit maxi de FeCl ₃ commercial par décanteur	l/h	567	567
Nombre de pompes doseuses par décanteur	u	2	2

2

Nous retenons un débit maximum de 300 l/h par pompe.

Un débit minimum de 40l/h par pompe ne permet pas d'être dans la plage de 20-95%.

Nous étudions donc la possibilité de passer :

- ▶ sur un débit minimum de 60l/h ce qui permettrait d'être supérieur au 20% du débit nominal, en appliquant un léger surdosage moins de 1% du temps. Cependant la mise en place d'une ventilation annexe resterait probablement nécessaire.
- ▶ Sur un débit minimum de 75 l/h ce qui permettrait de s'affranchir d'une ventilation annexe (source de complications au niveau encombrement, accès et maintenance).

Pour atteindre cet objectif de débit minimum pompé de 75 l/h, les possibilités en cours d'étude sont les suivantes :

- ▶ Augmentation du débit mini des décanteurs
- ▶ Fonctionnement en cadence-durée pour les débits d'alimentation
- ▶ Surdosage pour les faibles débits

5.2.2. *Dosage décantation file membranaire*

Paramètre	Unité	Valeur Décantation File Membranaire mode 26 - 4	Valeur Décantation File Membranaire mode 24 - 6
Pourcentage massique en chlorure ferrique pur	%	41	41
Masse volumique FeCl ₃	kg/m ³	1430	1430
Débit massique mini de FeCl ₃ pur par décanteur	kg/h	36	45
Débit massique mini de FeCl ₃ commercial par décanteur	kg/h	88	111
Débit mini de FeCl ₃ commercial par décanteur	l/h	61	77
Débit massique maxi de FeCl ₃ pur par décanteur	kg/h	216	216
Débit massique maxi de FeCl ₃ commercial par décanteur	kg/h	527	527
Débit maxi de FeCl ₃ commercial par décanteur	l/h	368	368
Nombre de pompes doseuses par décanteur	u	2	2
Débit mini par pompe	l/h	60	60
Débit maxi par pompe	l/h	200	200

Chaque décanteur possède ses propres pompes doseuses et sa propre ligne d'injection de chlorure ferrique, ce qui permet d'ajuster précisément le débit.

Le taux de traitement en chlorure ferrique est déterminé par un système de régulation appelé **PREDIFLOC™** dont le principe est de définir le taux de traitement le plus adapté au traitement, en fonction de la turbidité mesurée en entrée (mesure centralisée) et en sortie (mesure en sortie de chaque décanteur) de chaque unité de décantation ainsi que la concentration en phosphates mesurée en sortie (mesure centralisée).

Ce taux de traitement est ensuite appliqué au débit d'eau à traiter, qui est mesuré en entrée de chaque décanteur. Cela permet de doser le chlorure ferrique au plus juste et donc d'optimiser le bilan de consommation en chlorure ferrique.

5.3. Affectation des pompes

Afin de couvrir la plage de débit importante à prévoir sur chaque décanteur, chacune des vingt cuves de coagulation des décanteurs est alimentée par deux pompes doseuses dédiées.

2

Les pompes fonctionnent en une pompe en marche et une en secours par décanteur jusqu'à un débit de 24 m³/s en entrée usine, soit 91% du temps en 26+4. Ce débit implique un débit de 20m³/s sur les DP Biof et une pompe permet de traiter à un taux de 30 ppm (34 sur 14 décanteurs) soit un peu moins du taux de traitement (38 ppm) prévu pour le jour de pointe

En cas de défaillance, la seconde pompe prend le relais en secours.

Dès lors que le débit sera supérieur à 24 m³/s en entrée de la filière associé à un taux de traitement > 30 ppm pur, les deux pompes doseuses sont en service en parallèle.

2

Si toutefois une pompe devait être en défaut, l'ouvrage reste en service en mode dégradé avec une seule pompe doseuse affectée et un dosage limité. La double consigne de vannes en aspiration et au refoulement des pompes doseuses permet l'intervention de maintenance sur une pompe sans arrêter le décanteur en question.

Le dosage des réactifs est géré par le système Prédifloc qui mesure la turbidité globale en entrée et en sortie de la décantation primaire. Prédifloc ajuste automatiquement le dosage selon les valeurs mesurées.