

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
جامعة أبو بكر بلقايد - تلمسان  
UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID



كلية التكنولوجيا  
Faculté de Technologie

قسم الري  
Département d'Hydraulique

Mémoire de projet de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Master en  
Hydraulique

Option : Technologie de traitement des eaux

**La décantation lamellaire dans l'épuration de l'eau par  
boue activée**

Présenté le 25/06/2014

Par:

Mr KERBICHE Mohamed

Mr AMARA Miloud

**Membres du jury:**

Mme. ADJIM Fouzia

Mme. BOUCHELKIA Fadila

Mr. BOUMEDIENE Maamar

Mr. BESSEDIK Madani

Présidente

Examinatrice

Examineur

Encadreur

**PROMOTION: 2013 – 2014**

## **Dédicaces**

♥ **Mes très chers parents, en témoignage et en gratitude de leur soutien permanent durant toutes mes années d'études leurs sacrifices illimités, leur réconfort moral et tous les efforts qu'ils ont consentis pour mon instruction et pour me voir réussir un jour**

**.....que Dieu les garde.....**

♥ **Mon frère Karim et Mes sœurs pour leurs aides à réaliser ce travail.**

♥ **Mon frère et mon chère ami MEDJDOUB Mustapha, et le mécanicien BELLABES Ghouti, ALI NEHARI Aissa, Kada, Nabil, Hamza, Madouni, Mellah et Hachemi. Pour leurs soutiens et son aide.**

♥ **Mes cousins et Mes cousines, en générale toute la famille KERBICHE.**

♥ **Mon binôme AMARA Miloud.**

♥ **A toute la promotion de l'hydraulique 2014 plus particulièrement la promotion de La " technologie de traitement de l'eau".**

**Mohamed. KERBICHE**

## **Dédicaces**

**Je dédie cet événement marquant de ma vie à :**

- ♥ **Mes parents, tant pour leur soutien moral que matériel, sans qui l'aboutissement de cette thèse aurait été compromise et que dieu les récompense pour tous leurs bienfaits.**
- ♥ **A mes chères grands-mères**
- ♥ **A tous les autres membres de ma famille, plus particulièrement à mes frères Youcef, Mohammed, Nouredine et mes sœurs.**
- ♥ **A toute la famille AMARA et BELHOSSINI.**
- ♥ **A mon binôme KERBICHE. Mohamed et à sa famille.**
- ♥ **A mes distingués amis qui m'ont apporté leur affection, amitié, compréhension et appui. Qu'ils trouvent ici l'expression de mon affection. Ainsi qu'à toutes les personnes que je connais de près ou de loin et que j'ai oublié de citer.**
- ♥ **A toute la promotion l'hydraulique 2014 plus particulièrement la promotion de la " Technologie de traitement de l'eau".**

**Miloud. AMARA**

## REMERCIEMENT

Nous adressons nos plus sincères sentiments de reconnaissance et de remerciement envers le bon Dieu, le Clément et le Miséricordieux, Lequel nous a accordé la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Nous exprimons toutes nos profondes reconnaissances à notre encadreur Dr BESSEDIK Madani pour le temps qu'il nous a accordé, de sa confiance et ses orientations efficaces durant l'évolution de ce travail qui a eu l'amabilité de discuter avec nous certains points clés, ses remarques pertinentes nous ont amené à reconsidérer notre position et réviser bien des points. Nous le remercions aussi pour sa disponibilité chaque fois qu'elle ait été sollicitée.

Nos remerciements, s'adressent aussi aux membres de jury : Mme BOUCHELKIA.F, Mr BOUMEDIENNE.M et Mme ADJIM.F, qui nous font l'honneur de présider et d'examiner ce travail.

Nous tenons à remercier tous nos enseignants durant tout notre cursus, ainsi que les responsables de laboratoire et Mr TABALLE.M l'agent de la STEP d'Ain el houtz.

Enfin nous remercions également tous ceux qui ont de loin ou de près contribué à finaliser ce modeste travail.

## Résumé

Le but du présent travail est d'étudier expérimentalement l'efficacité de la clarification des eaux usées aérées par la décantation lamellaire, dans un objectif d'amélioration de la qualité des eaux usées par une phase d'optimisation de la clarification.

Plusieurs expériences ont été réalisées sur le pilote TE600, afin d'apprécier l'efficacité de la décantation, en agissant sur: le type de décantation lamellaire, la position des lamelles et la distance entre les lamelles. Les résultats obtenus montrent que la décantation lamellaire permet d'éliminer une fraction importante des matières en suspension des eaux usées. Les rendements d'épuration obtenus (95%) sont assez encourageants en particulier pour une décantation lamellaire à contre courant avec un angle d'inclinaison des lamelles de 120°.

**Mots clés :** décantation, lamelles, eaux usées, clarification, matières en suspension, épuration, boue.

## Abstract

The purpose of this work is to study experimentally the effectiveness of the clarification of wastewater ventilated by lamellar settling, with the aim of improving the quality of wastewater by an optimization phase of clarification.

Several experiments were performed on TE600 pilot, in order to assess the effectiveness of the decantation, by acting on: the type of lamellar settling, the position of the slats and the distance between the lamellae. The results obtained show that the lamellar settling eliminates a large fraction of suspended solids wastewater. The removal efficiencies are obtained especially for quite encouraging a lamellar settling against current with an angle of inclination of the slats 120 °.

**Keywords:** decantation, slats, wastewater clarification, suspended solids, sewage, mud.

## المخلص:

الهدف من هذا العمل هو دراسة تجريبية لمدى فعالية تصفية المياه القذرة مأخوذة بعد حوض التهوية بطريقة الترسيب أصفائحي، ولتحسين من نوعية المياه القذرة والوصول إلى الحد الأقصى من التصفية.

هنالك عدة دراسات قد أجريت على النموذج TE 600 لهدف التدقيق في فعالية الترسيب، وقد تم الاعتماد على: أنواع الترسيب أصفائحي، وضعية الصفائح و المسافة بينها. النتائج المتحصل عليها توضح أن الترسيب بطريقة الصفائح تسمح بإقصاء جزء مهم من المواد العالقة في المياه القذرة. المردود المحصل عليه بهذه التصفية محفزة وعلى وجه الخصوص الترسيب بالصفائح بوضعية عكس التيار و بزواوية ميل 120 درجة للصفائح.

**الكلمات المفتاحية :** الترسيب، الصفائح، المياه القذرة، التصفية، المواد العالقة، تطهير المياه، أحوال.

## Liste des Abréviations et signes

**A<sub>p</sub>** : aire de la section de la particule (m<sup>2</sup>).

**b** : volume de la particule (m<sup>3</sup>).

**C°** : Degré Celsius.

**CD** : coefficient de traînée.

**C<sub>MES</sub>** : Concentration de la matière en suspension.

**F<sub>D</sub>** : force de traînée (N).

**F<sub>g</sub>** : force de décantation due à la pesanteur (N).

**F<sub>r</sub>** : force résultante (N).

**g** : accélération due à la pesanteur (m/s<sup>2</sup>).

**MES** : Matières En Suspension.

**MES après** : Matières en suspension après la décantation.

**MES avant** : Matières en suspension avant la décantation.

**O<sub>2</sub>** : Oxygène dissous.

**PH** : Potentiel Hydrogène.

**Position A** : position des lamelles avec un angle d'inclinaison de 60°.

**Position B** : position des lamelles avec un angle d'inclinaison de 120°.

**Q** : le débit (m<sup>3</sup>/h).

**Re** : nombre de Reynolds.

**S'** : surface d'une plaque (m<sup>2</sup>).

**S** : surface projetée d'une plaque (m<sup>2</sup>).

**STEP** : Station d'épuration.

**STP** : Surface totale projetée(m<sup>2</sup>).

**T** : Température (C°).

**t** : temps (s).

**TE 600** : Pilote de coagulation floculation et décantation.

**V<sub>p</sub>** : Vitesse de chute de particule.

**w** : largeur de la zone de décantation.

**Y<sub>p</sub>** : densité des particules.

**θ** : angle d'inclinaison des plaques.

**μ** : viscosité dynamique de l'eau (pas.s).

**ρ<sub>l</sub>** : Masse volumique de l'eau (kg/m<sup>3</sup>).

**ρ<sub>p</sub>** : Masse volumique de la particule (kg/m<sup>3</sup>).

## Liste des tableaux

Tableau I.1 : Les différentes valeurs de $a$ , $n$ et $CD$ en fonction du nombre de Reynolds. ....	6
Tableau III.2 : Evolution des MES pour la décantation lamellaire (Contre-courant A) .....	51
Tableau III.3 : Evolution des MES pour la décantation lamellaire (Contre-courant B) .....	53
Tableau III.4 : Evolution des MES pour la décantation lamellaire (Co-courant A) .....	54
Tableau III.5 : Evolution des MES pour la décantation lamellaire (Co-courant B) .....	56
Tableau III.6 : Les rendements du pilote pour les différents types de décantation lamellaire (à contre courant et co-courant) et les positions des lamelles (A et B). ....	57
Tableau III.7 : Evolution des MES pour une décantation classique (cas de colmatage) .....	59
Tableau III.8 : Evolution des MES pour une décantation lamellaire à contre-courant (cas de colmatage).....	60
Tableau III.9 : Réduction de la MES pendant différents temps de décantation lamellaire à contre-courant (position B, 1 cm d'écartement). ....	63
Tableau III.10 : Réduction de la MES pendant différents temps de décantation lamellaire à contre-courant (position B, 2 cm). ....	66

## Liste des figures

Figure I.1 : Forces agissantes sur une particule qui chute .....	4
Figure I.2 : Vitesse de décantation de particules floculantes.....	8
Figure I.3 : Colonne de décantation. ....	9
Figure I.4 : Courbes de mêmes pourcentages d'élimination des particules.....	9
Figure I.5 : Bassin de décantation idéal rectangulaire à fond horizontal. ....	11
Figure I.6 : Décanteur circulaire à radier plat et alimentation centrale.....	13
Figure I.7 : Décanteur longitudinal à pont racleur. ....	15
Figure I.8 : Décanteur longitudinal à chaînes. ....	15
Figure I.9 : Décanteur à étages.....	16
Figure I.10 : Décanteur à flux vertical.....	17
Figure I.11 : Décanteur statique.....	17
Figure I.12 : Décanteur cylindrique. ....	18
Figure II.1 : Bassin de décantation idéal avec 3 paliers. ....	21
Figure II.2 : Gain théorique possible sur un ouvrage de hauteur élémentaire $H/n$ . ....	21
Figure II.3 : Gain théorique possible sur un ouvrage de hauteur élémentaire $H/n$ et longueur $L/n$ .....	22
Figure II.4: Décantation lamellaire a plaque : effet cumulé des surfaces unitaires .....	23
Figure II.5 : Décanteur à tubes inclinés à $60^\circ$ .....	25
Figure II.6: Forces agissant sur une particule déposée dans un tube incliné à $60^\circ$ .....	25
Figure II.7 : Décanteurs à lamelles.....	26
Figure II.8 : Plaques au-dessus du lit de boues.....	27
Figure II.9 : Plaques dans lit de boues.....	28
Figure II.10 : Décanteurs à tubes inclinés à $60^\circ$ . ....	29
Figure II.11 : Décanteur à contre courant.....	30
Figure II.12 : Décanteur à courants croisés. ....	31
Figure II.13 : Décanteur à co-courant.....	32

Figure II.14 :Composition d'un décanteur lamellaire. ....	34
Figure II.15 : Représentation du comportement de la boue et d'épaississement. ....	36
Figure III.1 : Construction du pilote TE600. ....	40
Figure III.2 : Pilote de coagulation-floculation et décantation (TE 600) (laboratoire du Département d'Hydraulique. Université de Tlemcen). ....	41
Figure III.3 : Liste des vannes du pilote TE600.....	42
Figure III.4 : Méthode de prélèvement dans la STEP.....	43
Figure III.5 : Dispositif de filtration.....	45
Figure III.6 : Balance précision.....	45
Figure III.7 : Etuve ;(Laboratoire du département d'hydraulique université de Tlemcen). ....	45
Figure III.8 : Position A, angle d'inclinaison des lamelles 60°. ....	47
Figure III.9 : Position B, angle d'inclinaison des lamelles 120°. ....	47
Figure III.10 : Histogramme de rendement pour le système de décantation en position A ....	52
Figure III.11:Eau à l'entrée et la sortie du décanteur lamellaire à contre-courant.....	52
(position A).....	52
Figure III.12 : Histogramme de rendement pour un système à contre-courant avec des lamelles en position B. ....	53
Figure III.13 : Eau à l'entrée et la sortie du décanteur lamellaire à contre-courant.....	54
(position B). ....	54
Figure III.14 : Histogramme de rendement pour un système à co-courant avec des lamelles en position A.....	55
Figure III.15:Eau à l'entrée et la sortie du décanteur lamellaire à co-courant (position A).....	55
Figure III.16 : Histogramme de rendement pour un système à co-courant avec des lamelles en position B.....	56
Figure III.17:Eau à l'entrée et la sortie du décanteur lamellaire à co-courant (position B)... ....	57
Figure III.18 : Histogramme de diminution du rendement à cause de colmatage. ....	60
Figure III.19 : Colmatage du décanteur en système classique.....	60
Figure III.20 : Histogramme de diminution du rendement à cause de colmatage. ....	61

Figure III.21 : Colmatage d'un décanteur lamellaire. ....	61
Figure III.22 : Histogramme d'évolution de rendement en fonction du temps. ....	64
La figure III.23 : Eau à l'entrée (1) et à la sortie (2) du décanteur lamellaire contre-courant avec les lamelles en position B et un distance de 1 cm. ....	65
Figure III.24 : Histogramme de variation de rendement en fonction de temps. ....	67
La figure III.25 : Eau usée a l'entré (1) et la sortie (2) du décanteur lamellaire contre-courant avec les lamelles en position B et un distance de 2 cm. ....	68
Figure III.26 : Variations de la hauteur de la boue dans le décanteur lamellaire à contre-courant (position A). ....	68

# Sommaire

<b>Introduction générale.....</b>	<b>1</b>
-----------------------------------	----------

## **Chapitre I : Généralité sur la décantation**

I.1 Introduction .....	3
I.2 Définition de la décantation .....	3
I.3 Classification des matières décantables .....	3
I.4 Types de décantation .....	3
I.4.1 Décantation de particules discrètes .....	3
I.4.1.1 Principe de base.....	4
I.4.2 Décantation de particules floculantes .....	7
I.4.2.1 Principe de base .....	7
I.4.2.2 Essai de décantation en colonne .....	7
I.4.3 Décantation freinée .....	9
I.4.4 Décantation en compression de boue .....	10
I.5 Théorie du décanteur idéal .....	10
I.5.1 Bassin rectangulaire à fond horizontal .....	10
I.5.2 Bassins circulaires à radier plat et alimentation centrale .....	12
I.6 Types des décanteurs .....	13
I.6.1 Décanteur simple .....	13
I.6.1.1 Les décanteurs à flux verticaux .....	16
I.6.2 Décanteur lamellaire .....	18
I.7 Conclusion .....	18

## **Chapitre II : Décantation lamellaire**

II.1 Introduction .....	20
II.2 Décanteur lamellaire .....	20
II.3 Types de décanteurs lamellaires .....	24
II.3.1 Décanteurs à tubes.....	24

II.3.2	Décanteurs à lamelles .....	26
II.4	Rôle du décanteur lamellaire secondaire .....	29
II.5	Différents types de décanteur lamellaire .....	30
II.5.1	Contre courant .....	30
II.5.2	Courant croisé .....	31
II.5.3	Co-courant.....	31
II.6	Décantation en boue activée .....	32
II.7	Paramètre caractéristiques de la boue .....	32
II.7.1	Concentration en MES .....	33
II.7.2	Température .....	33
II.7.3	PH .....	33
II.7.4	Oxygène dissous .....	33
II.7.4.1	Dénitrification .....	33
II.7.4.2	Anaérobiose .....	34
II.8	Description générale d'un décanteur lamellaire .....	34

### **Chapitre III : Etude expérimentale**

III.1	Matériels et méthodes .....	38
III.1.1	Objectifs principaux des expériences .....	38
III.1.2	Composition de L'équipement .....	38
III.1.3	Description du pilote TE600 .....	38
III.1.3.1	Construction .....	38
III.1.3.2	Manipulations .....	39
III.1.3.3	Liste des vannes .....	41
III.1.4	Prélèvements .....	42
III.1.5	Mesures à effectuer sur l'échantillon .....	43
III.1.5.1	Température .....	43
III.1.5.2	Détermination du potentiel d'hydrogène .....	44

III.1.5.3	Matières en suspensions (MES) .....	44
III.2	Etude expérimentale de la décantation lamellaire .....	46
III.2.1	Objectifs du travail .....	46
III.2.2	Mode opératoire de la décantation sur le pilote .....	48
III.2.2.1	Décantation lamellaire à Co-courant .....	48
III.2.2.2	Décantation lamellaire à Contre-courant .....	49
III.2.2.3	Décantation classique .....	49
III.3	Résultat et interprétation .....	50
III.3.1	Caractéristiques de l'eau utilisée .....	50
III.3.2	Type de décantation lamellaire et la position des lamelles .....	50
III.3.2.1	Décantation lamellaire à contre-courant .....	51
III.3.2.1.1	Décantation lamellaire à contre-courant avec un angle d'inclinaison des lamelles de 60° (position A).....	51
III.3.2.1.2	Décantation lamellaire à contre-courant avec un angle d'inclinaison des lamelles de 120° (position B) .....	52
III.3.2.2	Décantation lamellaire à co-courant .....	54
III.3.2.2.1	Décantation lamellaire à co-courant pour l'angle d'inclinaison des lamelles 60° (position A) .....	54
III.3.2.2.2	Décantation lamellaire à co-courant pour l'angle d'inclinaison des lamelles 120° (position B) .....	55
III.3.3	Rendement épuratoire du pilote pour les différentes dispositions .....	57
III.3.4	Identification, origines et causes du problème du colmatage .....	58
III.3.4.1	Décantation classique .....	59
III.3.4.2	Décantation lamellaire à contre-courant, l'angle d'inclinaison des lamelles 120° (position B) pour l'étude du colmatage .....	60
III.3.5	Etude du colmatage .....	62
III.3.5.1	Recyclage et l'évacuation .....	62

III.3.5.1.1	Décantation lamellaire à contre-courant avec un angle d'inclinaison des lamelles de 120° (position B), d'un espace entre les lamelles de 1 cm et avec un débit de recyclage et un débit d'évacuation .....	62
III.3.5.1.2	Décantation lamellaire à contre-courant l'angle d'inclinaison des lamelles 120° (position B) d'un espace entre les lamelles de 2 cm avec un débit de recyclage et un débit d'évacuation .....	65
III.4	Conclusion .....	69
	<b>Conclusion générale .....</b>	<b>70</b>
	<b>Bibliographie</b>	

# INTRODUCTION GENERALE

## Introduction générale

L'objectif essentiel de notre travail est la détermination des conditions et des traitements adéquats (faire une comparaison entre les types de décantation lamellaire), en vue de voir l'efficacité de décantation pour l'élimination ou la diminution des MES d'une eau usée.

Nous allons d'abord appliquer les résultats obtenus sur le pilote de coagulation floculation et décantation « TE600 », qui est un petit décanteur lamellaire.

L'aération avant décantation est nécessaire afin de mettre en œuvre avec succès les procédés de décantation des boues des eaux usées.

La décantation, largement utilisée dans les stations d'épurations actuellement en opération est basés sur des séparations solide-liquide.

La filière boue activée représente la majeure partie du parc des stations d'épuration en Algérie. L'efficacité de la décantation secondaire est nécessaire à son bon fonctionnement. La quasi totalité de ces ouvrages est de type statique nécessitant des emprises au sol importantes.

Le principe de choisir le mode de décantation lamellaire et de multiplier la surface de décantation et dans le même temps limité la superficie de la station et ainsi de son coût.

Une série d'expériences ont été effectuées au laboratoire de traitement et d'épuration des eaux de la faculté de technologie de l'université de Tlemcen sur le pilote TE600 pour étudier les performances d'un décanteur lamellaire dans l'épuration, en variant les angles de l'inclinaison, les types de décantation et l'espace entre les lamelles.

Notre étude, est structuré suivants les parties si après :

Une partie bibliographique composée essentiellement de deux chapitres:

- Le premier chapitre présente la généralité sur la décantation
- Dans le deuxième chapitre, nous aborderons des généralités sur la décantation lamellaire et présentation des installations, ainsi que les différents paramètres influençant la décantation.

Dans cette partie nous nous sommes basés sur :

- ✓ le rôle de la décantation lamellaire ;
- ✓ le principe de la décantation lamellaire ;
- ✓ différents types de décanteur lamellaire ;
- ✓ Description générale d'un décanteur lamellaire.

La seconde partie sera consacrée à l'étude expérimentale basée sur des expériences et des calculs, ainsi que sur des analyses et des commentaires des résultats qui seront menés au laboratoire de traitement de l'eau de la faculté de technologie.

Dans cette partie nous prenons l'eau usée de la station d'Ain el Houtz à l'aval du bassin d'aération pour étudier la décantation secondaire lamellaire au laboratoire et la majorité des calculs sera faite sur les matières en suspension.

Et enfin, une conclusion est donnée pour résumer le fruit de notre travail.

# CHAPITRE I

## Généralités sur la décantation

## I.1 Introduction

En soumettant l'eau à un ralentissement important ou à un repos relatif suffisamment long, il est possible de la débarrasser d'une fraction substantielle de sa charge de matières en suspension. En supprimant la turbulence, on permet aux particules en suspension, plus lourdes que l'eau, de se sédimenter. Cette opération est plus communément appelée : la décantation. [1]

## I.2 Définition de la décantation

C'est un procédé utilisé pratiquement dans toutes les stations de l'épuration des eaux. Elle a pour but d'éliminer les particules en suspension dont la densité est supérieure à celle de l'eau. Les particules s'accroissent au fond du bassin de décantation d'où on les extrait périodiquement. [2]

## I.3 Classification des matières décantables

On distingue deux types de matières décantables :

- Les particules grenues, qui conservent les mêmes dimensions au cours de leur chute, elles sédimentent indépendamment les unes des autres avec une vitesse de chute constante.
- Les particules coalescentes s'agglomèrent pendant la sédimentation, on distingue : la décantation diffuse et la décantation en piston ;

➤ **La décantation diffuse** : lorsque la concentration en MES est faible, le floc dispersé décante comme s'il était seul, sa vitesse de chute augmente au fur et à mesure que d'autres particules plus fines s'y agglomèrent ;

➤ **La décantation en piston** : lorsque la concentration en MES est élevée, on a une décantation d'ensemble des floes qui sont freinés au cours de leur chute. [3]

## I.4 Types de décantation

Selon la concentration en solide et la nature des particules (densité et forme), on distingue quatre types de décantation: la décantation de particules discrètes, de particules flocculantes, la décantation freinée et en compression de boues. [2]

### I.4.1 Décantation de particules discrètes

Ce type de décantation (dite discrète ou individuelle) est caractérisé par le fait que les particules conservent leurs propriétés physiques initiales (forme, dimension et densité) au cours de leur chute.

La vitesse de chute est indépendante de la concentration en solide ; c'est pourquoi les lois classiques de Newton et de Stokes s'appliquent dans ce contexte. [2]

**I.4.1.1 Principe de base**

Lorsqu'une particule chute, sa vitesse augmente jusqu'à ce que les forces de décantation (poids) équilibrent les forces de frottement. Cette situation, pour laquelle

$d\mathbf{V}_p / dt = \mathbf{0}$ , correspond au point d'équilibre des forces autour de la particule. [2]

Considérons les forces agissantes sur une particule qui chute (figure I.1). D'après cette figure, on peut écrire que :

$$F_r = F_g - F_D \quad (1.1)$$

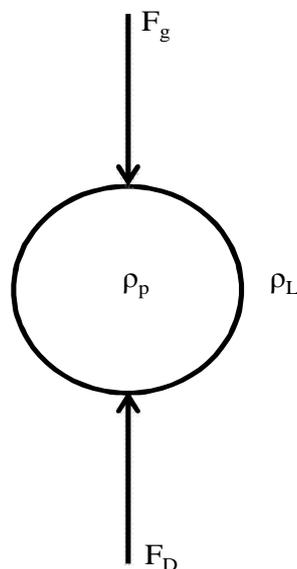
On sait que

$$F_g = (\rho_p - \rho_L)gb \quad (1.2)$$

$$F_D = \frac{C_D A_P \rho_L V_P^2}{2} \quad (1.3)$$

Et

$$F_r = \rho_p b \frac{dv_P}{dt} \quad (1.4)$$



**Figure I.1 :** Forces agissantes sur une particule qui chute. [2]

Où

$F_g$  = force de décantation due à la pesanteur (N) ;

$F_D$  = force de traînée (N) ;

$F_r$  = force résultante (N) ;

$\rho_p$  = masse volumique de la particule ( $\text{kg/m}^3$ ) ;

$\rho_L$  = masse volumique de l'eau ( $\text{kg/m}^3$ ) ;

$b$  = volume de la particule ( $\text{m}^3$ ) ;

$A_p$  = aire de la section de la particule ( $\text{m}^2$ ) ;

$C_D$  = coefficient de traînée ;

$V_p$  = vitesse de chute de la particule (m/s) ;

$t$  = temps (s) ;

$g$  = accélération due à la pesanteur ( $\text{m/s}^2$ ) ;

Pour les particules sphériques, on sait que :

$$A_p = \frac{\pi d^2}{4} \quad (1.5)$$

Et

$$b = \frac{\pi d^3}{6} \quad (1.6)$$

Où

$d$  : diamètre de la particule

En combinant les équations I.1 à I.6, on obtient

$$\frac{dv_p}{dt} = \left( \frac{\rho_p - \rho_L}{\rho_p} \right) g - \frac{3 C_D \rho_L V_p^2}{4 \rho_p d} \quad (1.7)$$

La particule qui chute accélère jusqu'à ce que sa vitesse à l'équilibre soit :

$$\frac{dv_p}{dt} = 0 \quad (1.8)$$

$$V_p = \left[ \frac{4g(\rho_p - \rho_L)}{3C_D \rho_L} d \right]^{1/2} \quad (1.9)$$

La valeur de  $C_D$ , coefficient de traînée, est définie par la perturbation, elle-même fonction de la vitesse de chute [4]. Cette perturbation est caractérisée par le nombre de Reynolds  $Re$  défini par :

$$Re = \frac{\rho_L V_P}{\mu} \quad (I.10)$$

Re : nombre de Reynolds ;

$\mu$  : viscosité dynamique de l'eau (pas.s) ;

Le coefficient de traînée est donné par :  $CD = a \cdot Re^{-n}$  avec a et n constantes.

Le tableau I.1, donne les différentes valeurs de a, n et CD en fonction du nombre de Reynolds.

**Tableau I.1** : Les différentes valeurs de a, n et CD en fonction du nombre de Reynolds. [4]

Re	Régime	A	n	CD	Formule
$10^{-4} < Re < 1$	Laminaire	24	1	$24 \cdot Re^{-1}$	Stokes
$1 < Re < 10^3$	Intermédiaire	18.5	0.6	$18.5 \cdot Re^{-0.6}$	Allen
$10^3 < Re < 4 \cdot 10^5$	Turbulent	0.44	0	0.44	Newton

Par ailleurs, pour ces particules sphériques. On peut estimer la valeur du coefficient de frottement pour le cas suivant :

Nombre de Reynolds inférieur ou égal à 1.

$$C_D = \frac{24}{Re} \quad (I.11)$$

Puis, en combinant les équations (I.9) et (I.10) on obtient :

$$C_D = \frac{24 \mu}{\rho_L V_P d} \quad (I.12)$$

Puis, en combinant les équations (I.8) et (I.11), on obtient l'expression de la vitesse par la relation:

$$V_P = \frac{g(\rho_P - \rho_L)d^2}{18 \mu} \quad (I.13)$$

#### I.4.2 Décantation de particules floculantes

Ce type de décantation est caractérisé par l'agglomération des particules au cours de leur chute. Les propriétés physiques de ces particules (formes, dimension, densité et vitesse de chute) sont donc modifiées pendant le processus.

Durant la décantation, les particules s'agglomèrent à un certain rythme, et les particules qui résultent de cette agglomération sont à la fois plus grosses et moins denses que les particules initiales. Cette modification continue des caractéristiques des particules rend la conception de modèle mathématique beaucoup plus complexe. On doit donc, dans la plupart des cas, procéder à des essais de laboratoire. [2]

#### I.4.2.1 Principe de base

L'agglomération des particules favorise la décantation, même si la densité des particules résultantes est inférieure à celle des particules initiales, puisque la vitesse de décantation est fonction du diamètre ( $d$ ) et de la densité des particules ( $Y_p$ ), ainsi que la viscosité dynamique de l'eau ( $\eta$ ) qu'on ne peut pas la contrôler, dans la plus part des cas, comme les deux paramètres précédents. [2]

On le voit, la floculation joue un rôle important dans le procédé de décantation. Le taux de floculation des particules dans le bassin de décantation est fonction de:[2]

- ♦ La distance que les particules parcourent ;
- ♦ La charge superficielle ;
- ♦ Gradients de vitesse dans le bassin ;
- ♦ La concentration des particules ;
- ♦ Diamètre des particules.

#### I.4.2.2 Essai de décantation en colonne

Grâce à l'essai de décantation en colonne, on peut simuler en laboratoire les conditions de décantation d'une solution diluée de particules floculantes. La réalisation de l'essai nécessite le recours à une colonne de décantation (figure I.3) d'une hauteur égale à la profondeur du décanteur (entre 1,8 et 2,4m). On effectue en général des prélèvements d'échantillons à 0,6, 1,2 et 1,6 m de la surface. Le prélèvement d'échantillons à intervalles réguliers permet de tracer des courbes de même pourcentage d'élimination des particules (figure I.4).

A partir de ces résultats, on peut évaluer le pourcentage de particules éliminées par un bassin idéal de décantation, en fonction de divers temps de rétention et de diverses profondeurs, à l'aide de l'équation suivante :

$$R = \frac{\Delta h_1}{H} \cdot \frac{(R_1 + R_2)}{2} + \frac{\Delta h_2}{H} \cdot \frac{(R_2 + R_3)}{2} + \dots + \frac{\Delta h_n}{H} \cdot \frac{(R_n + R_{n+1})}{2} \quad (I. 14)$$

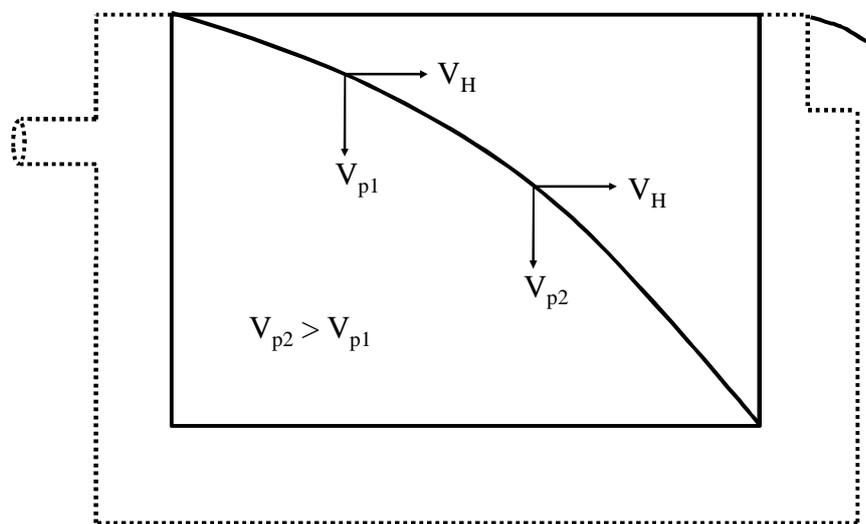
Où

R : pourcentage total de particules éliminées dans un bassin de décantation idéal (rendement) ;

$R_1, R_2, \dots, R_n$  : pourcentages de particules éliminées dans un bassin de décantation idéal, à une profondeur  $h$ , et après un temps de rétention  $t$  ;

$\Delta h_1, \Delta h_2, \dots, \Delta h_n$  : hauteurs moyennes entre deux courbes de même pourcentage d'élimination des particules ;

$H$  : hauteur totale de la colonne. [2]



**Figure I.2 :** Vitesse de décantation de particules floculantes. [2]

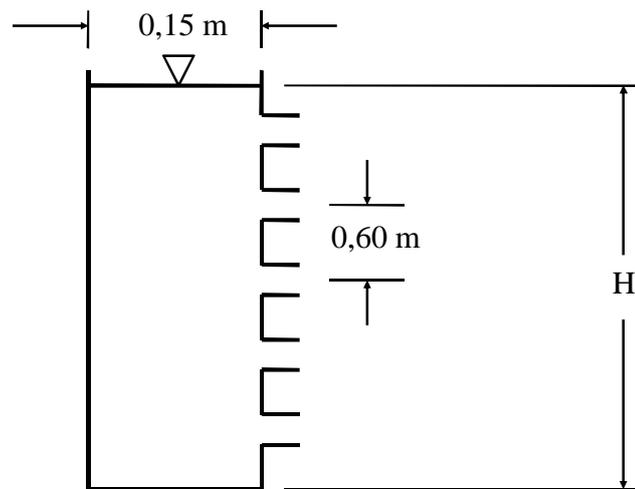


Figure I.3 : Colonne de décantation. [2]

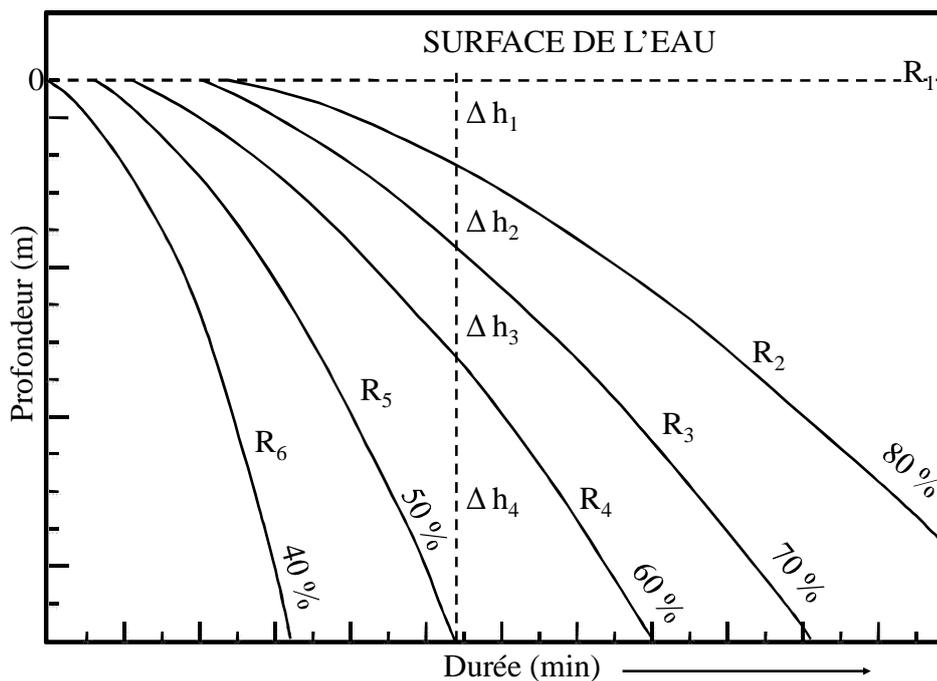


Figure I.4 : Courbes de mêmes pourcentages d'élimination des particules. [2]

### I.4.3 Décantation freinée

Ce type de décantation est caractérisé par une concentration élevée de particules ; ce qui entraîne la formation d'une couche de particule et, par conséquent, l'apparition d'une démarcation

nette entre les solides décantés et le liquide surnageant. On trouve ce type de décantation dans la partie profonde des décanteurs. [2]

#### I.4.4 Décantation en compression de boue

Dans ce type de décantation, les particules entrent en contact les unes avec les autres et reposent sur les couches inférieures. Dans cette zone, le phénomène de consolidation est relativement lent. On retrouve ce type de décantation dans les épaisseurs de boues par gravité. [2]

### I.5 Théorie du décanteur idéal

Le décanteur parfait est une idéalisation analogue à celle des gaz parfait, il correspond à :

- Une équipartition du courant ;
- Une absence de turbulence (régime d'écoulement laminaire) ;
- Une répartition uniforme des matières en suspension. Celle-ci devant obéir aux lois de la sédimentation (équation de Stocks, Allen et Newton) ;
- Immobilité des particules lorsqu'elles atteignent le lit de boues. [3]

#### I.5.1 Bassin rectangulaire à fond horizontal

Dans un tel bassin, les paramètres sont les suivants (figure I.5):

$A$  = aire de la section longitudinale de la zone de décantation ( $L \cdot w$ ).

$A'$  = aire de la section transversale de la zone de décantation ( $H \cdot w$ ).

$H$  = profondeur totale de la zone de décantation.

$h$  = profondeur partielle de la zone de décantation.

$L$  = longueur de la zone de décantation.

$Q$  = débit de l'eau.

$V_H$  = vitesse horizontale de l'eau ( $Q/A'$ ).

$V_p$  = vitesse de chute d'une particule.

$V_0$  = vitesse de chute « cible » d'une particule.

$w$  = largeur de la zone de décantation.

On peut par ailleurs déterminer les différentes zones suivantes à l'intérieur du bassin idéal de décantation :

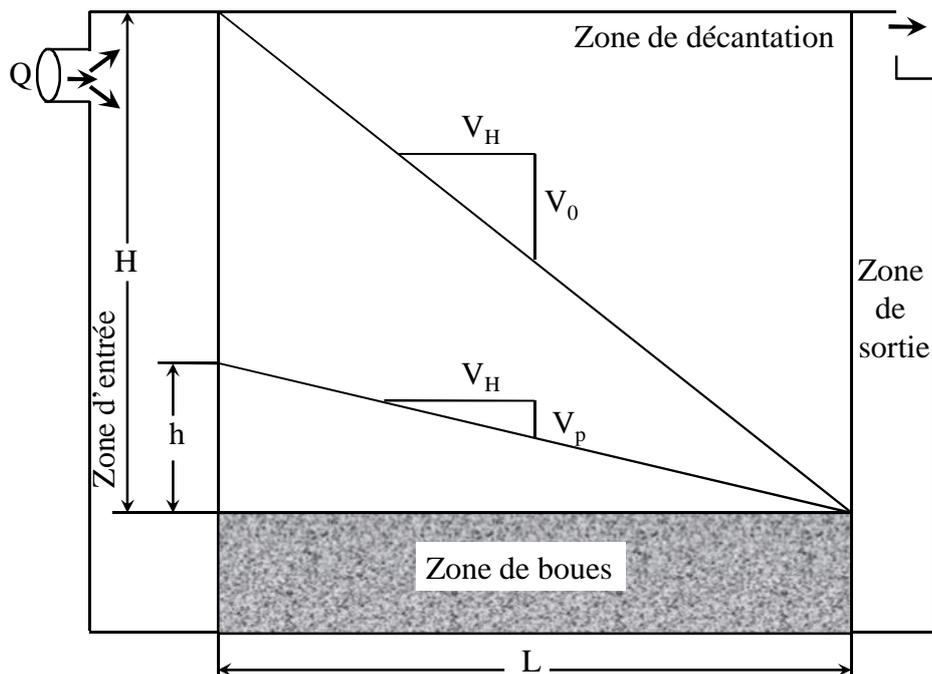
**Zone d'entrée** : zone à l'intérieur de laquelle le débit est distribué uniformément à travers la section  $A'$ .

**Zone de décantation** : zone à l'intérieur de laquelle a lieu la décantation dite "tranquille" (débit uniforme).

**Zone de sortie:** zone où a lieu l'évacuation de l'eau décantée.

**Zone de boues:** zone où il y a accumulation des solides décantés.

On remarque dans la figure I.5 que toutes les particules dont la vitesse de chute est supérieure à  $V_0$  sont éliminées, quant aux particules dont la vitesse de chute est inférieure à  $V_0$  (par exemple  $V_p$ ), elles ne sont éliminées que si elles pénètrent dans la zone de décantation à une hauteur inférieure à  $h$ . [2]



**Figure I.5 :** Bassin de décantation idéal rectangulaire à fond horizontal. [2]

La durée de séjour de l'eau dans le décanteur est : [1]

$$t = \frac{H}{V_0} \tag{I.15}$$

D'autre part, la composante horizontale de la vitesse de la particule est constante, elle est donnée par l'équation :

$$\frac{dx}{dt} = \frac{Q}{A'} = \frac{Q}{w.H} = V_H \tag{I.16}$$

D'où le fait que la trajectoire de la particule est une droite, il s'ensuit que :

$$dx = \frac{Q}{w.H} dt \tag{I.17}$$

$$\int_0^L dx = \frac{Q}{w.H} \int_0^t dt \quad (I.18)$$

$$L = \frac{Qt}{wH} = \frac{QH}{wHV_0} = \frac{Q}{wV_0} \quad (I.19)$$

Et

$$V_0 = \frac{Q}{Lw} = \frac{Q}{A} \quad (I.20)$$

La vitesse d'une particule entrant dans le bassin à son niveau supérieur a deux composantes :

$V_H$  : vitesse horizontale du fluide  $V_H = Q/A$  ;

$V_0$  : vitesse de chute ou vitesse verticale limite donnée par la loi de Stokes. Dans le cas d'un décanteur à courant ascendant, la particule est retenue dans le bassin si :

$$\frac{V_0}{H} > \frac{V_H}{L} = \frac{Q}{Hw.L} \quad (I.21)$$

Soit :

$$V_0 > Q/A = V_S \quad (I.22)$$

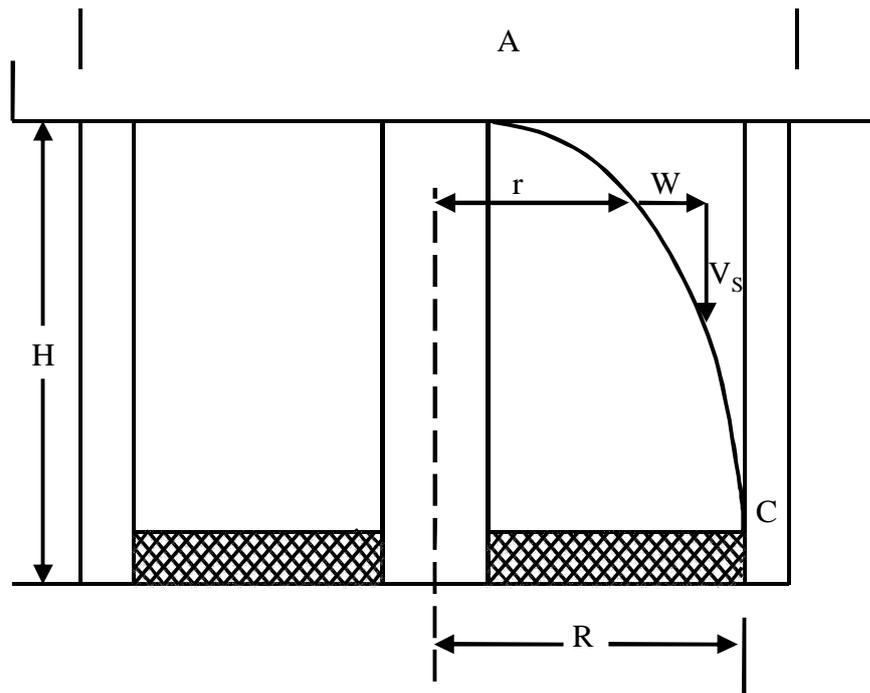
$V_S$  : vitesse de Hazen (ou charge hydraulique superficielle).

Il est à noter que  $V_S$  est indépendante de la profondeur du bassin.

Toutes les particules ayant des vitesses de sédimentation supérieures à  $V_S$  seront théoriquement éliminées. [2]

### I.5.2 Bassins circulaires à radier plat et alimentation centrale

L'eau est amenée par une conduite au centre du bassin, d'où elle s'écoule vers le bord



**Figure I.6 :** Décanteur circulaire à radier plat et alimentation centrale. [1]

$$\frac{dr}{dt} = \frac{Q}{2\pi Hr} \rightarrow 2\pi Hrdr = Qdt \quad (I.23)$$

$$2\pi H \int_0^R r dr = Q \int_0^t dt \rightarrow \pi R^2 H = Qt = Q \frac{H}{V_0} \quad (I.24)$$

$$V_0 = \frac{Q}{\pi R^2} = \frac{Q}{A} \quad (I.25)$$

Cette expression est identique à celle trouvée pour le bassin rectangulaire. [1]

## I.6 Types des décanteurs

Les matières solides se déposent au fond d'un ouvrage appelé "décanteur" pour former les boues. Ces dernières sont récupérées au moyen de systèmes de raclage. [5]

Il existe deux types de décanteurs :

### I.6.1 Décanteur simple

Le décanteur le plus simple est constitué d'une cuve parallélépipédique munie d'une zone d'entrée et de deux zones de sortie (une pour la sur-verse et l'autre pour les boues).

Les décanteurs classiques sont caractérisés par la surface de décantation égale la surface de base. [6]

Dans ces bassins, la condition pour qu'une particule soit retenue et qu'elle ait le temps d'atteindre le fond avant le débordement ou la sortie de l'ouvrage.

Un décanteur horizontal est caractérisé par :

- le débit traversier  $Q$  ;
- sa surface  $S$  ;
- sa hauteur entre le plan d'eau libre et le radier  $h$ .
- Le temps de rétention dans l'ouvrage sera :

$$t = \frac{S \cdot h}{Q} \quad \text{I.26}$$

Une particule en suspension arrivant en surface à l'entrée du décanteur décante avec une vitesse constante  $V_0$ . La décantation est terminée lorsque la particule s'est déposée sur le radier, la durée de chute est égale à  $h / V$ . La possibilité pour les particules d'atteindre le fond de l'ouvrage est évidemment envisageable seulement si

$$t > h / V, \quad \text{ou encore} \quad V_0 > Q / S.$$

Le terme  $Q / S$  est appelée vitesse de Hazen.

Théoriquement, l'efficacité d'un décanteur horizontal ne dépend que de sa vitesse de Hazen et non de sa hauteur ou de son temps de rétention. Généralement cette vitesse est comprise entre 0.5 et 1.5 m/h.

Cependant, les particules contenues dans l'eau flocculée entrant dans le décanteur présentent toute une gamme de dimensions. Pendant leur parcours dans l'ouvrage les plus petites peuvent s'agglutiner entre elle, c'est le phénomène decoalescence. Leur taille, et donc la vitesse de sédimentation augmente avec le temps. La trajectoire devient de ce fait curviligne et l'efficacité de la décantation dépend donc aussi du temps de rétention.

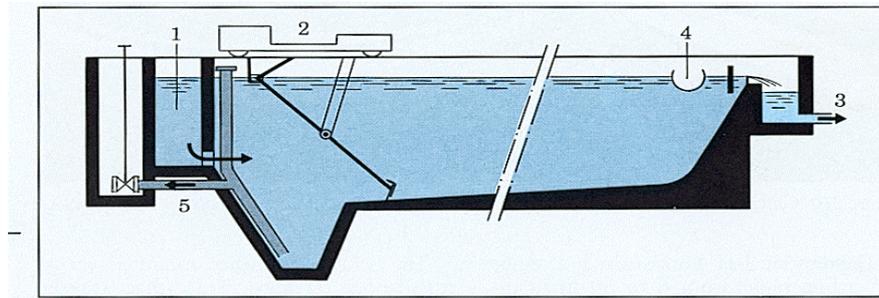
Pour optimiser le rendement du décanteur on le fait souvent précéder d'un compartiment de tranquillisation dans lequel une sensible diminution de la vitesse de transfert permet la décantation des particules les plus grosses et la coalescence du floc le plus fin. [4]

Il existe de nombreux types de décanteurs simples qui se distinguent, d'une part d'après le sens d'écoulement des eaux et, d'autre part, d'après les dispositions adoptées pour l'évacuation des boues :

Décanteur longitudinal à pont racleur (figure I.7)

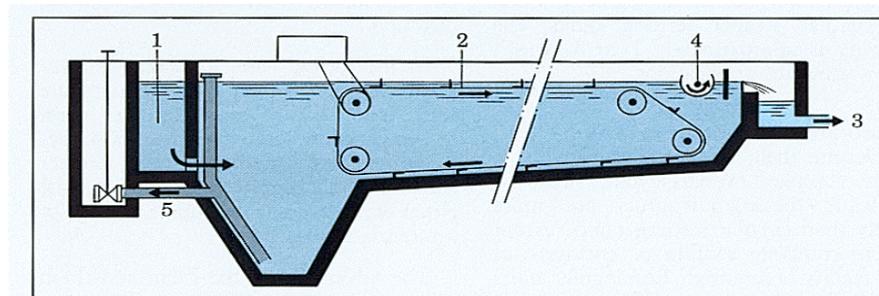
Décanteur longitudinal à chaînes (figure I.8).

Le raclage s'effectue au moyen d'un pont racleur qui entraîne une ou plusieurs lames poussant les boues vers une ou plusieurs trémies.



**Figure I.7 :** Décanteur longitudinal à pont racleur. [4]

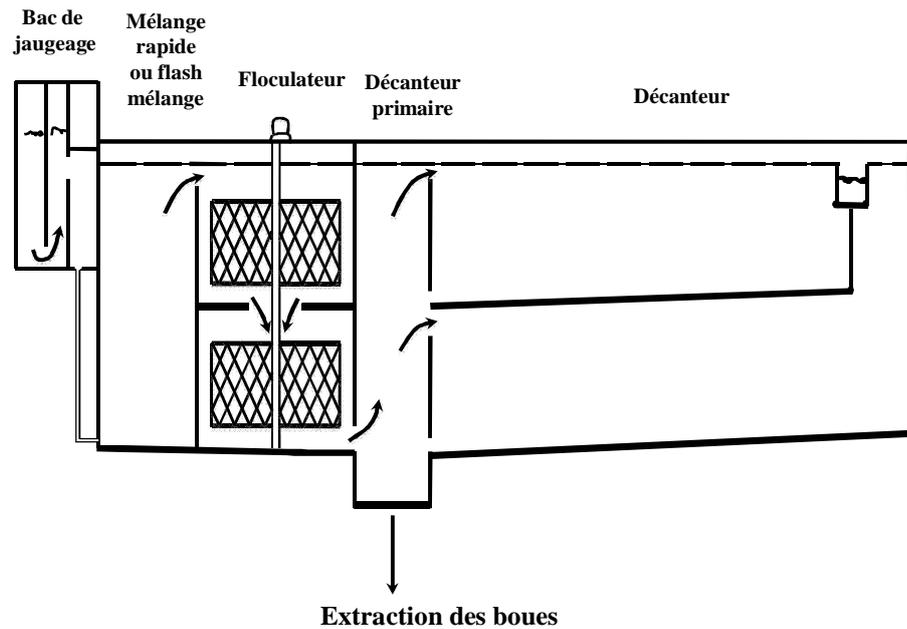
- 1 - Arrivée d'eau brute.
- 2 - Pont racleur.
- 3 - Sortie d'eau décantée.
- 4 - Reprise des flottants.
- 5 - Évacuation des boues.



**Figure I.8 :** Décanteur longitudinal à chaînes. [4]

- 1 - Arrivée d'eau brute.
- 2 - Chaîne racluse.
- 3 - Sortie d'eau décantée.
- 4 - Reprise des flottants.
- 5 - Évacuation des boues.

Les décanteurs horizontaux à plusieurs étages (appelés quelquefois "couloirs") comportent un certain nombre d'aménagements indispensables à l'obtention du meilleur rendement possible.



**Figure I.9 : Décanteur à étages. [4]**

Les décanteurs horizontaux à plusieurs étages visent au respect des conditions suivantes :

- répartir uniformément l'eau à l'entrée et la sortie du décanteur ;
- éviter les zones mortes ;
- supprimer les éléments perturbateurs. [4]

Ces décanteurs peuvent comporter, de l'amont vers l'aval :

- une chambre de mélange rapide des réactifs ;
- un flocculateur ;
- une chambre de coalescence ;
- les couloirs superposés de décantation dans lesquels l'eau pénètre par la partie supérieure.

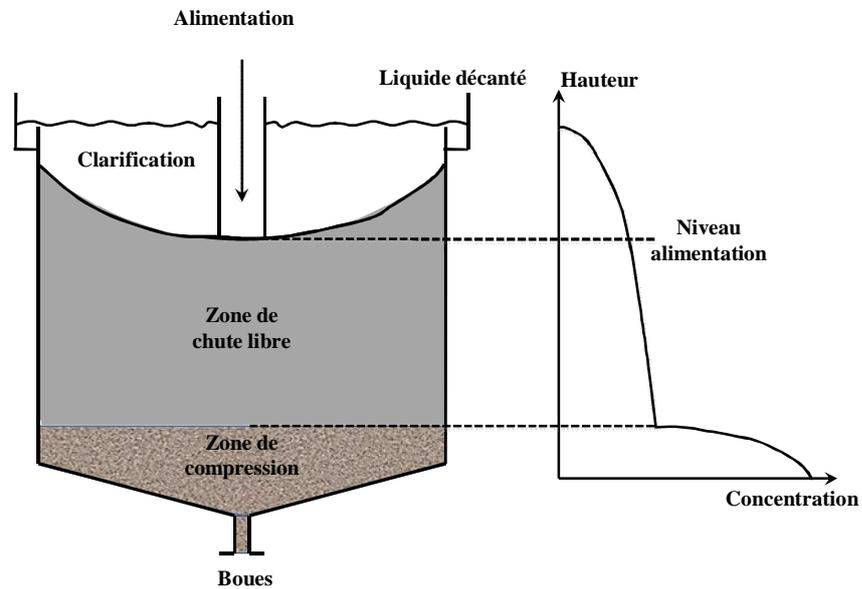
L'eau décantée est reprise à la partie aval par des déversoirs longitudinaux. La purge des boues est assurée par des tuyaux perforés ou un racleur en fonctionnement continu. [4]

### I.6.1.1 Les décanteurs à flux verticaux

Dans ce type d'ouvrage l'eau suit un trajet vertical. La vitesse de chute des particules est contrariée par une force résultante de la composition de la force de frottement et de la vitesse ascensionnelle de l'eau.

Tous les décanteurs verticaux font appel au voile de boue du fait de cet équilibre des vitesses et ce, quelle que soit la technique utilisée avec ou sans flocculateur. Le rôle du voile de boue est

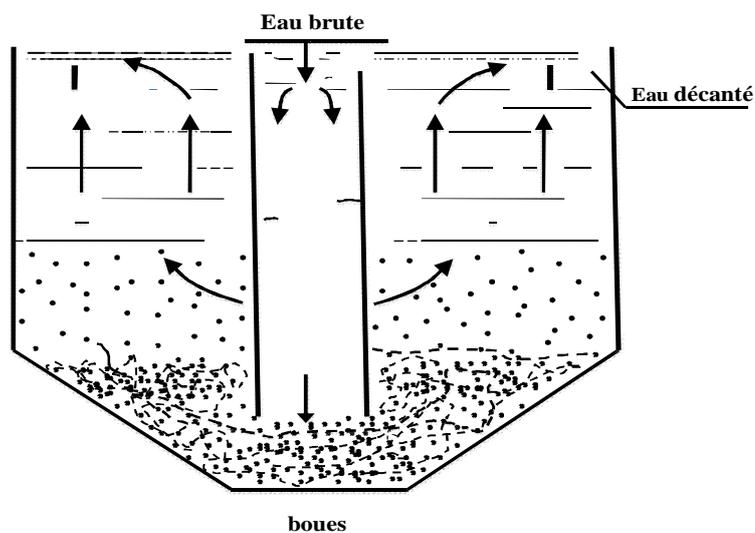
essentiel il joue également le rôle de filtre pour les flocons de faible dimensions. En son sein se produit le phénomène de coalescence.



**Figure I.10 :** Décanteur à flux vertical. [4]

Ce sont des ouvrages de forme conique ou pyramidale pour permettre un contrôle plus aisé du voile de boues. [4]

**Décanteurs statiques :** dans ce type d'ouvrage, la vitesse ascendante maximum vaut :  $2 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$  (m/h).



**Figure I.11 :** Décanteur statique. [4]

**Décanteurs cylindriques :** ce type d'appareil est constitué essentiellement d'un pont support de mécanisme fixé sur le bord d'une cuve cylindrique. Le groupe d'entraînement, monté au milieu de ce support, entraîne le mécanisme de raclage constitué d'un arbre vertical et de deux bras munis de raclettes. Différents modèles de mécanisme de raclage peuvent équiper ce type de décanteur selon le cas d'application. Ce type d'appareil existe dans la gamme de 2 à 45 m.

Les lames sont disposées de telle sorte que le fond de la cuve soit balayé une ou deux fois par tour. Pour les boues lourdes, deux bras courts de raclage supplémentaires balayent la zone centrale de la cuve quatre fois par tour. [4]

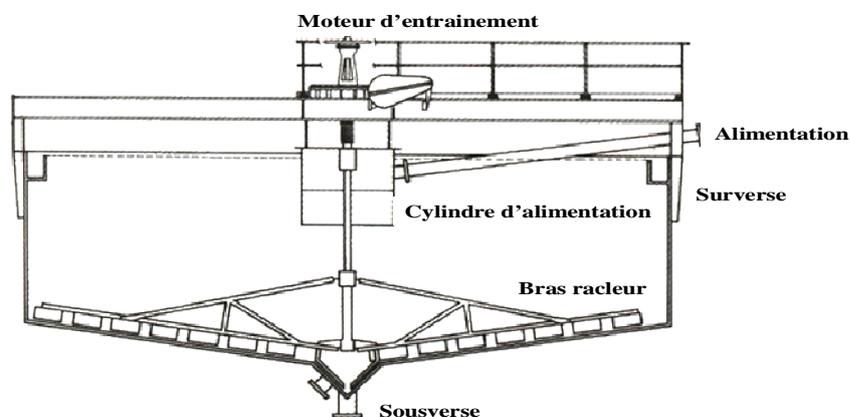


Figure I.12 : Décanteur cylindrique. [4]

### I.6.2 Décanteur lamellaire

Le décanteur lamellaire présente des plaques disposées parallèlement afin d'augmenter la surface de décantation. Les lamelles sont disposées de manière oblique de sorte à permettre le glissement des matières sédimentées vers le fond du décanteur (la procédure est décrite dans le chapitre 2). [2]

## I.7 Conclusion

La décantation est une technique très importante qui est utilisée dans presque toutes les usines de traitement des eaux usées, elle permet d'éliminer des quantités importantes des matières en suspensions.

L'importance du procédé a poussé les chercheurs et les spécialistes en la matière, à la recherche pour l'amélioration des techniques de la décantation en jouant sur certains paramètres (vitesse de décantation, surface de décantation, etc.), ce qui a permis l'apparition de plusieurs

décanteurs performants qui ont des avantages non négligeable, et qui permettent surtout de gagner l'argent, le temps et l'espace.

# CHAPITRE II

## Décantation lamellaire

## II.1 Introduction

La décantation lamellaire est un procédé qui peut être mis en œuvre pour séparer les matières en suspension décantables et ainsi rendre l'eau plus claire, en faisant un gain très considérable en matière de surface de base de l'ouvrage de décantation. Elle consiste en une structure lamellaire composée de lames juxtaposées et inclinées par rapport au plan horizontal. L'objectif recherché est le piégeage des éléments pollués sur la surface des lames puis les diriger au fond de l'ouvrage, pour constituer ce qui est communément connu sous le nom de boue.

Dans une structure lamellaire fonctionnant à contre-courant ou à co-courant, la chute des particules solides que l'on veut séparer, et le sens de circulation de l'eau entre les lames sont soit opposés, soit dans le même sens. L'eau remonte le long des lames du bas vers le haut, tandis que les particules plus denses que l'eau redescendent vers le bas. [17]

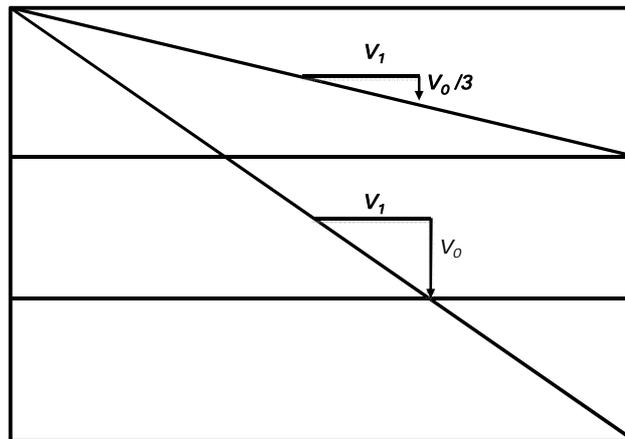
## II.2 Décanteur lamellaire

Dans un décanteur idéal, une particule est éliminée lorsqu'elle atteint la zone de boues. Dans le décanteur simple, cette particule doit parcourir une distance verticale  $H$ . On peut aisément montrer que, si on réduit de moitié la hauteur du bassin sans modifier le temps de rétention, on n'obtient aucune élimination supplémentaire de particules, puisque, pour conserver ce même temps de rétention, on doit doubler la longueur du bassin. Or, dans ce nouveau bassin, la section d'écoulement est réduite de moitié; par conséquent, la vitesse horizontale est doublée.

$$V_1 = \frac{Q}{S} = \frac{Q}{H \cdot l} \quad (\text{II. 1})$$

$$2V_1 = \frac{Q}{\frac{H}{2} \cdot l} \quad (\text{II. 2})$$

Par contre, on peut accroître considérablement la capacité d'un décanteur en augmentant la surface de décantation. Pour ce faire, il suffit d'ajouter des paliers dans le décanteur. En effet, alors que, dans un décanteur dépourvu de palier, les particules dont la vitesse de décantation est supérieure ou égale à  $V_0$  sont complètement éliminées, dans un décanteur doté de 3 paliers, les particules dont la vitesse de décantation est supérieure ou égale à  $V_0/3$  sont complètement éliminées.[1]

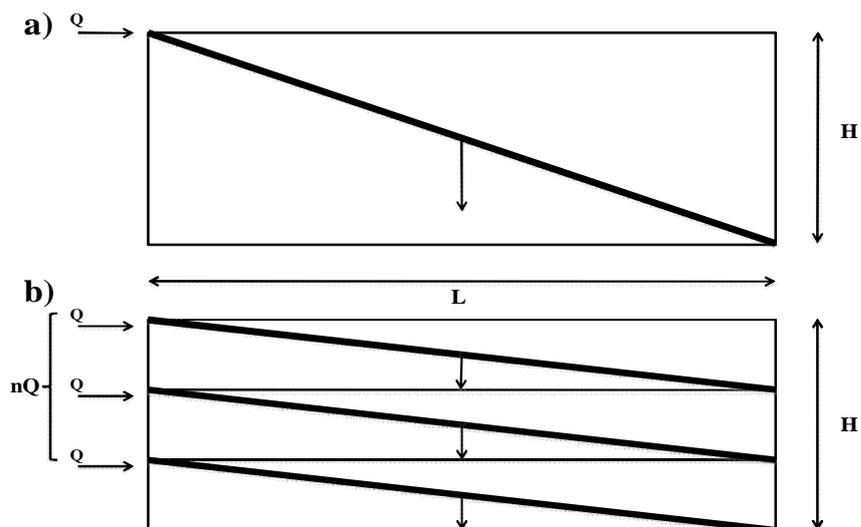


**Figure II.1** : Bassin de décantation idéal avec 3 paliers. [1]

Il est donc possible d'augmenter de manière très importante la surface disponible à la décantation en superposant sur la hauteur de l'ouvrage un grand nombre de cellules de séparation eau/boue. [7]

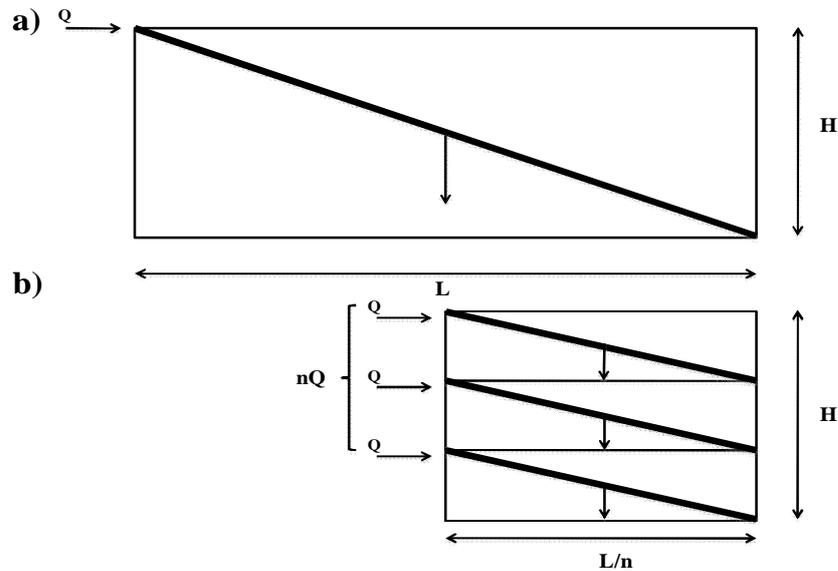
Les figures ci-après présentent les gains théoriques possibles sur un ouvrage, en débit ou en dimension :

- Un débit  $nQ$ , dans le même ouvrage, en superposant  $n$  étages de hauteur élémentaire  $H/n$ .



**Figure II.2** : Gain théorique possible sur un ouvrage de hauteur élémentaire  $H/n$ . [7]

- Un même débit en superposant  $n$  étages de hauteur élémentaire  $h/n$  et longueur  $L/n$ .



**Figure II.3 :** Gain théorique possible sur un ouvrage de hauteur élémentaire  $H/n$  et longueur  $L/n$ . [7]

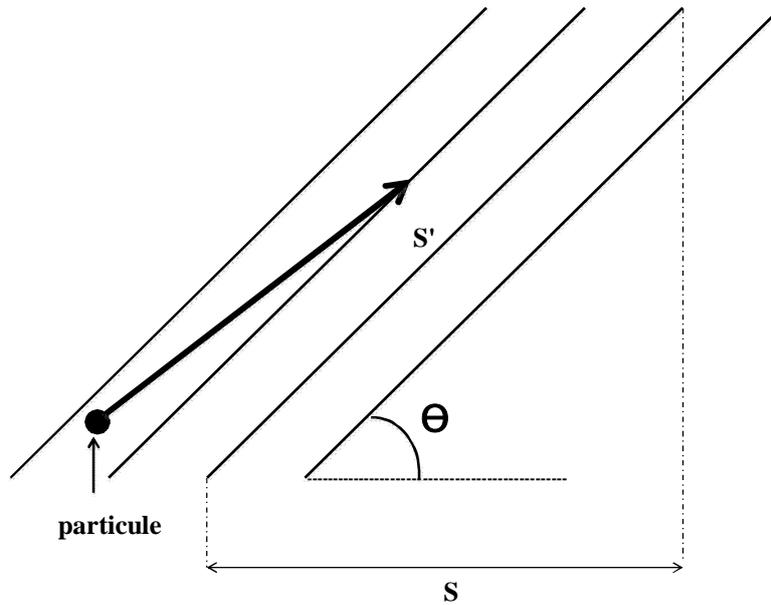
Les décanteurs dits lamellaires comportent souvent une série de lamelles qui permet de multiplier la surface de décantation utile tout en réduisant la surface au sol par rapport à un bassin de décantation classique.

En théorie, pour augmenter la capacité d'un décanteur, on peut réduire à l'infini la hauteur qui sépare les paliers. En pratique, toutefois, on doit laisser entre chaque palier une distance suffisante pour qu'une certaine quantité de boues ne s'accumule et ainsi provoquer le colmatage. En général, la hauteur qui sépare chaque palier est de l'ordre de 5 cm. [1]

Dans la pratique, ces superpositions entraînent un problème d'évacuation des boues décantées.

Pour cela, il faut que la surface sur laquelle les particules se déposent soit suffisamment inclinée pour qu'elles puissent glisser vers le bas sous l'effet de la pesanteur.

La figure II.4 illustre ce principe pour un réseau de plaques parallèles et montre, dans ce cas que la surface de décantation équivalente est nettement supérieure à celle de la base du décanteur.



**Figure II.4:** Décantation lamellaire a plaque : effet cumulé des surfaces unitaires. [8]

$\theta$ : angle d'inclinaison des plaques.

$S'$  : surface d'une plaque.

$S$  : surface projetée d'une plaque.

La surface projetée d'une plaque ( $S$ ) est :

$$S = S' \cos \theta \quad (\text{II.3})$$

Pour l'ensemble du décanteur lamellaire, la surface utile est égale à la totale projetée (STP) :

$$\text{STP} = (n-1) S \cos \theta \quad (\text{II.4})$$

$n$  : nombre des plaques ((lamelles).

$S$  : surface élémentaire d'une plaque.

$\theta$  : angle d'inclinaison des plaques.

La vitesse ascensionnelle (ou de hazen) approximative est égale à :

$$V_a = \frac{Q}{\text{STP}} = \frac{Q}{(n-1)S \cos \theta} \quad (\text{II.5})$$

$Q$  : débit entrant dans l'ouvrage. [8]

De l'équation II.5, nous constatons que ces décanteurs offrent des surfaces de décantation très considérables, tout en réduisant les surfaces des bases des ouvrages de décantation.

### II.3. Types de décanteurs lamellaires

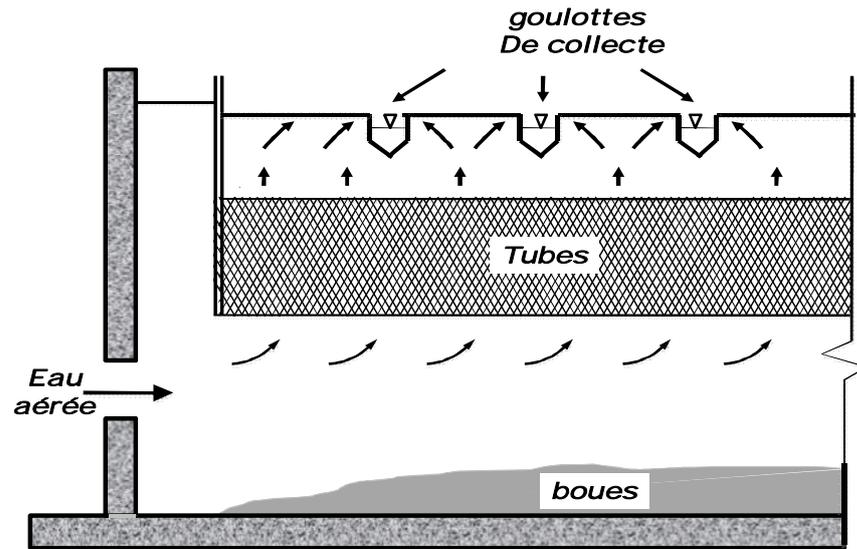
De nombreux modèles de faisceaux lamellaires (ou lamelles) sont disponibles : plaques planes, plaques ondulées, tubes ronds, tubes carrés, chevrons, modules hexagonaux. [1]

#### II.3.1 Décanteurs à tubes

On trouve sur le marché deux types de décanteurs à tubes : ceux dont les tubes sont légèrement inclinés par rapport à l'horizontale ( $7^\circ$ ) et ceux dont les tubes sont fortement inclinés par rapport à l'horizontale ( $60^\circ$ ). Ces deux types de décanteurs sont habituellement constitués d'un empilement de tubes de section carrée de 5 cm de côté.

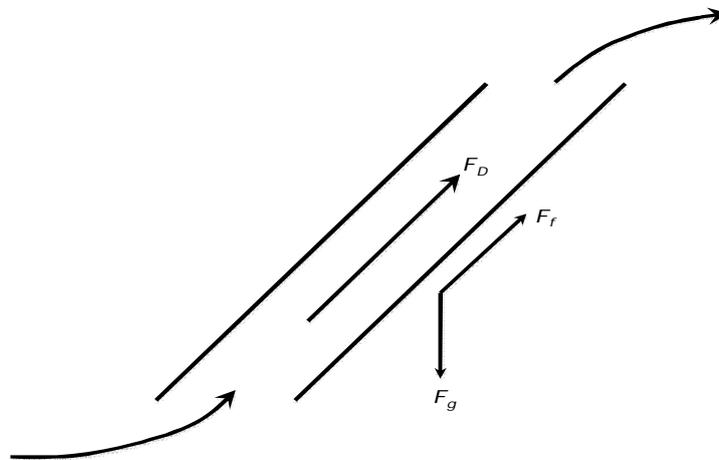
Les tubes inclinés à  $7^\circ$  ont une longueur de 0.6, 1.2, 1.8 ou 2.4 m. Ainsi, lorsque l'eau aérée pénètre dans le décanteur, les particules de floc s'y déposent et s'y accumulent, alors que le liquide surnageant est acheminé vers l'unité de la désinfection lorsqu'il s'agit d'épuration des eaux usées, ou vers la filtration en cas de potabilisation des eaux. L'accumulation des solides dans les tubes réduit la section d'écoulement, ce qui augmente la vitesse de l'eau, si bien que, lorsque cette vitesse est suffisamment élevée, les solides sont remis en suspension dans l'eau. Pour l'élimination de ces solides se fait par acheminement d'une eau claire vers les décanteurs, ce qui permet d'entraîner vers l'égout la totalité des solides accumulés, ce nettoyage étant facilité par l'inclinaison de  $7^\circ$ . On utilise les décanteurs à tubes inclinés à  $7^\circ$  dans les stations dont la capacité de production est inférieure à  $4000 \text{ m}^3/\text{j}$ . pour des productions plus importantes, il est recommandé d'installer les tubes inclinés à  $60^\circ$ .

De plus, la forte inclinaison des tubes à  $60^\circ$ , permet d'obtenir un auto nettoyage continu. Ces tubes ont une longueur de 0.6, 1.2, 1.8 ou 2.4 m. Comme la montre la figure ci-dessous l'eau s'écoule de bas en haut, et les solides se déposent sur la paroi inférieure pour glisser ensuite jusqu'au fond du bassin. L'eau clarifiée est acheminée vers des goulottes situées près de la surface. [1]



**Figure II.5 :** Décanteur à tubes inclinés à 60°. [1]

À l'intérieur d'un tube, différentes forces agissent sur les particules accumulées. La force résultante,  $F_r$ , est donnée par :



**Figure II.6:** Forces agissant sur une particule déposée dans un tube incliné à 60°. [1]

$$F_r = F_g(\cos 30^\circ) - (F_D + F_f) \quad (II.6)$$

Avec :

$F_g$  : force due à la pesanteur,

$F_D$  : force de traînée,

$F_f$  : force de friction.

Lorsque  $F_r$  est positif, c'est-à-dire lorsque  $F_g (\cos 30^\circ) > F_D + F_f$ , les particules glissent vers le fond du bassin. Par contre, lorsque  $F_r$  est négatif, les particules sont entraînées vers la sortie. Par conséquent, en augmentant la charge superficielle sur les décanteurs, on augmente la force de traînée et on risque ainsi d'augmenter la turbidité dans l'effluent des décanteurs.

On peut toutefois augmenter la capacité des décanteurs en inversant le sens d'écoulement de l'eau : la force de traînée agit alors dans le même sens que la force due à la pesanteur. C'est ce qui se passe dans les décanteurs à lamelles. [1]

### II.3.2 Décanteurs à lamelles

L'amélioration de la décantation passe par une évacuation du dépôt de boues plus rapide. Pour cela il suffit que la surface sur laquelle le floc se dépose soit inclinée pour que ce dernier puisse glisser vers le bas au fur et à mesure. D'où la réalisation de modules lamellaires insérés dans un décanteur, dont la surface  $S$  ( $L \times l$ ) de chaque lamelle devient une surface de décantation, l'angle d'inclinaison étant un des éléments importants de ce système.

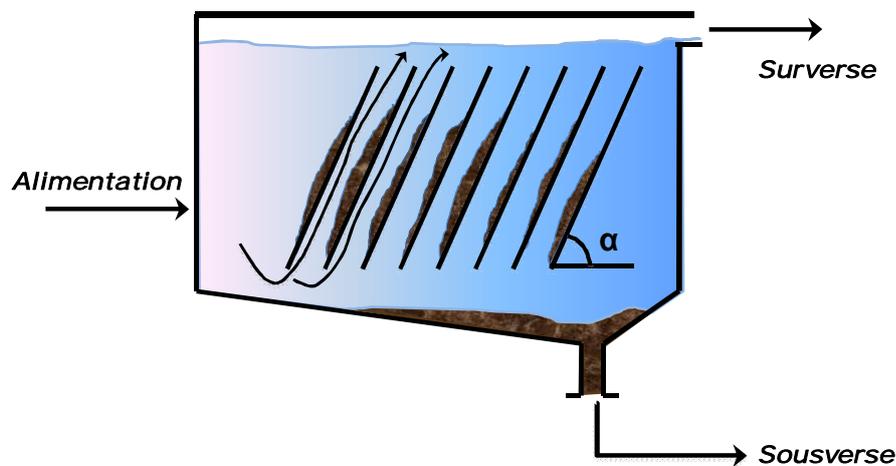


Figure II.7 : Décanteurs à lamelles. [1]

Dans les décanteurs à lamelles, constitués d'un empilement de plaques inclinées par rapport à l'horizontale [1]. L'inclinaison des plaques a fait l'objet d'études expérimentales, l'inclinaison optimale, pour une exploitation convenable, semblant être proche de  $60^\circ$  [18]. L'eau s'écoule de haut en bas. Les solides s'accumulent sur la plaque inférieure et glissent jusqu'au fond du bassin de

décantation, tandis que l'eau clarifiée (près de la plaque supérieure) est acheminée par un tube vers une goulotte située au-dessus des lamelles.

En effet, un compromis est à rechercher entre une évacuation facile des boues, qui glissent sur les plaques, et une distribution correcte du flot à l'entrée du décanteur pour que le floc ne se brise pas [18]. Trois possibilités de circulation de l'eau et des boues existent. Si l'eau aérée à épurée et les boues circulent dans de même sens, il s'agit d'une décantation à Co-courant. Une circulation en sens contraire donne un décanteur à contre-courant. Il existe aussi des ouvrages lamellaires à courants croisés. [12].

La décantation lamellaire peut s'appliquer, également, aux décanteurs à lit de boues en disposant les plaques inclinées au-dessus du lit de boues, ce qui améliore la qualité de l'eau par suite de l'élimination des particules de boues, entraînées inévitablement dans l'appareil ordinaire. On peut, aussi, disposer les plaques inclinées dans la zone des boues (super pulsator), ce qui a pour effet, l'expérience le montre, d'accélérer la libération de l'eau décantée, donc de permettre des vitesses ascensionnelles élevées, pouvant atteindre 12 à 15 m/h dans les Pulsator classiques, ce qui se répercute évidemment sur le dimensionnement des décanteurs. [18]

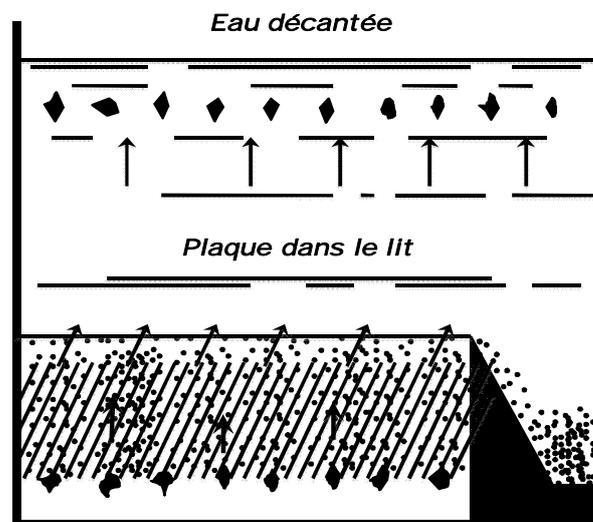


Figure II.8 : Plaques au-dessus du lit de boues. [18]

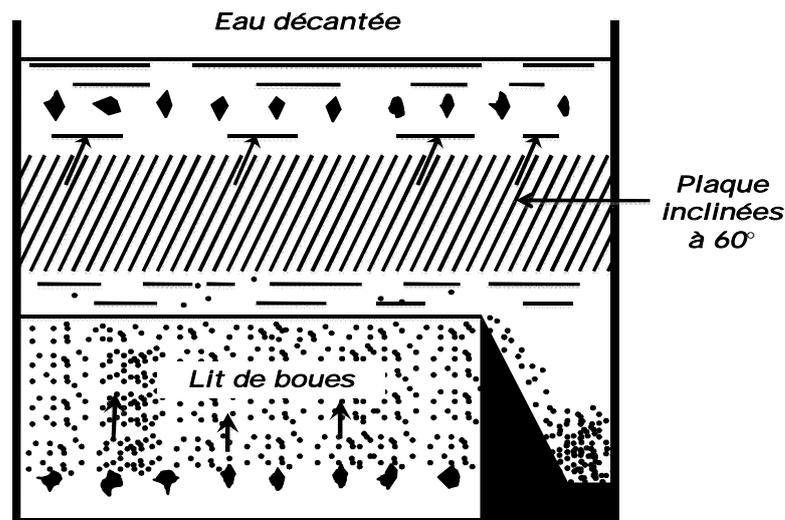


Figure II.9 : Plaques dans lit de boues. [18]

Lors du fonctionnement des décanteurs, la boue s'accumule sur les plaques ou les lamelles. La surface diminue. La vitesse de surverse augmente car le débit admis ne varie pas. Les performances se dégradent rapidement. Des systèmes d'extraction de boues doivent passer au dessus de la lame de raclage et s'accumuler à une extrémité de l'ouvrage. On peut préconiser un surpresseur d'air disposé sur un pot roulant pour nettoyer les lamelles une à deux fois par semaine. Ce procédé nécessite l'arrêt de l'arrivée de l'eau aérée. Un autre système équipé d'une pompe à fort débit permet de réaliser une chasse par aspiration. [12]

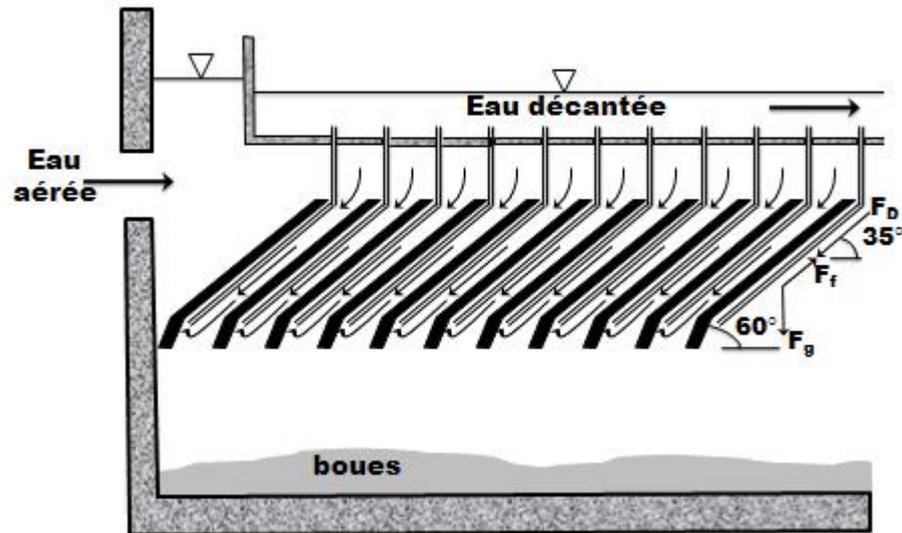
La force résultante est donnée ici par :

$$f_r = [F_g(\cos 55^\circ) + F_D] - F_f \quad (II.7)$$

Lorsque  $F_r$  est positif, c'est-à-dire lorsque

$$[F_g(\cos 55^\circ) + F_D] > F_f \quad (II.8)$$

Les solides glissent vers le fond du décanteur. Bien que la force due à la pesanteur,  $F_g(\cos 55^\circ)$ , soit moins importante que dans les tubes, le nettoyage est facilité, puisque la force de traînée agit dans le même sens. On peut donc augmenter la charge superficielle sur les décanteurs sans augmenter la turbidité dans l'effluent ; au contraire même, il en résulte un accroissement de l'élimination des solides. Il faut toutefois que le régime d'écoulement entre les lamelles soit laminaire. [1]



**Figure II.10** : Décanteurs à tubes inclinés à  $60^\circ$ . [1]

Or, si on augmente la charge superficielle au-delà d'une certaine limite, l'écoulement entre les lamelles devient turbulent et les solides déposés se retrouvent en suspension et sont entraînés. [1]

Il faut citer que l'existence ou non des lamelles est habituellement considéré comme le premier critère de classement de décanteurs. [19]

#### II.4 Rôle du décanteur lamellaire secondaire :

L'élimination des matières polluantes d'une eau usée se traduit dans une station d'épuration biologique par la formation d'un floc séparable de l'eau clarifiée par simple décantation. Cette opération est réalisée dans le décanteur secondaire (ou clarificateur) à l'aval du bassin d'aération :

- Introduction de la liqueur aérée dans l'ouvrage,
- Retour de la boue déposée concentrée vers le bassin d'aération afin d'y maintenir une teneur en matière vivante suffisante.

L'efficacité de tels ouvrages est élevée : la teneur en matières en suspension de l'effluent épuré est généralement de quelques dizaines de mg/l (un rapide calcul montre que rendement de l'ouvrage sur les particules est de l'ordre de 99.8 %). Toutefois l'efficacité de l'ouvrage est jugée sur la qualité de l'eau rejetée et non sur rendement. [4]

En résumé, un décanteur secondaire lamellaire doit assurer 3 fonctions essentielles :

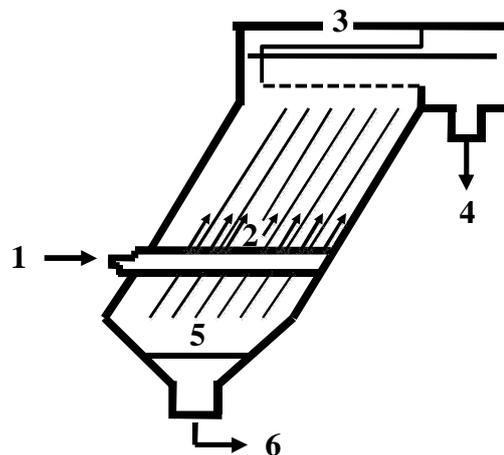
- Occuper un minimum de place,
- Retenir le maximum de particules en suspension,
- Concentrer les boues avant leur réintroduction dans le bassin d'aération. [9]

## II.5 Différents types de décanteur lamellaire

Il existe différents types de décanteurs lamellaires :

### II.5.1 Contre courant

Son alimentation se fait par le bas, et la circulation de l'eau s'effectue en sens inverse de la d'cantation de la boue. [10]

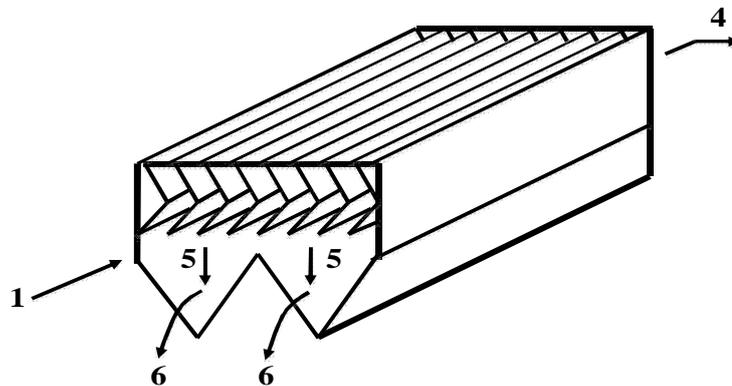


**Figure II.11** : Décanteur à contre courant. [7]

1. Entrée de l'eau flocculée.
2. Zone de distribution.
3. Récupération de l'eau décantée.
4. Sortie de l'eau décantée.
5. Fosse à boue.
6. Evacuation des boues.

### II.5.2 Courant croisé

L'eau et la boue circulent perpendiculairement. L'alimentation en eau flocculée se fait par le côté afin d'éviter la zone entre les plaques où l'eau remonte avec une vitesse opposée à la chute du floc. [10]

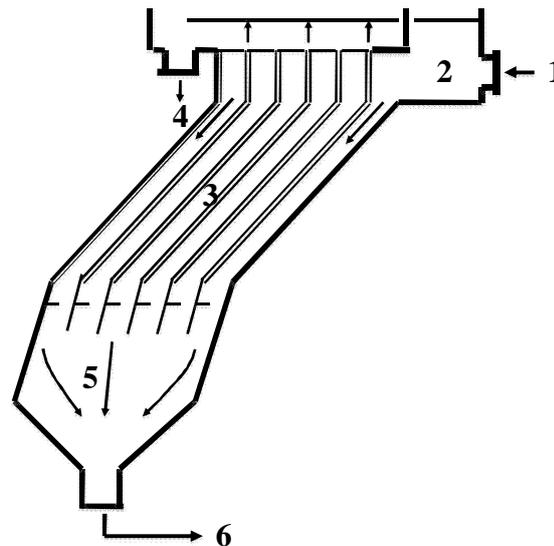


**Figure II.12** : Décanteur à courants croisés. [7]

1. Entrée de l'eau flocculée.
2. Zone de distribution.
3. Récupération de l'eau décantée.
4. Sortie de l'eau décantée.
5. Fosse à boue.
6. Evacuation des boues.

### II.5.3 Co-courant

Dans ce cas, l'eau et la boue circulent dans le même sens et la décantation n'est pas gênée. Actuellement la décantation à contre courant est le système le plus fiable dans lequel s'engagent les constructeurs. En effet, de forts problèmes de reprise des eaux décantées en co-courant compliquent le système et la décantation à flux croisés pose des problèmes d'équirépartition des flux hydrauliques [11].



**Figure II.13 :** Décanteur à co-courant. [7]

1. Entrée de l'eau flocculée.
2. Zone de distribution.
3. Récupération de l'eau décantée.
4. Sortie de l'eau décantée.
5. Fosse à boue.
6. Évacuation des boues.

## II.6 Décantation en boue activée

L'épuration biologique des eaux résiduaires par le procédé « boues activées » est basée sur l'activité d'une culture bactérienne maintenue en suspension et en état aérobie dans un bassin alimenté par le liquide à épurer.

La boue activée est un écosystème aquatique simplifié, constitué débris minéraux et végétaux, de colloïdes et de divers éléments en solution ou en suspension, ainsi que de micro-organismes assurant la transformation et la minéralisation de la matière organique (bactéries, protozoaires).[16]

## II.7 Paramètre caractéristiques de la boue

Cette suspension appelée « boue » est caractérisée par différents paramètres dont les importants pour l'étude de la décantation sont :

### II.7.1 Concentration en MES

Elle s'exprime généralement en gramme par litre et est déterminée par séchage à 105° C jusqu'à un poids constant.

Les tests de décantation révèlent l'incidence des concentrations en matières en suspension de la boue sur la vitesse de décantation.

Pour une boue et une éprouvette données, il existe un seuil de concentration au-delà duquel les forces de friction interparticulaires sont prépondérantes et gênent la sédimentation. Plus le taux de matières en suspension est élevé, plus la trame formée par la boue est dense et donc plus la vitesse de passage de l'eau clarifiée entre les floes est faible. [16]

### II.7.2 Température

Elle influe directement sur la viscosité du liquide.

Par exemple à 30°C, des expériences effectuées aux U.S.A en laboratoire font ressortir une vitesse de chute des particules 2 à 3 fois supérieure à celle mesurée à 0°C. Dans le cas des boues activées, les variations de la température n'atteignent généralement pas une telle amplitude, l'écart été-hiver étant le plus souvent (en zone tempérée) limité à une dizaine de degrés celsius. [14]

### II.7.3 PH

Le PH des boues activées est voisin de la neutralité ( $7 < \text{PH} < 8$ ). Une modification brutale du PH peut entraîner des perturbations d'ordre biologique par défloculation de la boue.

Mais dans l'ensemble, les boues activées ont un pouvoir tampon élevé qui leur permet de supporter des variations importantes de PH des effluents à traiter. [13]

### II.7.4 Oxygène dissous

L'oxygène fournit l'énergie indispensable aux micro-organismes pour transformer la matière organique, il est un facteur limitant du traitement biologique.

En décantation, le temps de séjour affecte la concentration en oxygène dissous des boues activées. Les remontées des paquets de boue dans les décanteur secondaires, soit par dénitrification, soit par anaérobiose sont les conséquences de temps de séjour trop longs : [16]

#### II.7.4.1 Dénitrification

Ces phénomènes ont lieu uniquement si les composés azotés ont été nitrifiés. Dans le décanteur, l'absence d'oxygène favorise le phénomène de dénitrification, entraînant un dégagement d'azote gazeux ( $\text{N}_2$ ) qui s'accompagne de remontées de particules de boue par adsorption sur les microbulles d'azote. [15]

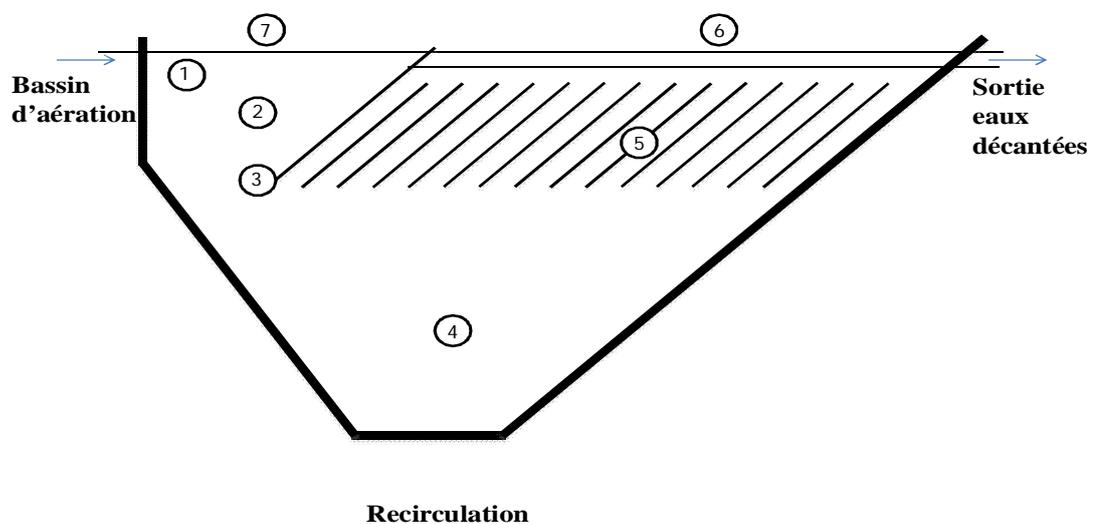
### II.7.4.2 Anaérobiose

absence d'O<sub>2</sub> provoquant la fermentation des matières organiques avec un dégagement de méthane, ce gaz entraînant la flottation des boues. [16]

## II.8 Description générale d'un décanteur lamellaire

Un décanteur lamellaire est composé de différentes parties représentées sur le schéma suivant :

Ouvrage de petites collectivités à alimentation frontale



**Figure II.14 :** Composition d'un décanteur lamellaire. [16]

Ce type de décanteur à alimentation frontale est rencontré sur des petites collectivités, pour des ouvrages plus importants, l'alimentation peut être de type latéral.

Les différents éléments essentiels de l'ouvrage sont numérotés et décrits ci-après.

**Point 1 :** Zone de passage : bassin d'aération – décantation

L'introduction de la liqueur aérée peut se faire de différentes façons, soit :

- Par lame déversante,
- Par lumière (immergée ou non).

Dans tous les cas de figure, une alimentation de l'ouvrage la plus homogène possible améliore le fonctionnement et les performances du décanteur.

L'arrivée des boues d'aération dans l'ouvrage peut se situer à différents endroits :

- **Frontale** : les boues sont introduites par des lumières situées dans l'axe de l'ouvrage (ces lumières peuvent se situer en surface ou immergées). Le plus souvent, elles sont équipées d'une vanne qui permet l'isolement du décanteur pour son entre-tien.
- **Latérale** : lumière située sur le coté de l'ouvrage.

**Point 2** : Zone d'arrivée de la liqueur aérée

Elle joue le rôle de dégazage et dissipation de l'énergie à l'entrée de l'ouvrage.

De plus, une partie des flottants (mousses biologiques, graisses,...) y est souvent piégée. Ceux-ci, plus ou moins nombreux selon les station, entraînent des contraintes d'exploitation.

Certaines installations sont équipées d'un système d'évacuation de ces flottants.

**Point 3** : Zone de passage : arrivée – trémie

Elle permet l'introduction et la répartition de la liqueur aérée sous le bloc de lamelles

**Point 4** : Fosse à boue

Cet ouvrage a plusieurs fonctions :

- Un rôle de répartition de la liqueur aérée,
- Un rôle de concentrateur,
- Un rôle de stockage.

De plus cette zone est équipée de pompes pour recycler les boues concentrées ( maintien d'un taux de boue nécessaire pour le traitement biologique) ou permettre leur évacuation dans le silo à boue.

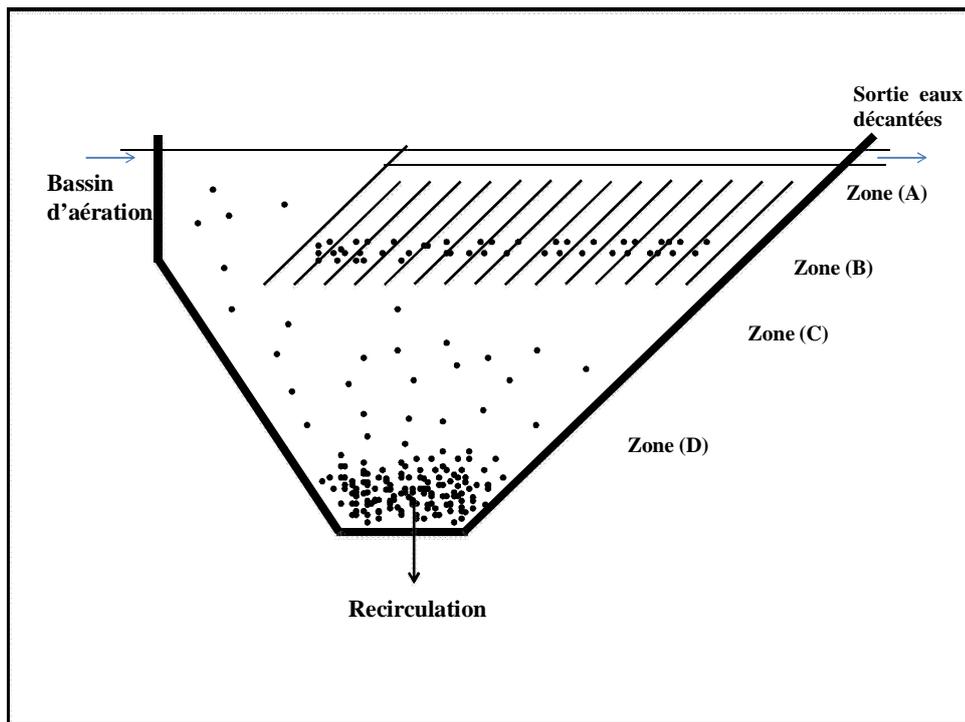
Des temps de séjour trop longs peuvent entraîner des remontées de boues en surface, pénalisant ainsi l'efficacité de l'ouvrage.

Les boues sont rassemblées avant leur reprise :

- Soit gravitairement grâce à la forme de l'ouvrage (trémie),
- Soit mécaniquement par un système de raclage, l'objectif étant de réduire les perturbations hydrauliques au maximum.

Pour les ouvrages à surface unitaire élevée, une trémie entraînerait des travaux de génie civil très lourds, elle est généralement remplacée soit par une succession de trémie, soit par une fosse équipée de système raclé ou sucé. [16]

Le croquis suivant est une représentation du comportement de la boue et de épaissement :



**Figure II.15 :** Représentation du comportement de la boue et de épauissement. [16]

Zone (A) : zone de décantation et de concentration;

Zone (B) : zone de stabilisation des turbulences (tend vers un régime laminaire);

Zone (C) : zone de redilution de boue décantée dans les lamelles;

Zone (D) : zone de concentration des boues avant recirculation.

#### **Le point 5 :** le bloc lamellaire

Formé de lamelles ou plaques inclinées, il est solidaire du bassin et constitue un passage forcé pour l'eau. L'évacuation des eaux clarifiées vers le milieu récepteur se fait en haut des plaques par l'intermédiaire d'une goulotte crantée.

Son volume occupé est inférieur à celui du bassin.

Son dimensionnement est lié au débit de pointe de l'installation et à la vitesse de hazen retenue lors du dimensionnement.

D'autres éléments doivent être pris en compte lors du dimensionnement :

**la nature du matériau :** PVC, tôle galvanisée le produit retenu doit répondre à différents critères :

- Une rigidité suffisante pour éviter un certain nombre de raidisseurs qui pénalisent ou modifient la décantation ;
- Une bonne tenue dans le temps ;

- Une surface la plus lisse possible pour faciliter le glissement de la boue sur les parois.

**l'angle :**

Son choix est un compromis entre :

- Une surface totale projetée maximale, et
- Un angle assez élevé pour permettre le glissement de la boue
- l'écartement :

La valeur retenue est aussi un compromis entre :

- un écartement le plus faible possible permettant une surface totale projetée plus importante pour une même emprise au sol (nombre de plaques supérieur).
- des écarts trop faibles pouvant être la source de colmatage des lamelles :
- colmatage augmentant ainsi les contraintes d'exploitation, et
- diminuant la surface totale projetée réelle d'une partie de l'ouvrage.

**Point 6 :** la collecte des eaux décantées

La répartition homogène des flux hydrauliques en sortie du bloc lamellaire est nécessaire, d'où la nécessité d'une collecte des eaux équilibrée sur l'ensemble du bloc.

Différentes caractéristiques doivent être étudiées lors de la conception et de l'implantation des goulottes d'évacuation :

- sa forme elle peut avoir différentes formes : en V, demi cylindrique, rectangulaire.
- son implantation
- ses orifices de récupération des eaux la surface de ces orifices doit être importante pour diminuer les vitesses d'approche de l'eau.

**Point 7 :** dispositif de récupération des flottants

L'aération prolongée est souvent confrontée à la présence de flottants liée à des phénomènes de moussage biologique, de l'anaérobiose ou des phénomènes de turbulences.

Les goulottes peuvent être équipées de lames siphonides pour localiser et éviter le départ de flottants vers le milieu récepteur. Un système de raclage et d'évacuation de ces flottants peut équiper certaines installations pour fiabiliser la qualité du rejet. [16]

# CHAPITRE III

## Etude expérimentale

### III.1 Matériels et méthodes

Le but de notre travail est d'étudier expérimentalement l'efficacité d'un décanteur lamellaire utilisé pour l'épuration des eaux usées urbaine. Pour ce faire le pilote TE600 du laboratoire de traitement et d'épuration des eaux qui est un mini clarificateur équipé par des lamelles sera modifié pour nous servir de support d'expérimentation.

Pour étudier l'efficacité de ce procédé en utilisant les eaux usées aérer de la STEP de AIN EL HOUTZ.

Dans cette optique nous avons mené une série d'expériences au niveau du laboratoire de traitement et épuration des eaux du département d'hydraulique de la Faculté des Sciences de l'ingénierie de l'université de Tlemcen pour l'objectif décanter les eaux usées aéré par le procédé de décantation lamellaire ; le but sera d'avoir finalement une eau clarifier d'un bon rendement.

#### III.1.1 Objectifs principaux des expériences

Les objectifs principaux des expériences que nous avons menées se résument dans les points suivants :

- Faire fonctionner le pilote ;
- élimination des MES.

#### III.1.2 Composition de L'équipement

L'équipement est composé :

- Pilote de l'épuration des eaux usées (TE 600) ;
- Des appareilles de mesures.

#### III.1.3 Description du pilote TE600 [20]

##### III.1.3.1 Construction

L'appareil consiste essentiellement en un décanteur statique, montée sur un châssis, ainsi que ses organes de stockage de contrôle et de mesure.

**1** : Cuve d'alimentation de la suspension, en PVC transparent, cylindrique, capacité utile 300 litre, avec vanne de vidange et vanne d'alimentation de type à boisseau sphérique.

**2** : Canalisation d'alimentation de la suspension en PVC avec vanne de réglage à pointe en laiton chromé.

**3** : Cuve d'alimentation du coagulant, capacité utile 30 litre, avec vanne de vidange de type à boisseau sphérique en PVC.

**4** : Cuve d'alimentation du floculant, capacité utile 1 litre, avec vanne de vidange de type à boisseau sphérique en PVC.

**5** : Réacteur de mélange de la suspension et des réactifs chimiques, de type cylindro-conique en verre boro-silicaté, capacité utile 20 litre, avec vanne de vidange de type à boisseau sphérique en PVC.

**6** : Agitateur du réacteur.

**7** : Surverse de prélèvement de la suspension sortant de réacteur en PVC, réglable en hauteur.

**8** : Décanteur statique de section rectangulaire avec cône de récupération des boues décantées en altuglas :

- Vanne d'alimentation de type trois voies en « L » à boisseau sphérique en PVC;
- Chicane de passage du liquide clarifié;
- Evacuation du liquide clarifiée supérieure;
- Chicane amovible d'évacuation du liquide clarifié pour fonctionnement à Contre courant;
- Chicane amovible d'évacuation du liquide clarifié pour fonctionnement à Co-courant;
- Vanne de vidange des boues du décanteur de type à boisseau sphérique en PVC.

**9** : Lamelles de décantation, amovibles, pour fonctionnement à Contre-courant et Co-courant, en altuglas, à démontage et inversion rapides (inclinaison des lamelles 30°);

**10** : Canalisation de recyclage éventuel des boues du décanteur vers le réacteur avec vanne d'arrêts de type à boisseau sphérique en PVC et vanne de réglage à pointe en laiton chromé.

**11**: Charpente de supportage en tube carrés en acier inoxydable.

### III.1.3.2 Manipulations [20]

Le pilote de coagulation floculation-décantation permet d'étudier deux types de traitements : la coagulation-floculation et la décantation. On peut facilement étudier les deux séparément ou bien simultanément.

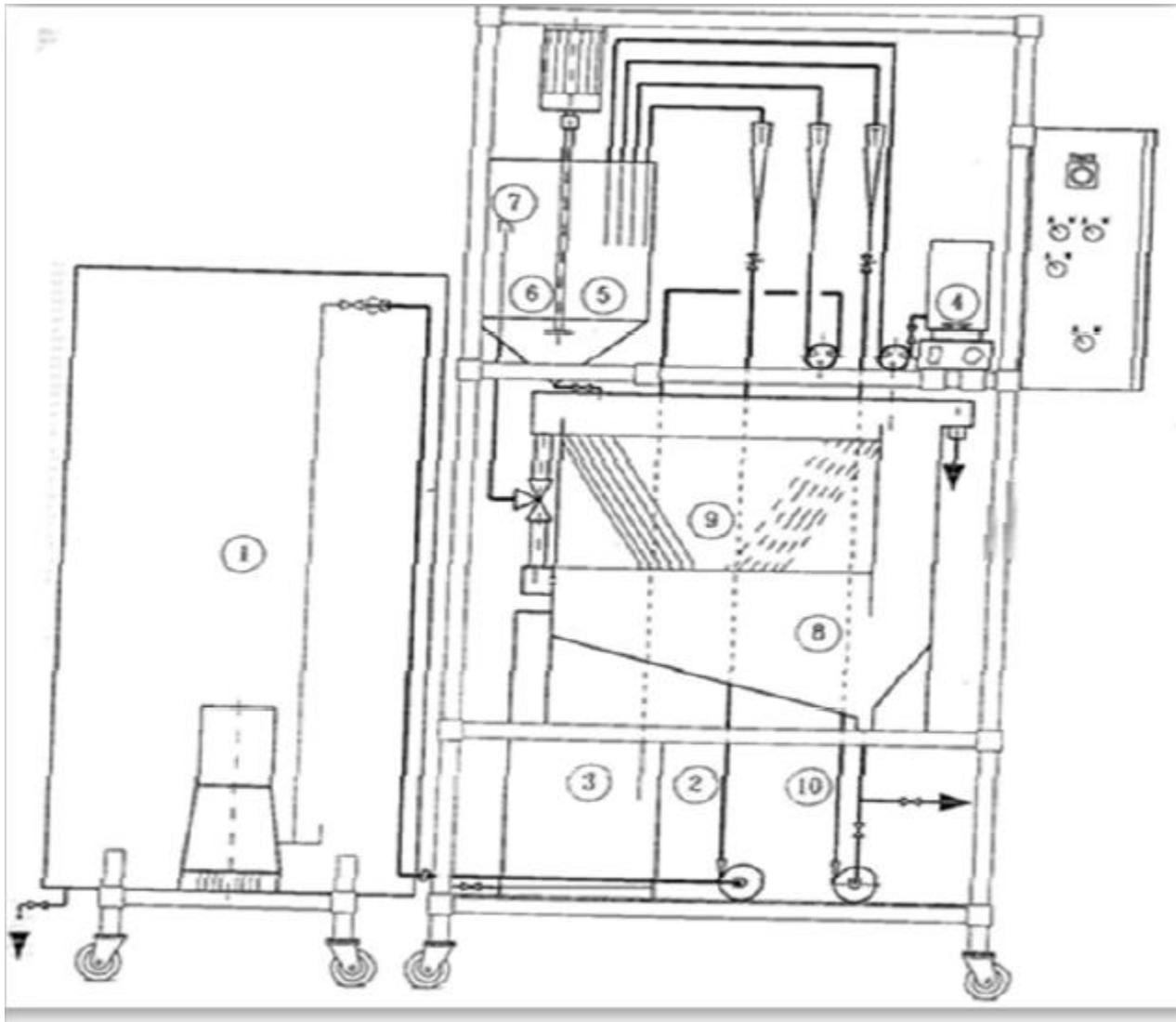
Le produit est préparé dans le bac d'alimentation **(1)** sous l'agitation permanente grâce à une pompe centrifuge immergée, puis alimenté à travers un débitmètre et une vanne de réglage **(2)** dans le réacteur **(5)** par une pompe centrifuge.

Le coagulant est stocké dans un bac spécifique **(3)** puis alimenté au réacteur par l'intermédiaire d'une seconde pompe péristaltique.

Le floculant est également stocké dans un bac spécifique **(4)** puis alimenté au réacteur par l'intermédiaire d'une seconde pompe péristaltique.

Le réacteur est maintenu sous agitation permanente **(6)** par un agitateur à hélice à vitesse variable. Le produit de la réaction est soutiré par surverse **(7)** puis alimenté dans le décanteur statique **(8)** muni de lamelles orientables **(9)**.

Une partie des produits décantés peuvent être recyclés par l'intermédiaire d'un circuit (10) avec pompe centrifuge, vanne de réglage et débitmètre.



**Figure III.1** : Construction du pilote TE600. [20]



**Figure III.2** : Pilote de coagulation-floculation et décantation (TE 600) (laboratoire du Département d'Hydraulique. Université de Tlemcen). [20]

### III.1.3.3 Liste des vannes

- VA1 : Vanne manuelle bac d'alimentation ;
- VA2 : Vanne manuelle recyclage boues ;
- VS1 : Vanne manuelle sortie bac d'alimentation ;
- VS2 : Vanne manuelle sortie boues ;
- VS3 : Vanne manuelle sortie réacteur ;
- VS4 : Vanne manuelle sortie bac coagulant ;
- VS5 : Vanne manuelle sortie bac flocculant ;
- VR1 : vanne manuelle de réglage alimentation ;
- VR2 : Vanne manuelle de réglage recyclage boues ;
- VL1 : Vanne trois alimentations décanteur.

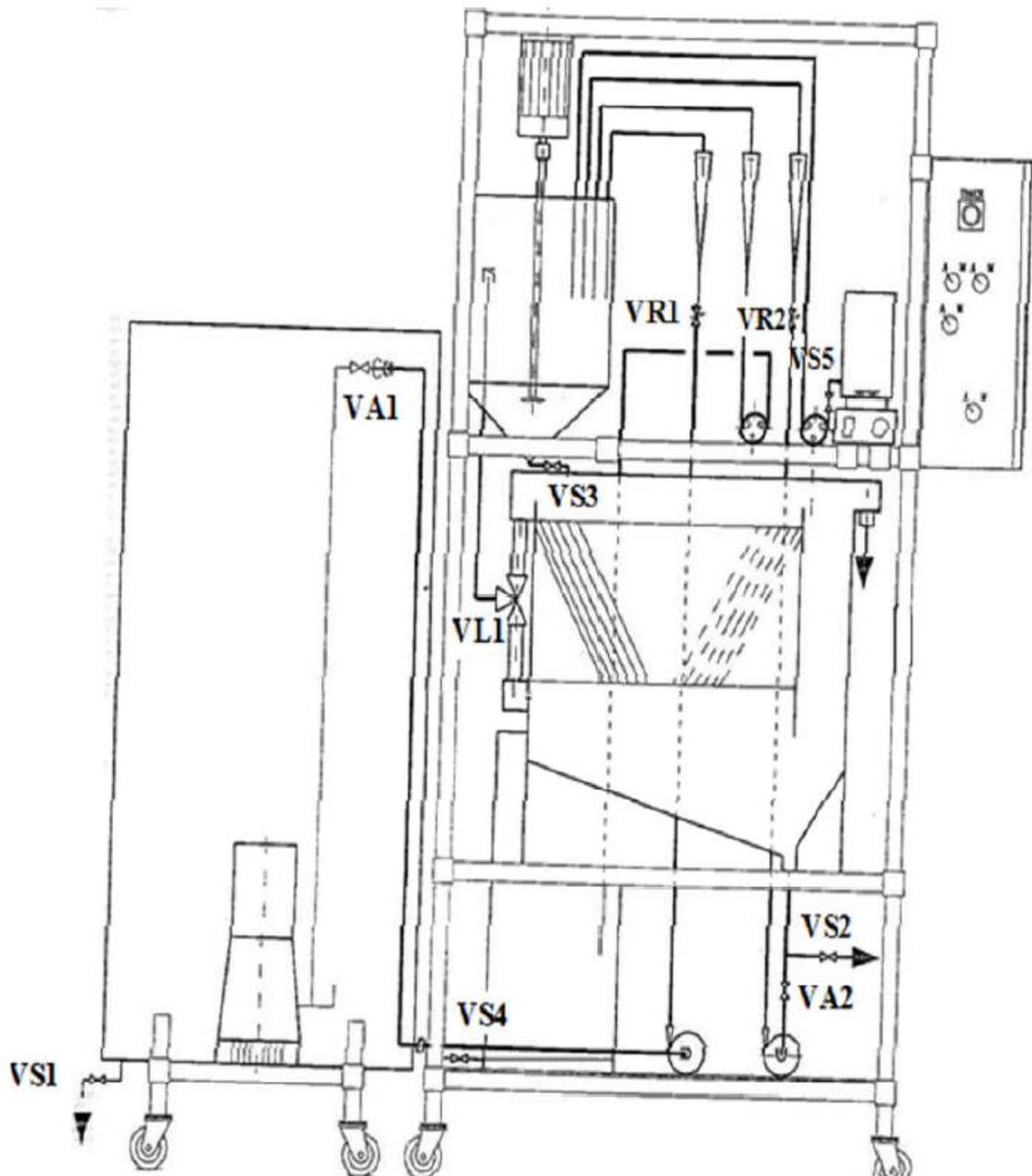


Figure III.3 : Liste des vannes du pilote TE600. [20]

#### III.1.4 Prélèvements

Le prélèvement est l'opération qui consiste à prendre une partie d'eau du milieu à étudier ; alors que l'échantillonnage consiste à retenir une fraction du prélèvement sur laquelle sera effectuée l'analyse. L'échantillonnage peut se faire sans prélèvement intermédiaire, l'eau est prise directement dans des flacons par une bouteille de prélèvement.

Avant de commencer le prélèvement, il convient de nettoyer le matériel avec de l'eau puis le rincer à l'eau distillé. On peut avant utilisation, rincer le matériel d'échantillonnage dans l'eau dans

laquelle sera effectué le prélèvement, afin de réduire au minimum le risque de contamination et où de perturber les caractéristiques de l'échantillon.

Pour notre part, nous avons effectué des prélèvements d'eau usée à partir de la sortie du bassin d'aération de la STEP de AIN EL HOUTZ, où ces eaux doivent être épurées biologiquement.



**Figure III.4 :** Méthode de prélèvement dans la STEP.

### III.1.5 Mesures à effectuer sur l'échantillon :

Les mesures à effectuer avant et après la décantation sont les suivantes :

- La température;
- PH;
- Les matières en suspension.

#### III.1.5.1 Température

La température joue un grand rôle dans la solubilité des gaz dans l'eau et sur la vitesse des réactions chimiques et biochimiques. [21]

##### ❖ Principe:

La mesure de la température de l'eau est effectuée à l'aide du thermomètre. [22]

##### ❖ Mode opératoire

La température de l'eau sera prise en même temps que le prélèvement de l'échantillon. On prélèvera l'eau dans un bécher de 100 ml de capacité et on y plongera immédiatement l'appareil de mesure soigneusement étalonné. On procédera à la lecture de la température, dès que la stabilisation est observée. [22]

### III.1.5.2 Détermination du potentiel d'hydrogène

#### ❖ Principe

La méthode de mesure par électrode de verre consiste à mesurer la différence de potentiel produite entre l'électrode de verre et l'électrode de référence introduite dans l'eau d'analyse. [22]

#### ❖ Mode opératoire

Etablir les connexions électriques nécessaires de pH-mètre, on lave l'électrode avec l'eau du robinet, puis eau distillé puis à l'eau analysée, et on verse l'échantillon d'eau dans le bêcher puis y plonger les électrodes et lire la valeur du pH indiquée sur l'écran de l'appareil.

Avant chaque mesure l'appareil doit être régulièrement étalonné pour que ces mesures soient justes. [24]

### III.1.5.3 Matières en suspensions (MES)

Mesures de poids des matières flottants en suspension et décantables contenues dans les eaux épurées biologiquement et décantées, dans le but de contrôler le fonctionnement de bassin de décantation. [21]

La détermination des matières en suspension dans l'eau est réalisée soit par filtration, soit par centrifugation, séchage à 105 C° et pesée. [23]

La centrifugation est préférée pour les eaux chargées (colmatage du filtre). Dans notre cas, nous avons utilisé la méthode par séchage.

#### ❖ Matériels utilisé

- ✓ Dispositif de filtration ;
- ✓ Balance ;
- ✓ Capsules ;
- ✓ papier Filtres;
- ✓ Étuve.



**Figure III.5 :** Dispositif de filtration.



**Figure III.6 :** Balance précision.



**Figure III.7 :** Etuve ;(Laboratoire du département d'hydraulique université de Tlemcen).

❖ **Mode opératoire**

- Rincer le filtre à l'eau distillée et le sécher à l'étuve à 105 °C environ 30 à 60 min;
- Laisser refroidir puis peser le filtre sec et noter sa masse M1;
- Homogénéiser l'échantillon à analyser;
- Filtrer sous vide un volume V de l'échantillon mesuré à l'aide d'une éprouvette graduée;
- Sécher, refroidir et peser une seconde fois le filtre. Sa masse est noté M2. [25]

❖ **Expression des résultats**

La concentration de la matière en suspension dans l'échantillon analysé est obtenue par la relation suivante :

$$C_{MES} = \frac{M1 - M2}{V} \times 1000(\text{mg/l}) \quad \text{III. 1}$$

Avec :

- **M1**: la masse du filtre sec avant filtration (en mg);
- **M2**: la masse du filtre sec après filtration (en mg);
- **M2-M1**: la masse de la matière retenue par le filtre sec;
- **V**: Volume d'eau utilisé (en ml). [25]

## III.2 Etude expérimentale de la décantation lamellaire

### III.2.1 Objectifs du travail

Dans un but de clarifier efficacement l'eau épurée par boues activées, nous nous sommes proposé d'étudier empiriquement l'opération de la clarification en utilisant un décanteur lamellaire.

Notre étude expérimentale à été faite au niveau du laboratoire de traitement et d'épuration des eaux de département d'hydraulique de l'université de Tlemcen.

Avant de commencer l'étude, nous avons fait fonctionner le pilote à l'eau de robinet pendant 7 jours, pour comprendre le fonctionnement du pilote, l'utilisation de ces instruments et le réglage de certains paramètres pour son bon fonctionnement.

Pour chaque expérience effectuée, nous avons ramené un volume d'eau usée aérée de la station d'épuration d'Ain El Houtz, prise après le bassin d'aération pour remplir la cuve d'alimentation du pilot. Nous avons démarrés le pilote et suivi le protocole indiqué dans le manuel dudit pilote afin d'étudier la procédure de décantation.

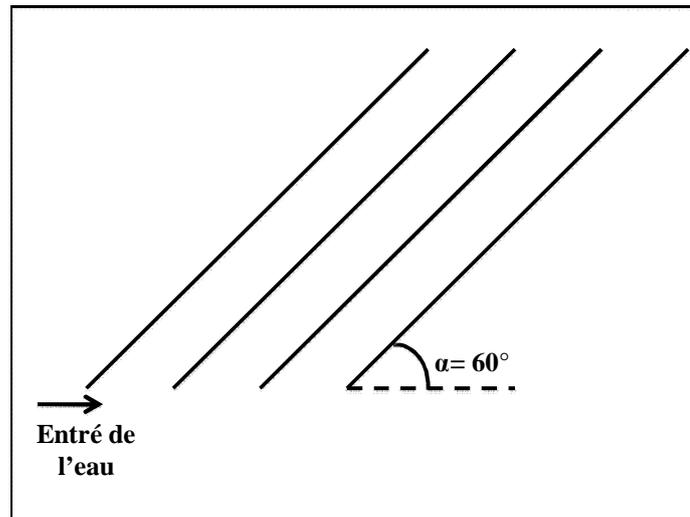
Nos expériences ont été menées en jouant sur plusieurs paramètres: le type de décantation lamellaire, la position des lamelles, l'espace entre les lamelles, le débit d'alimentation, le débit de recyclage et le débit d'évacuation,

Les MES ont été mesurés avant et après l'opération de décantation, pour pouvoir apprécier et évaluer l'efficacité de cette dernière en fonction des dispositions des lamelles et des conditions des opérations.

Les objectifs escomptés de ce travail sont :

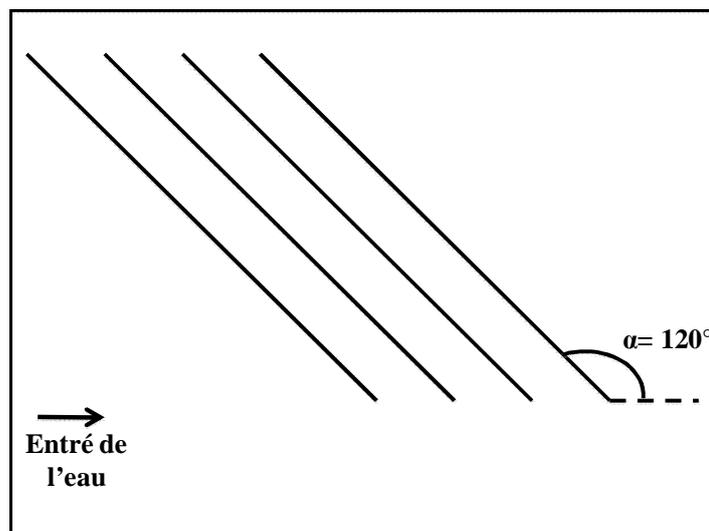
- L'étude de l'influence de la décantation lamellaire à contre-courant par rapport à celle lamellaire à co-courant ;
- L'étude de l'influence de la décantation lamellaire à contre-courant par rapport à celle position des lamelles ;
- L'étude de l'influence de la décantation lamellaire à co-courant par rapport à celle position des lamelles ;

- L'étude de l'influence de l'angle d'inclinaison des lamelles de  $60^\circ$  (figure III.8) par rapport à la décantation lamellaire co-courant et contre-courant ;



**Figure III.8 :** Position A, angle d'inclinaison des lamelles  $60^\circ$ .

- L'étude de l'influence de l'angle d'inclinaison des lamelles de  $120^\circ$  (figure III.9) par rapport à la décantation lamellaire à co-courant et à contre-courant ;



**Figure III.9 :** Position B, angle d'inclinaison des lamelles  $120^\circ$ .

- L'étude de l'influence de problème du colmatage sur la décantation classique par rapport à celle lamellaire à contre-courant avec un angle d'inclinaison des lamelles de  $120^\circ$  et une distance entre les lamelles de 2 cm ;
- L'étude de l'influence d'évacuation et de recyclage sur la décantation lamellaire à contre-courant avec un angle d'inclinaison des lamelles de  $120^\circ$  et une distance entre les lamelles de 1 cm ;

- L'étude de l'influence d'évacuation et de recyclage sur la décantation lamellaire à contrecourant avec un angle d'inclinaison des lamelles de  $120^\circ$  et une distance entre les lamelles de 2 cm.

Pour réaliser ces objectifs, nous avons suivi les étapes suivantes :

- ❖ Pour la phase de décantation :
  - ✓ Il s'agit d'étudier l'efficacité du décanteur lamellaire à contre-courant par rapport à celle lamellaire à Co Courant.
- ❖ Pour la phase de position des lamelles :
  - ✓ Il s'agit d'étudier l'efficacité de la position A avec un angle d'inclinaison  $60^\circ$  par rapport à celle de la position B avec un angle d'inclinaison  $120^\circ$ .
- ❖ Pour la phase de distance entre les lamelles :
  - ✓ Il s'agit d'étudier l'efficacité de la distance entre les lamelles de 1 cm par rapport à celle distance entre les lamelles de 2 cm.

Notre but dans cette étude, consiste d'une part à voir la performance de ce type de décantation et en second lieu de chercher la disposition pratique qui nous donne de meilleurs résultats.

### III.2.2 Mode opératoire de la décantation sur le pilote

L'eau à traiter est maintenue dans le bac d'alimentation de la suspension sous agitation permanente grâce à une pompe centrifuge immergée, puis alimenté à travers un débitmètre et une vanne de réglage VR1 dans le réacteur par une pompe centrifuge.

Le réacteur est maintenu sous agitation permanente grâce à un agitateur à hélice à vitesse variable.

L'alimentation de décanteur qu'on veut faire soit classique, soit lamellaire à Co-courant ou à Contre-courant [20].

#### III.2.2.1 Décantation lamellaire à Co-courant

Le mode opératoire de la décantation lamellaire à Co-courant impose les étapes suivantes :

- Nous avons réglé le débit d'alimentation à un débit fixe de 100 l/h ;
- Nous avons positionné les lamelles de telle manière que leur tige support supérieur soit introduite dans les rainures inférieures latérales des décanteurs vers la droite ;
- Nous avons positionné les lamelles en deux positions ;
- Nous avons positionné la vanne de distribution de décanteur VL1 de manière à alimenter celui-ci par le haut ;
- Nous avons positionné la plaque verticale de fermeture du circuit hydraulique dans le décanteur de manière à éviter le passage direct d'eau aérée vers la surverse d'eau clarifiée ;

- Nous avons pris un échantillon d'une eau à traiter contenant dans le bac d'alimentation de suspension ;
- Lorsque le décanteur est plein après une heure, nous avons pris des échantillons d'eau décantée et nous avons mesuré ensuite les paramètres suivants: les MES et la température.

### III.2.2.2 Décantation lamellaire à Contre-courant

Le mode opératoire de la décantation lamellaire à Contre-courant est pratiquement le même que celui de la décantation lamellaire à Co-courant, sauf que la différence se résume en la manière avec laquelle est alimenté le bassin de décantation. Son mode opératoire s'effectue comme suit :

- Nous avons positionné les lamelles de telle manière que leur tige support supérieur soit introduite dans les rainures du décanteur vers la droite et leur base inférieure reposant sur les supports inférieurs latéraux du décanteur vers la gauche ;
- Nous avons positionné les lamelles en deux positions ;
- Nous avons positionné la vanne de distribution du décanteur VL1 de manière à alimenter celui-ci du bas ;
- Nous avons positionné la plaque horizontale de fermeture du circuit hydraulique dans le décanteur de manière à éviter le passage direct d'eau aérée vers la surverse d'eau clarifiée sans passer par les lamelles ; [20]
- Nous avons pris un échantillon d'une eau à traiter contenant dans le bac d'alimentation de suspension ;
- Lorsque le décanteur est plein et après une heure, nous avons pris des échantillons d'eau décantée, et nous avons mesuré les paramètres suivants : les MES et la température.

### III.2.2.3 Décantation classique

Le mode opératoire de la décantation classique est le même que celle lamellaire, sauf que cette technique impose l'enlèvement total des lamelles [20]. Notons que ce mode opératoire s'effectue de la manière suivante :

- Nous avons pris un échantillon d'une eau à traiter contenant dans le bac d'alimentation de suspension ;
- Lorsque le décanteur est plein et après une heure, nous avons pris des échantillons d'eau clarifiée, et avons effectué les mesures des paramètres suivants : les MES et la température ;

### III.3 Résultat et interprétation

#### III.3.1 Caractéristiques de l'eau utilisée

L'eau usée utilisée dans les différents essais est une eau usée épurée biologiquement de la station d'épuration d'Ain El Houtz. Le tableau (III.1) regroupe les caractéristiques physico-chimiques de cette eau pendant les périodes de prélèvement.

**Tableau III.1** : les caractéristiques de l'eau usée épurée biologiquement dans la STEP

Les prélèvements	Les dates	Concentrations des MES (g/l)	La température (°C)	Le PH
1	17.02.2014	5.40	14	7.60
2	24.02.2014	5.05	17	7.28
3	03.03.2014	5.20	17	7.30
4	10.03.2014	4.80	16	7.42
5	16.03.2014	4.75	15	7.85
6	25.03.2014	5.24	15	7.94
7	08.04.2014	5.23	15	7.30

Selon le tableau ci-dessus, nous remarquons que les caractéristiques de l'eau usée épurée biologiquement sont pratiquement constants pour les sept prélèvements, avec :

- une variation de l'ordre de 12% (valeurs extrêmes) pour les MES ;
- une variation de l'ordre de 18% (valeurs extrêmes) pour les températures ;
- une variation de l'ordre de 8% (valeurs extrêmes) pour les valeurs du pH.

#### III.3.2 Type de décantation lamellaire et la position des lamelles

Dans cette partie nous avons étudié les types de la décantation lamellaire (à contre-courant et à co-courant). Les lamelles sont fixées sur deux positions (A et B). Le débit d'alimentation a été stable (100 l/h) pour déterminer le rendement plus efficace correspondant à cette décantation.

Dans ces expériences nous avons travaillé avec quatre prélèvements des eaux usées épurées biologiquement d'un volume de 300 litre à chaque prélèvement.

### III.3.2.1 Décantation lamellaire à contre-courant

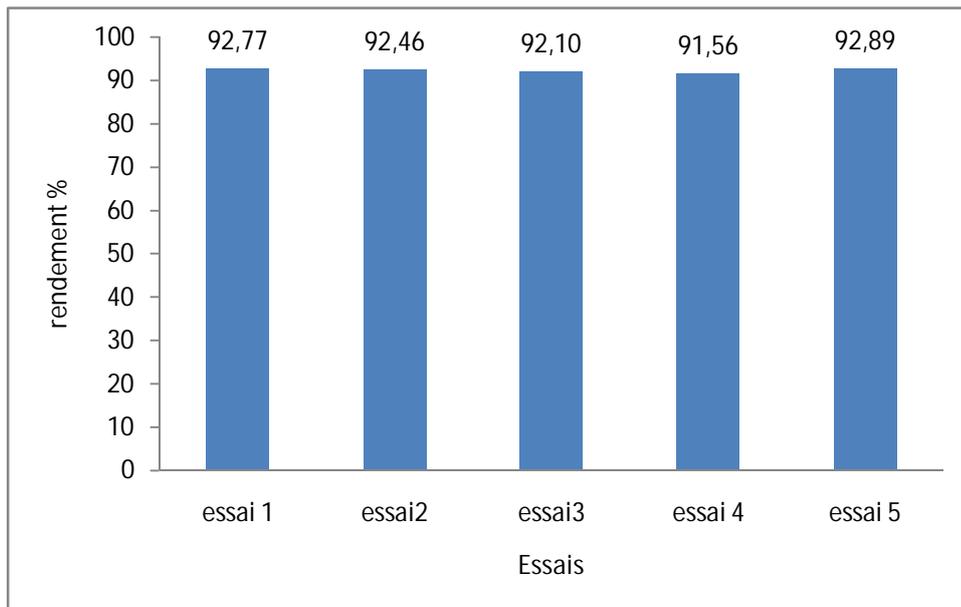
#### III.3.2.1.1 Décantation lamellaire à contre-courant avec un angle d'inclinaison des lamelles de 60° (position A)

L'expérience a été menée avec un débit d'alimentation de 100 l/h. La température de l'eau aérée avant la décantation est de 24°C, après la décantation, elle passe à 22°C. Nous remarquons que la température a diminué durant la manipulation, suite aux conditions de travail dans le laboratoire. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau III.2 et représentés dans l'histogramme de la figure III.10.

**Tableau III.2** : Evolution des MES pour la décantation lamellaire (Contre-courant A).

Essais	MES avant décantation (g/l)	MES après décantation (g/l)	Rendement %
Essai 1	5,26	0,38	92.77
Essai 2	5,44	0,41	92.46
Essai 3	5,32	0,42	92.10
Essai 4	5,57	0,47	91.56
Essai 5	5,63	0,40	92.89

Pour le système de décantation lamellaire à contre-courant avec des lamelles en position A, nous avons fait cinq essais sur un échantillon qui a une concentration moyenne des MES de 5.4 g/l, la teneur en MES après décantation est de 0.4g/l ce qui nous donne un rendement moyen de 92%.



**Figure III.10 :** Histogramme de rendement pour le système de décantation en position A.

D'après les résultats obtenus des MES dans la (figure III.10), nous constatons qu'une grande quantité, à savoir 92% en moyenne, des MES a été éliminée après l'opération de décantation lamellaire. D'après ces résultats, nous pouvons dire que la décantation lamellaire à contre-courant est efficace pour l'élimination des MES.



**Figure III.11:** Eau à l'entrée et la sortie du décanteur lamellaire à contre-courant (position A).

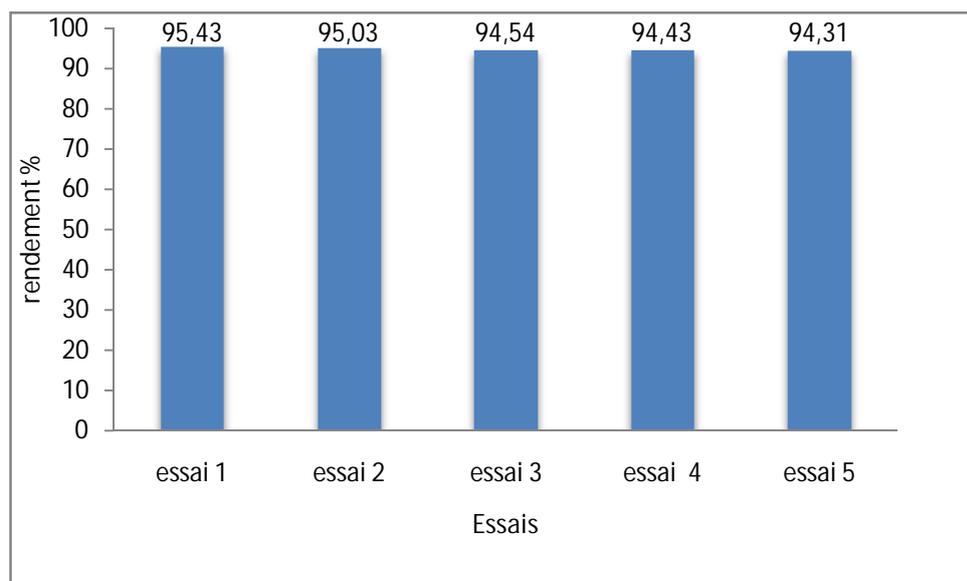
### III.3.2.1.2 Décantation lamellaire à contre-courant avec un angle d'inclinaison des lamelles de 120° (position B)

L'expérience a été menée avec un débit d'alimentation de 100 l/h. La température de l'eau aérée avant la phase de décantation est de 24°C, après la décantation elle passe à 21°C. Nous remarquons que la température a diminué durant la manipulation, suite aux conditions de travail dans le laboratoire. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau III.3 et représentés dans l'histogramme de la figure III.12.

**Tableau III.3** : Evolution des MES pour la décantation lamellaire (Contre-courant B).

Essais	MES avant décantation (g/l)	MES après décantation (g/l)	Rendement %
Essai 1	5,26	0,24	95,43
Essai 2	5,44	0,27	95,03
Essai 3	5,32	0,29	94,54
Essai 4	5,57	0,31	94,43
Essai 5	5,63	0,32	94,31

Pour le système de décantation à contre-courant avec des lamelles en position B, nous avons fait cinq essais pour un débit de 100 l/h sur un échantillon qui a une concentration moyenne de MES de 5.4 g/l. Après la décantation, la concentration moyenne de MES a diminué, et où sa valeur a atteint 0.28g/l. Ce qui nous donne un rendement moyen de 94.75%.

**Figure III.12** : Histogramme de rendement pour un système à contre-courant avec des lamelles en position B.

La quantité de MES de l'eau avant la décantation qui était de l'ordre de 5.4 g/l, a été revue à la baisse après la décantation. La valeur de la concentration de MES après la phase de décantation dans une disposition à contre-courant avec des lamelles en position B, est tombée à 0.28 g/l, ce qui donne une élimination de pratiquement 95 % des MES.



**Figure III.13 :** Eau à l'entrée et la sortie du décanteur lamellaire à contre-courant (position B).

On constate que la configuration de décantation lamellaire à contre-courant avec des lamelles en position B donne un rendement meilleur que celui d'une configuration avec des lamelles en position A.

### III.3.2.2 Décantation lamellaire à co-courant

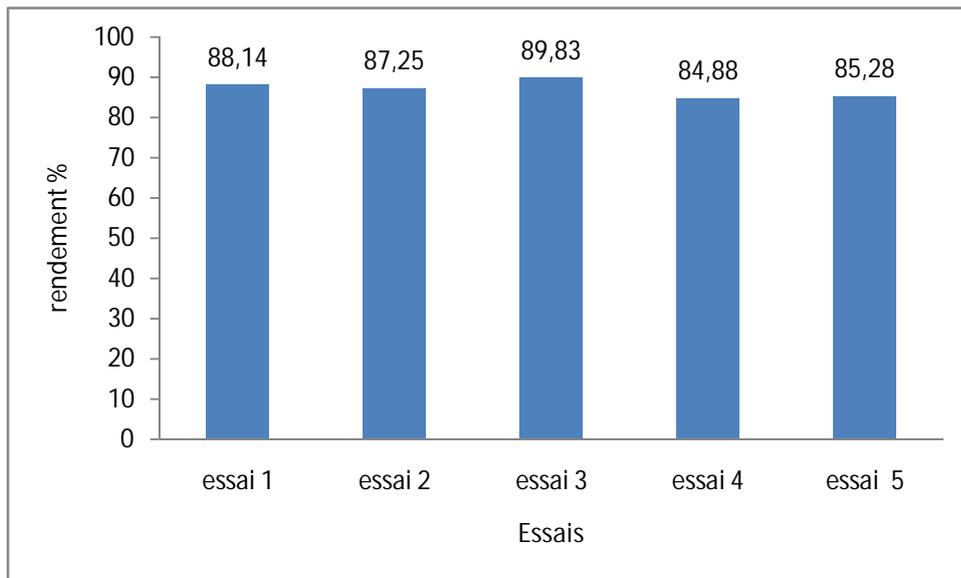
#### III.3.2.2.1 Décantation lamellaire à co-courant pour l'angle d'inclinaison des lamelles 60° (position A)

L'expérience a été menée avec un débit d'alimentation de 100 l/h, la température de l'eau aérée avant l'opération de clarification est de 25°C, après la décantation elle passe à 22°C. Nous remarquons que la température a diminué dans la manipulation. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau III.4 et représentés sur l'histogramme de la figure III.14.

**Tableau III.4 :** Evolution des MES pour la décantation lamellaire (Co-courant A).

Essais	MES avant décantation (g/l)	MES après décantation (g/l)	Rendement %
Essai 1	5,06	0,60	88.14
Essai 2	5,18	0,66	87.25
Essai 3	4.92	0,5	89.83
Essai 4	5,16	0,78	84.88
Essai 5	4.96	0,73	85.28

Pour le système de décantation lamellaire à co-courant avec des lamelles en position A, nous avons trouvé que la teneur en MES après décantation est de 0.65 g/l, ce qui donne un rendement moyenne de 87.08 %.



**Figure III.14 :** Histogramme de rendement pour un système à co-courant avec des lamelles en position A.

A partir de cette figure nous avons observés dans ces essais que le rendement moyen d'élimination des MES est de l'ordre de 87%. D'emblée, nous pouvons dire que ce système est moins efficace que le système à contre-courant.



**Figure III.15:** Eau à l'entrée et la sortie du décanteur lamellaire à co-courant (position A).

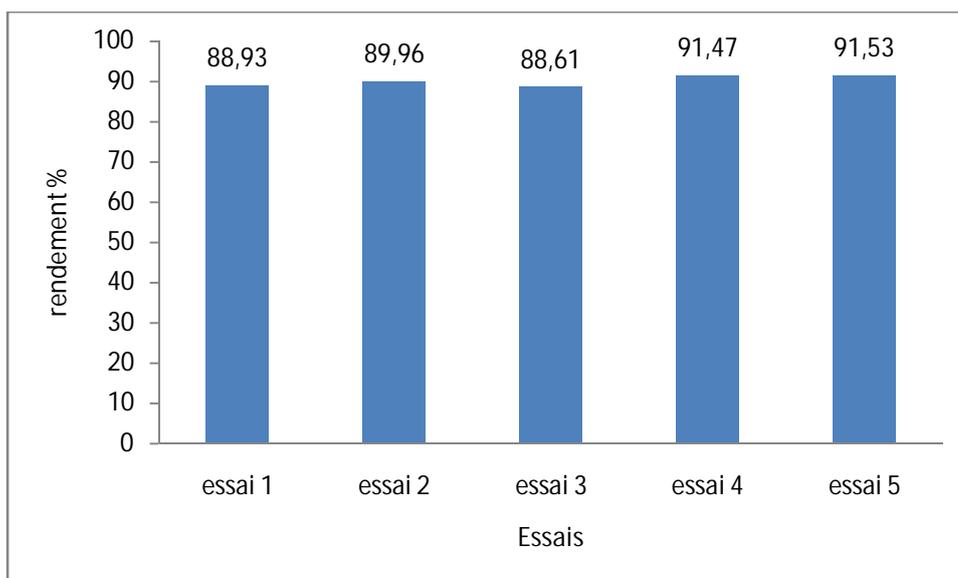
#### III.3.2.2.2 Décantation lamellaire à co-courant pour l'angle d'inclinaison des lamelles 120° (position B)

Durant cette expérience le débit d'alimentation est de 100 l/h, la température de l'eau aérée avant sa décantation est de 24°C, après la décantation elle passe à 21°C. Nous remarquons que la température a diminuée durant la manipulation, suite aux conditions de travail dans le laboratoire. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau III.5 et représentés sur l'histogramme de la figure III.16.

**Tableau III.5** : Evolution des MES pour la décantation lamellaire (Co-courant B).

Essais	MES avant décantation (g/l)	MES après décantation (g/l)	Rendement %
Essai 1	5,06	0,56	88,93
Essai 2	5,18	0,52	89,96
Essai 3	4,92	0,56	88,61
Essai 4	5,16	0,44	91,47
Essai 5	4,96	0,42	91,53

Pour le système de décantation lamellaire à co-courant avec des lamelles en position B, nous avons fait cinq essais avec un débit de 100 l/h, la teneur en MES de 5,05 g/l. après décantation, la concentration de MES a diminué à une valeur de 0,5 g/l, ce qui nous donne un rendement d'élimination des MES de l'ordre de 90,1 %.

**Figure III.16** : Histogramme de rendement pour un système à co-courant avec des lamelles en position B.

D'après la figure III.16 nous avons remarqué que le système à co-courant avec des lamelles en position B donne une élimination de 90% des MES. Il est vrai que cette disposition donne un meilleur rendement par rapport à un système en position A, sauf que ce rendement reste inférieur à celui d'un système de décantation lamellaire à contre-courant avec un angle d'inclinaison des lamelles de 120°. Donc, la décantation lamellaire à contre-courant est plus efficace que la décantation lamellaire à co-courant.



**Figure III.17:** Eau à l'entrée et la sortie du décanteur lamellaire à co-courant (position B).

### III.3.3 Rendement épuratoire du pilote pour les différentes dispositions

Après avoir effectué l'ensemble des expériences en fonction du système d'alimentation de l'eau dans le décanteur (co-courant ou contre-courant) et de l'angle d'inclinaison des lamelles ( $60^\circ$  ou  $120^\circ$ , selon les conditions opératoires), nous avons rassemblé tous les résultats dans le tableau suivant :

**Tableau III.6 :** Les rendements du pilote pour les différents types de décantation lamellaire (à contre courant et co-courant) et les positions des lamelles (A et B).

Types de décantation lamellaire	Rendement moyen (%)
Contre-courant (position B)	95
Contre-courant (position A)	92
Co-courant) (position B)	90
Co-courant (position A)	87

Les résultats présentés dans le tableau ci-dessus, nous permettent de tirer les remarques suivantes:

En principe, la concentration des MES à l'entrée du décanteur est constante vu que le bac de sédimentation est alimenté à partir de la même eau chargée. Mais dans nos expériences, on a constaté qu'il y'a eu des variations de quelques valeurs à cause de :

- Les types de décantation lamellaire
- La position des lamelles

En effectuant les expériences (pour différent type de décantation lamellaire à co-courant et contre-courant et différent position des lamelles), pour arrêter ou diminuer au maximum le nombre particules, nous avons réalisé plusieurs expériences de la décantation lamellaire. L'utilisation de cette dernière permet l'augmentation de pourcentage de réduction de la MES et amélioration de la décantation des particules dans le décanteur.

Pour cela, nous avons effectué plusieurs essais, en gardant le débit constant ( $Q=100$  l/h) pour chaque essai, nous avons prélevé des échantillons à l'entrée et à la sortie pour chaque type de décantation.

En observant les résultats de tableau (III.6), nous pouvons remarquer principalement que l'installation d'un ensemble de lamelle à l'intérieur d'un décanteur permet une nette amélioration du rendement, dans un équipement compact.

Pour déterminer la position idéale de ces lamelles c.-à-d. la position qui correspond à un rendement maximum, nous avons mené des expériences en installant à différentes positions le système d'alimentation de l'eau brute dans le décanteur, ainsi que l'angle d'inclinaison ( $60$  à  $120^\circ$ ) des lamelles. Cela nous a permis de tirer les constatations suivantes:

En observant la variation du rendement en fonction de la position de la chicane, nous remarquons que ce rendement est très important en position à contre-courant avec une disposition des lamelles en position B, c'est-à-dire avec une inclinaison des lamelles de  $120^\circ$ .

L'effet des lamelles a été évalué à l'aide des mesures du MES. Ces mesures montrent que les lamelles réduisent considérablement les MES.

Le tableau III.6 montre bien que la décantation lamellaire à contre-courant est plus efficace que celle lamellaire à co-courant et que même dans la décantation lamellaire à contre-courant, la décantation Contre-courant en position B donne de meilleures valeurs du rendement d'élimination des MES.

Toutefois, en faisant ces expériences nous avons pu constater l'émergence du problème du colmatage, et ceci dans tous les types de décantation que nous avons opéré. Devant une telle situation nous avons jugé utile d'étudier les origines et les causes de ce phénomène.

#### **III.3.4 Identification, origines et causes du problème du colmatage :**

Une nouvelle série d'expériences de décantation a été effectuée pour délimiter l'origine de colmatage, dans l'espoir d'obtenir de meilleurs résultats. Le débit d'alimentation a été stable ( $100$  l/h) pour suivre l'affluence des boues et la diminution de rendement à cette décantation.

Dans ces expériences nous avons travaillé avec deux prélèvements des eaux usées épurées biologiquement d'un volume de  $500$  litre à chaque prélèvement.

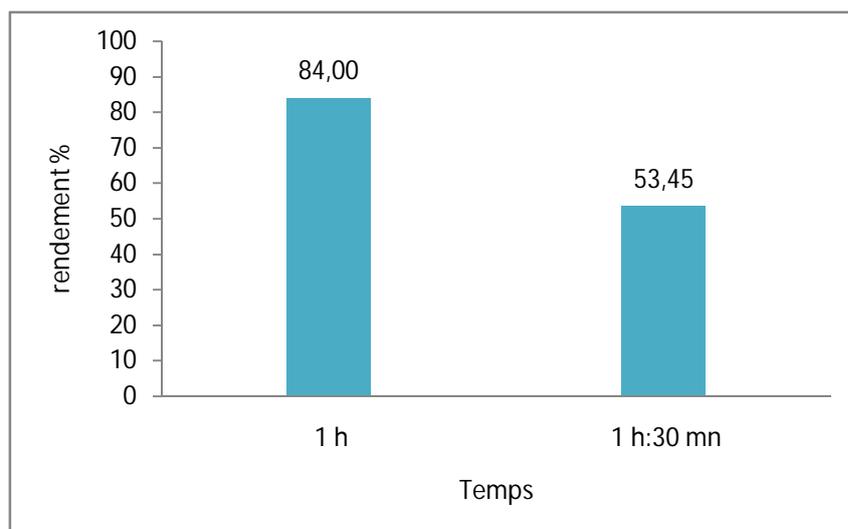
**III.3.4.1 Décantation classique :**

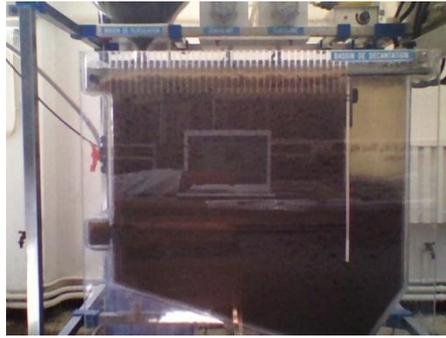
L'expérience a été menée avec un débit d'alimentation de 100 l/h. La température de l'eau aérée avant leur décantation est de 24°C, après la décantation elle passe 20°C. Nous remarquons que la température diminuée dans la manipulation, suite aux conditions de travail dans le laboratoire. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau III.7 et représentés sur l'histogramme de la figure III.18.

**Tableau III.7 :** Evolution des MES pour une décantation classique (cas de colmatage).

Essais	MES avant (g/l)	MES après 1h (g/l)	MES après 1 h:30 mn (g/l)	Rendement (%) après 1 h	Rendement (%) après 1 h:30 mn
essai 1	4,68	0,74	2,32	84,18	50,42
essai 2	4,84	0,82	2,14	83,05	55,78
essai 3	4,72	0,76	2,2	83,89	53,38
essai 4	4,76	0,72	2,18	84,87	54,20
moyennes	4,75	0,76	2,21	84,00	53,45

Dans cette expérience nous avons fait la décantation avec un débit 100 l/h. La concentration de l'eau en MES est de 4,75 g/l avant la décantation. Après une heure, la concentration en MES est de 0,76 g/l ce qui donne un rendement de 84 %. Après 1 h : 30 mn, la concentration en MES est de 2,21 g/l qui donne un rendement inférieur de 53,45 %, la raison de la diminution du rendement est la présence de grandes quantités de boues dans le décanteur.

**Figure III.18 :** Histogramme de diminution du rendement à cause de colmatage.



**Figure III.19** : Colmatage du décanteur en système classique.

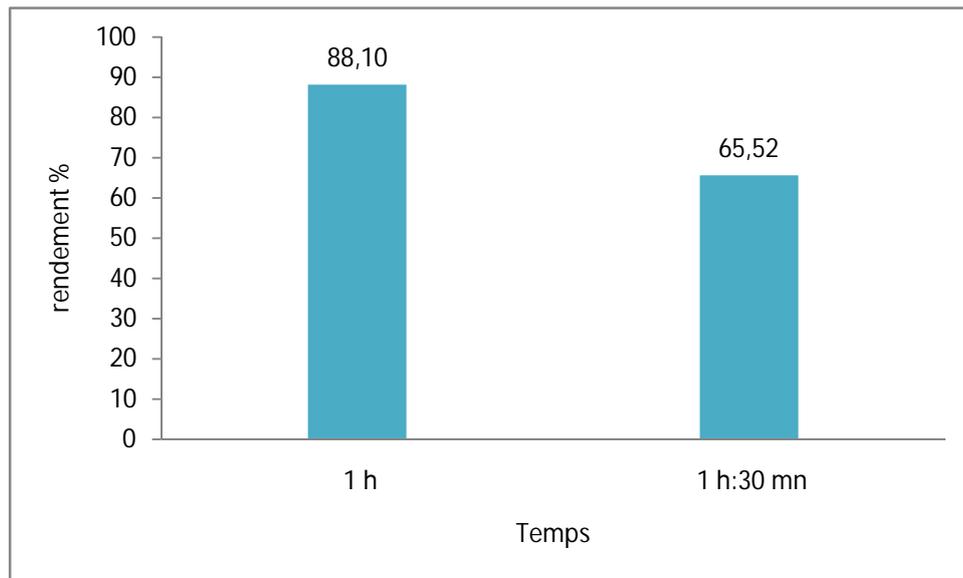
### III.3.4.2 Décantation lamellaire à contre-courant, l'angle d'inclinaison des lamelles 120° (position B) pour l'étude du colmatage

Durant cette expérience le débit d'alimentation est de 100 l/h, La mesure de la température de chaque échantions à différent temps pour chaque prélèvement varié entre 23C° et 20°C. Cette variation est due au contact eau-air dans le décanteur. Les résultat obtenus sont résumés dans le tableau III.8 et représentés sur l'histogramme de la figure III.20.

**Tableau III.8** : Evolution des MES pour une décantation lamellaire à contre-courant (cas de colmatage).

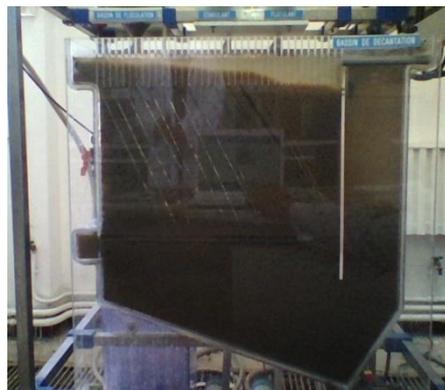
Essais	MES avant (g/l)	MES après 1h (g/l)	MES après 1 h:30 mn (g/l)	Rendement après 1 h (%)	Rendement après 1 h:30 mn (%)
essai 1	4,68	0,58	1,62	87,61	65,38
essai 2	4,84	0,60	1.66	87,60	65,70
essai 3	4,72	0,52	1.60	88,98	66,10
essai 4	4,76	0,56	1.67	88,23	64,91
moyennes	4,75	0,565	1.64	88,10	65,52

A partir de ce tableau III.8 la concentration en MES est de 4,75 g/l, après une heure la concentration en MES est de 0,565 g/l ce qui donne un rendement de 88,10 %. Après 1 h : 30 mn, la concentration en MES est de 1,64 g/l ce qui donne un rendement de 65,52 %.



**Figure III.20 :** Histogramme de diminution du rendement à cause de colmatage.

Cette figure III.20 représente la diminution du rendement qui a été causé par le colmatage de décanteur, mais le rendement reste toujours meilleur que celui d'un système classique.



**Figure III.21 :** Colmatage d'un décanteur lamellaire.

D'après ces expériences, on constate qu'il y a un phénomène de colmatage, lorsque la boue augmente trop dans le fond de décanteur, les MES sont en trop grande quantité à passer et forment une couche sur le fond. Cette couche bloque le passage des molécules et ainsi le rendement diminue. Le but est d'avoir la meilleure décantation possible, c'est-à-dire en ayant le moins de colmatage du décanteur, ce qui nécessitera de l'évacuation des boues.

Pour cela nous avons travaillé avec la meilleure décantation qui a été obtenu durant la première série d'expériences, à savoir la décantation à contre-courant en position B. Donc pour obtenir un bon rendement de clarification, nous avons étudié le phénomène de colmatage, tout en

utilisant le ratio du débit de recirculation, du débit d'évacuation des boues et du débit des eaux clarifiées usuel dans la STEP.

### **III.3.5 Etude du colmatage**

#### **III.3.5.1 Recyclage et l'évacuation**

Dans cette partie nous avons opéré avec le système de décantation lamellaire à contre-courant. Les lamelles sont fixées en position B. Le débit d'alimentation est constant et est de 100 l/h, par contre nous avons opté pour un débit de recyclage de 30 l/h, un débit d'évacuation de 40 l/h et un débit de 30 l/h d'eau clarifiée, ces débits sont calculés en suivant les conditions de fonctionnement de la STEP de Ain El Houtz. Afin, nous avons mesuré la concentration des MES avant et après décantation pour déterminer le rendement le plus efficace.

Dans ces expériences nous avons acquis quatre prélèvements des eaux usées épurées biologiquement d'un volume de 600 litre à chaque prélèvement.

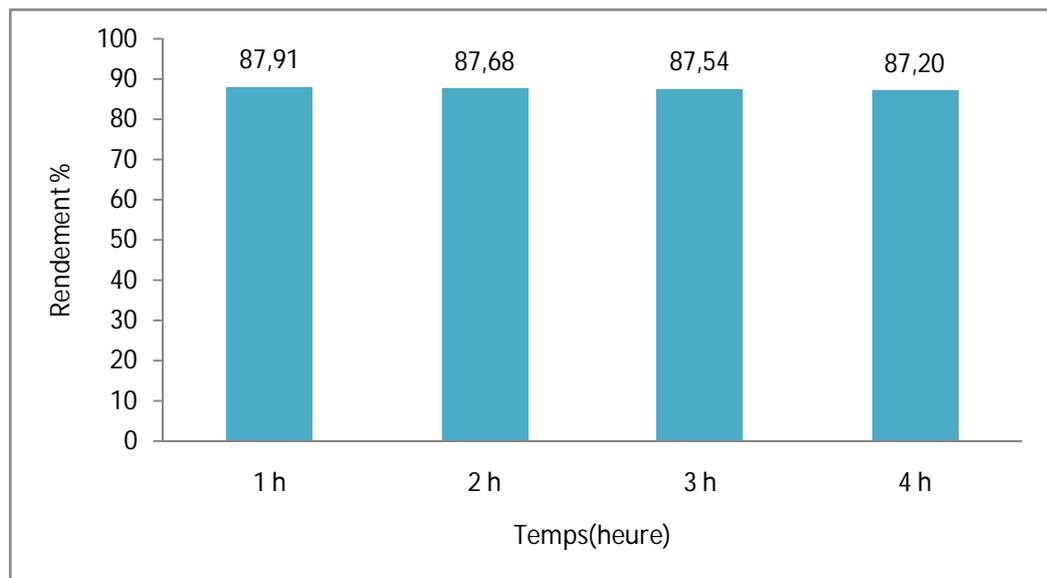
##### **III.3.5.1.1 Décantation lamellaire à contre-courant avec un angle d'inclinaison des lamelles de 120° (position B), d'un espace entre les lamelles de 1 cm et avec un débit de recyclage et un débit d'évacuation**

Durant cette expérience le débit d'alimentation est de 100 l/h. La mesure de la température de chaque échantions à différent temps pour chaque prélèvement varié entre 24C° et 19°C. Ces variations sont dues au contact eau-air dans le décanteur. Les résultat obtenus sont résumés dans le tableau III.9 et représentés sur l'histogramme de la figure III.22.

**Tableau III.9** : Réduction de la MES pendant différents temps de décantation lamellaire à contre-courant (position B, 1 cm d'écartement).

Essais	MES avant (g/l)	MES après 1 h (g/l)	MES après 2 h (g/l)	MES après 3 h (g/l)	MES après 4h (g/l)	Rendement de 1 h (%)	Rendement de 2 h (%)	Rendement de 3 h (%)	Rendement de 4 h (%)
Essai 1	5,22	0,60	0,62	0,66	0,68	88,50	88,12	87,35	86,97
Essai 2	5,28	0,62	0,68	0,70	0,70	88,25	87,12	86,74	86,74
Essai 3	5,30	0,63	0,65	0,64	0,66	88,11	87,73	87,92	87,54
Essai 4	5,15	0,68	0,63	0,61	0,64	86,79	87,76	88,15	87,57
Moyennes	5,2375	0,6325	0,645	0,6525	0,67	87,91	87,68	87,54	87,20

D'après les résultats obtenus durant les quatre heures on remarque une légère variation de rendement ; nous n'avons observé qu'une grande quantité des MES qui se trouvaient dans l'eau usées aéré a été éliminée par le procédé de décantation lamellaire à contre-courant avec une position des lamelles de  $120^\circ$  (position B), d'un espace entre les lamelles de 1 cm avec un débit de recyclage 30 l/h et un débit d'évacuation 40 l/h ; les MES passent de 5,24 g/l à 0,65 mg/l, soit un rendement qui avoisine les 88 %. Donc on peut dire que ce procédé aide dans la réduction de la MES.



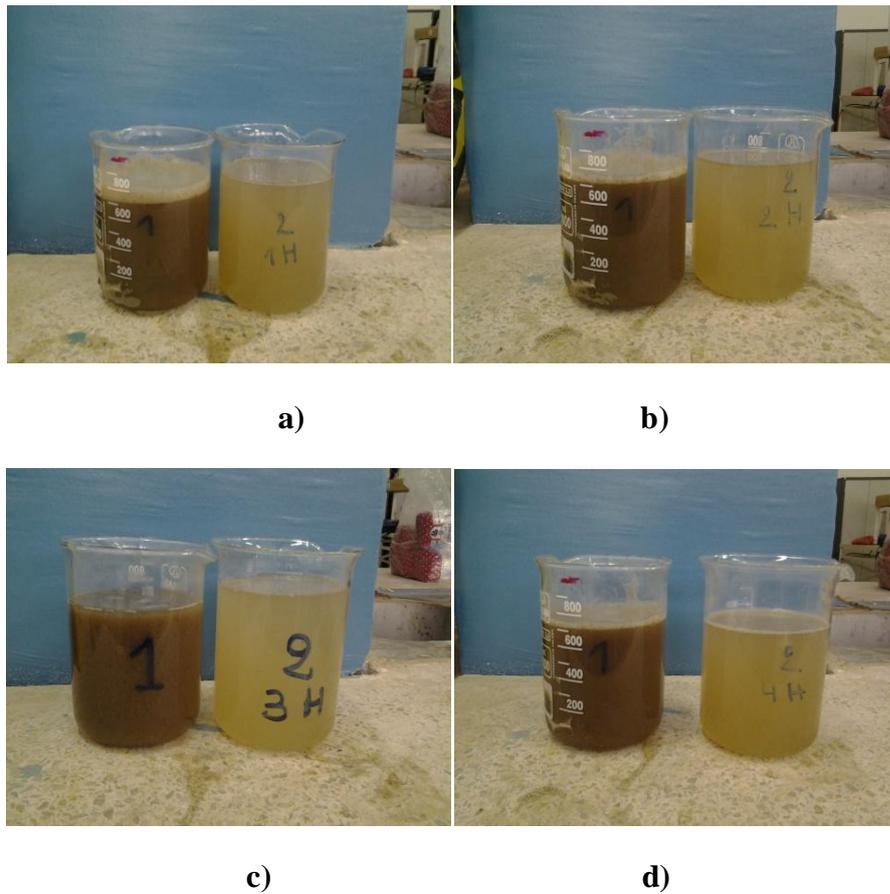
**Figure III.22 :** Histogramme d'évolution de rendement en fonction du temps.

La valeur des MES dans l'eau aéré est de 5,24 g/l, et d'après la figure III.22, nous avons remarqué qu'il existe une diminution très importante de MES pendant les 4 heures de la décantation, la concentration arrive à 0,65 g/l, ce qui donne une élimination de pratiquement 88 % des MES.

La figure III.23 représentent l'eau a l'entrée (1) et la sortie (2) du décanteur lamellaire contre-courant avec les lamelles en position B et d'une distance entre les lamelles de 1 cm pendant les heures de l'expérience.

Avec :

- a) Après 1 heure
- b) Après 2 heures
- c) Après 3 heures
- d) Après 4 heures



**La figure III.23 :** Eau à l'entrée (1) et à la sortie (2) du décanteur lamellaire contre-courant avec les lamelles en position B et un distance de 1 cm.

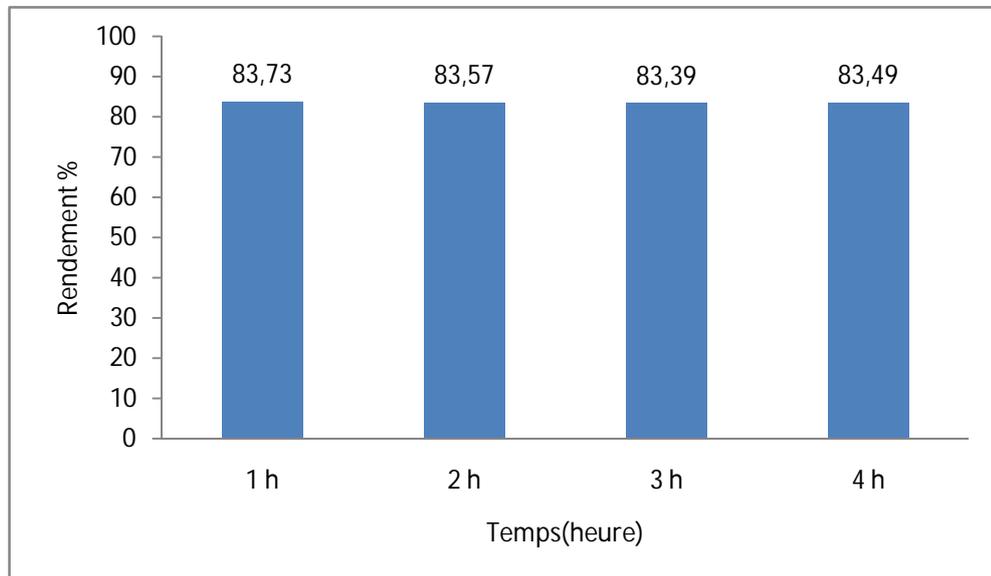
### III.3.5.1.2 Décantation lamellaire à contre-courant l'angle d'inclinaison des lamelles $120^\circ$ (position B) d'un espace entre les lamelles de 2 cm avec un débit de recyclage et un débit d'évacuation

L'expérience a été menée avec un débit d'alimentation de 100 l/h. La température de l'eau aérée avant la décantation est de  $25^\circ\text{C}$ , après la décantation elle passe à  $22^\circ\text{C}$ . Cette variation est due au contact eau-air dans le décanteur. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau III.10 et représentés sur l'histogramme de la figure III.24.

**Tableau III.10** : Réduction de la MES pendant différents temps de décantation lamellaire à contre-courant (position B, 2 cm).

Essais	MES avant (g/l)	MES après 1h (g/l)	MES après 2h (g/l)	MES après 3 h (g/l)	MES après 4 h (g/l)	Rendement de 1 h (%)	Rendement de 2 h (%)	Rendement de 3 h (%)	Rendement de 4 h (%)
Essai 1	5,14	0,84	0,92	0,84	0,84	83,65	82,10	83,65	83,65
Essai 2	5,20	0,78	0,84	0,90	0,85	85,00	83,84	82,69	83,65
Essai 3	5,38	0,90	0,80	0,85	0,90	83,27	85,13	84,20	83,27
Essai 4	5,18	0,88	0,87	0,88	0,86	83,01	83,20	83,01	83,39
Moyennes	5,225	0,85	0,8575	0,8675	0,8625	83,73	83,57	83,39	83,49

L'examen des résultats obtenus (tableau III.10) montre que la concentration des MES des eaux avant décantation était de 5,23 g/l mais après la décantation nous avons observé une diminution importante jusqu'à la valeur 0,86 à cause de l'élimination de les MES. Le rendement d'élimination est de l'ordre de 84 %.



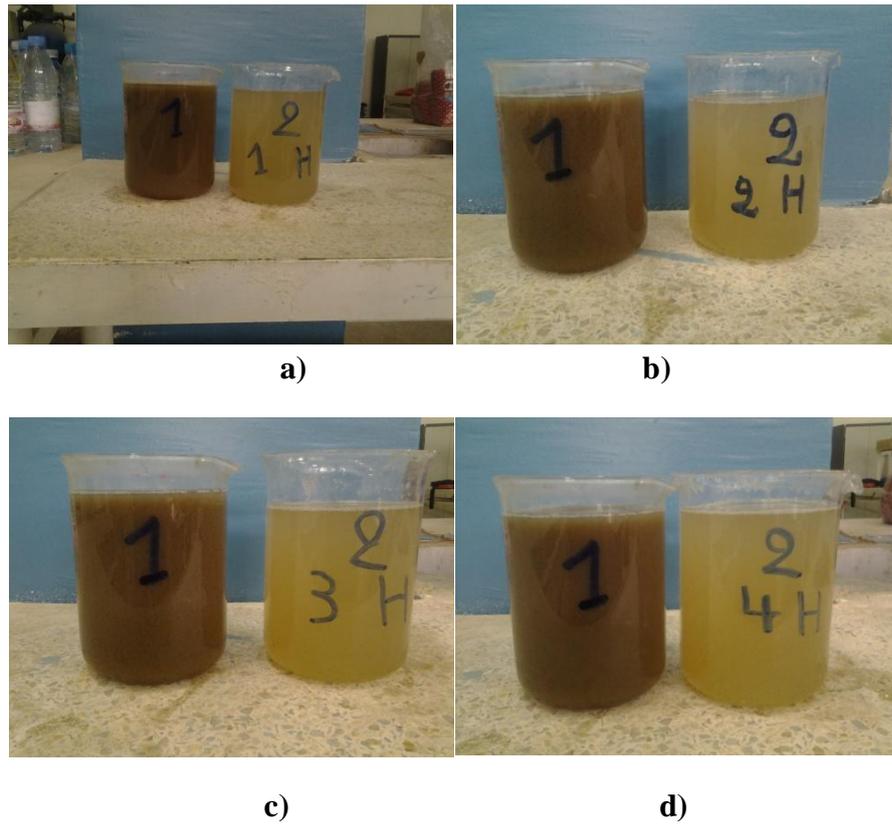
**Figure III.24 :** Histogramme de variation de rendement en fonction de temps.

Selon les résultats indiqués sur la figure III.24, on remarque nettement une diminution des MES par rapport au temps des prélèvements. En eau épurée biologiquement, les concentrations des MES étaient de 5,23 g/l puis à la fin de l'expérience elles ont diminué pour atteindre la valeur de 0,86 g/l après le passage dans le décanteur. Ce qui nous donne un rendement de 84 % qui est appréciable mais qui reste en dessous de celui obtenu avec un écartement entre les lamelles de 1 cm.

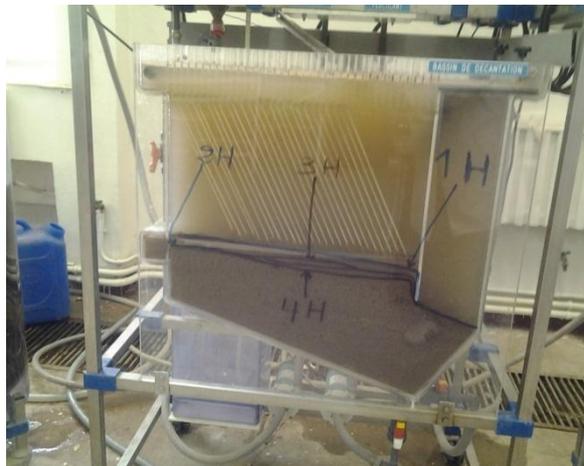
Les figures III.25 représentent l'eau à l'entrée (1) et à la sortie (2) du décanteur lamellaire contre-courant avec les lamelles en position B et d'une distance entre les lamelles de 2 cm pendant les heures de l'expérience.

Avec :

- a) Après 1 heure
- b) Après 2 heures
- c) Après 3 heures
- d) Après 4 heures



**La figure III.25 :** Eau usée a l'entrée (1) et la sortie (2) du décanteur lamellaire contre-courant avec les lamelles en position B et un distance de 2 cm.



**Figure III.26 :** Variations de la hauteur de la boue dans le décanteur lamellaire à contre-courant (position A).

### III.4 Conclusion

Suites aux différentes expériences que nous avons mené, nous avons constaté que la décantation lamellaire à contre-courant avec une inclinaison des lamelles de  $120^\circ$  (position B) et d'un espace entre les lamelles de 1 cm donne des bons rendements d'éliminations des MES par rapport à celle lamellaire à contre-courant avec une inclinaison des lamelles de  $120^\circ$  (position B) et d'un espace entre les lamelles de 2 cm.

A la lumière des résultats obtenus, nous pouvons conclure que la distance entre les lamelles influe sur le rendement de la décantation de telle façon que l'augmentation de cette dernière cause la diminution de la surface de décantation et par conséquent la diminution du rendement. Par contre le rapprochement des lamelles (1 cm d'écartement) augmente la surface de décantation ce qui donne un meilleur rendement.

En termes de colmatage, ce dernier n'a pas eu d'influence sur le rendement de la décantation, si nous respectons les conditions de fonctionnement de la phase de clarification opérées dans la station d'épuration d'où proviennent les prélèvements.

Il est vrai que nous pouvons constater que les rendements obtenues suite à l'élimination des MES par décantation lamellaire pour le type de décantation lamellaire à contre-courant avec les lamelles en position B de la deuxième série sont plus bas que ceux de la première, malgré en gardant le débit d'alimentation constant (100 l/h) et les mêmes conditions opératoires. Ceci est probablement causé par la combinaison de plusieurs paramètres qui entre en jeu, tels que:

- Anaérobiose ;
- Dénitrification ;
- Interruption de l'électricité dans le laboratoire.

# **Conclusion générale**

## Conclusion général

Notre modeste travail a pour objectif de contribuer à l'amélioration de la qualité des eaux usées par une phase d'optimisation de la clarification. Ce travail a été effectué au niveau du laboratoire de traitement et d'épuration des eaux de la Faculté de Technologie de l'Université de Tlemcen.

Dans ce travail nous avons étudié plus particulièrement l'élimination de la matière en suspension qui représente un problème délicat dans le traitement des eaux usées. Afin de cerner au mieux la problématique du thème choisi, l'élaboration d'une synthèse bibliographique a été nécessaire.

La première partie du mémoire a donc consisté en un état des connaissances sur les différents procédés de décantation de l'eau usée en particulier le procédé de décantation lamellaire.

La seconde partie de notre travail a été consacrée à la présentation des résultats d'essais expérimentaux que nous avons réalisés dans le cadre de cette étude. Structurés en plusieurs étapes, cette étude expérimentale a permis la description détaillée de pilote utilisé ainsi que des protocoles expérimentaux suivis en cours des essais.

Notre étude théorique et pratique étant basée sur la reconnaissance des types de décantation les plus efficace et leurs fonctionnements.

L'étude de quelques paramètres de la qualité de l'eau usée avant et après la décantation (la matière en suspension et la température), nous a ramené à conclure que l'influence de la décantation est largement remarquée sur la concentration des MES, en notant les grandes différences des valeurs trouvées avant et après la décantation.

L'étude des concentrations des MES pour les différentes dispositions (co-courant, contre-courant, inclinaison des lamelles), nous a permis de mieux cerner et comprendre le phénomène de la décantation lamellaire.

Suites aux différentes expériences que nous avons menées, nous avons constaté que la décantation lamellaire à contre-courant avec une inclinaison des lamelles de  $120^\circ$  (position B) et d'un espace entre les lamelles de 1 cm donne le meilleur rendement en termes d'élimination des matières en suspension.

A travers ce travail nous avons trouvé certaines difficultés pour mieux étoffer notre travail, tel que le problème des appareils de mesure (PH mètre, DCO mètre, et DBO mètre) qui ne sont pas disponible et où leur contribution aurait pu avoir de meilleurs résultats, ainsi que les moyens de

transport pour ramener les échantillons des eaux usées de la STEP de AIN EL HOUTZ, et les récurrentes coupures électrique qui influence grandement sur les l'épuration biologique.

En fin, nous pouvons dire que le procédé de décantation lamellaire peut constituer une solution viable pour l'épuration des eaux usées d'origine, en termes de gains considérables en surfaces et coûts des stations d'épuration.

# **Références bibliographiques**

## Référence bibliographique

- [1] BEAUDRY J.P., 1984 : "Traitement des eaux". Edition de Griffon d'argile.
- [2] DESJARDINS R., 1990 : "Le traitement des eaux". 2eme édition revue de l'école polytechnique de Montréal.
- [3] MOHAND-SAID O., 2001 : "Traitement des eaux". Office des publications universitaires.
- [4] DEGUMENT, 1989 : "mémento technique de l'eau". Tome 2, 9<sup>ème</sup> édition.
- [5] SADI M. et TARMOUL F., 2007 : "détermination de la pollution résiduelle d'une STEP par lagunage naturel : cas de la lagune de Beni-Messous". [www.memoireonline.com](http://www.memoireonline.com). Consulté le 24/03/2014.
- [6] SALGHI R. 2005 : " Différents filières de traitement des eaux". Cours. Université IBN ZOHR Ecole Nationale des Sciences Appliquées d'Agadir. Royaume du Maroc.
- [7] DEGUMENT, 1989 : "mémento technique de l'eau". Tome 1, 9<sup>ème</sup> édition.
- [8] RICHARD Y., 1974 : "La décantation lamellaire et ses nouveaux développements. T.S.M. l'eau". Mars 1974. La tribune du CEBEDEAU, Volume 30, Numéros 398 à 409.
- [9] KINCH A., 1952 : "theory of sedimentation. Trans. Faraday", Soc. 48, 116 p.
- [10] JACQUELINE G., THOMAS G., 1976 : "Le séparateur lamellaire à « co-courant »". l'eau et l'industrie, n° 6. Avril 76. Procédé axel-Johnson.
- [11] EDELINE F. 1976 : "l'épuration physico-chimique des eaux". Cebedeau éditeur, théorie et technologie.
- [12] CARDOT C., 1999 : "Les traitements de l'eau, Procédés physicochimiques et biologiques, Cours et problèmes résolus". Edition Ellipses, Paris.
- [13] YAHLATENE S, TAHIRIM E. T., 2011 : " Réflexion sur la caractérisation physico-chimique, des effluents Liquides rejetés dans la grande sebkha d'Oran". Mémoire d'ingénieur, université des sciences et de la technologie d'Oran.
- [14] MECHATI F., 2006 : " Etude des paramètres physico-chimiques avant et après traitement des rejets liquides de la raffinerie de SKIKA", mémoire de magister, université de Skikda.
- [15] PELMONT J., 1993 : "Bactéries et environnement, adaptations physiologiques". Edition Presses Universitaires de Grenoble. Presses universitaires de Grenoble, Grenoble.
- [16] ANONYME, 1994 : "Décantation lamellaire des boues activées". Rapport du Fond National pour le développement des adductions d'eau.
- <http://www.fndae.fr/documentation/PDF/fndae18.pdf>, consulté le 14.03.2014

- [17] MORIN A., MILISIC V., FIGUE J-F., 2009 : "Simulations numériques des écoulements dans un décanteur lamellaire à contre-courant". Technique Science et Méthode n°11 novembre 2009.
- [http://www.hydroconcept.fr/portal\\_upload/files/T20090.pdf](http://www.hydroconcept.fr/portal_upload/files/T20090.pdf). Consulté le 20.05.2014
- [18] DUPONT A., 1986 : "Hydraulique urbaine, Hydrologie captage et traitement des eaux". Tome I, Ed. Eyrolles, Paris.
- [19] LYONNAISE DES EAUX, 1994 : "Mémento de gestionnaire de l'alimentation en Eau et de l'assainissement, (eau dans la ville, alimentation en eau)". Edition Lavoisier, Paris.
- [20] DELTALAB : Bulletin Technique du pilote de coagulation-floculation et décantation.
- [21] KHELIFI, T et MOUFFOK, N, 2008 : "Etude expérimentale de la filtration sur sable dans le procédé d'épuration à boues activées". Mémoire d'ingénieur en hydraulique Université de Tlemcen.
- [22] RODIER J., 2005 : "L'analyse de l'eau". 9ème édition, édition DUNOD, Paris.
- [23] GAID A., 1984 : "Épuration biologique des eaux usées urbaines". Tome I, édition OPU, Alger.
- [24] RAOUTI H., 2012 : "Etude expérimentale de la contribution d'un lit bactérien et d'une filtration dans l'amélioration de la qualité des eaux par boues activées". Mémoire de mastère en hydraulique, université de Tlemcen.
- [25] : Rodier. J., « l'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer » 8ème édition, édition DUNOD, Paris, 1996.