

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Faculté de Technologie



Département d'Hydraulique

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

*Option : Hydraulique urbaine*

Thème

Etude des méthodes de mesure des débits liquides à travers les circuits  
hydrauliques des ouvrages :

Cas du venturi de la STEP d'AïnEl-Houtz

Par: M<sup>lle</sup> MESSAOUDI HANANE

Soutenue le :02/12/2021

Devant les membres du jury

M<sup>me</sup>. BELARBI.F  
M<sup>r</sup>. BOUMEDIENE.M  
M<sup>r</sup>. BENADDA.L  
M<sup>r</sup>. CHBOUB FELLAH.A

Président  
Examineur  
Encadreur  
Co-Encadreur

Année Universitaire:2019/2020

# Dédicace

*A Dieu seul revient ma gratitude en premier et dernier lieu.  
Mes très chers parents, qui ont éclairés mon chemin et qui m'ont  
encouragés et soutenus pendant mes études.*

*Mes chères sœurs : Assia et Zineb*

*Mes proches ;*

*Mes chers amis ;*

*Mes sœurs et frères de la promo « hydraulique urbaine » ;*

*Tous ceux qui me sont chers.*



*Hanane*

## *REMERCIEMENTS*

*Je remercie Dieu le tout puissant, pour m'avoir donné la santé, le courage et la volonté d'étudier et pour m'avoir permis de réaliser ce modeste travail dans les meilleures conditions.*

*Je remercie MES PARENTS qui ont consacré toute leur vie pour que je puisse accomplir mes études.*

*J'aimerais exprimer ma gratitude pour la patience, le soutien et l'aide qu'a pu m'apporter mon encadreur Monsieur : Benadda Lotfi et Monsieur Chiboub Fellah Abdelghani pour leurs orientations, leurs encouragements, leurs judicieux et leurs disponibilités durant toute cette étude.de ce travail.*

*Mes vifs remerciements vont à l'égard notre chef de département Monsieur Bouchelkia Hamid pour sont aide continue.*

*J'adresse des sincères remerciements à Monsieur Boumedienne Maamar qui a accepté de prendre part au jury et Madame Belarbi Fadila qui a accepté de présider le jury de ce travail.*

*Je profite l'occasion aussi pour remercier mes collègues de travail et les employés de la station en particulier Madame Habi et monsieur khouani.*

*A tout le corps enseignant et personnel du département d'hydraulique qui ont contribué de près où de loin à ma formation.*

*Merci*



## **Résumé :**

Ce travail a comme objectif d'étudier la validation des lois d'écoulement et des méthodes utilisées pour la quantification et la mesure de débit liquide au droit des ouvrages ainsi les appareils utilisés pour ce dernier. Pour cela nous avons procédé par l'étude de l'écoulement au-dessus de l'entrée et la sortie de la station d'épuration, ce processus vise la traite des aspects théoriques et des bonnes pratiques à propos de la mesure du débit ainsi qu'à identifier techniques d'évaluation des débits. Ce travail vise également la détermination des dimensions les plus performants du venturi et du déversoir en prenant comme critère la capacité d'évacuation du débit. Enfin quelques conditions de performance lors de l'utilisation expérimentale ou réelle de déversoir et de venturi sont données, Ceci afin d'identifier les défauts et les déficiences qui existent, afin de proposer des suggestions et des solutions appropriées.

Les dysfonctionnements et incapacités fonctionnelles qui ont été enregistrés sont les suivants :

L'absence de débitmètre au niveau de l'entrée de la station, ce qui empêche une détermination précise du débit allant vers la station Quant au niveau venturi, nous avons constaté un défaut du dispositif de mesure du débit.

Afin de faire face à ces problèmes, nous avons proposé des solutions pour y remédier, qui sont les suivantes :

La station d'épuration d'Ain El Houtz a besoin d'installer et de réparer des débitmètres, pour assurer une mesure correcte et donner des résultats plus précis.

**Mots clés :** STEP d'Ain El Houtz, venturi, débit, mesures, déversoir d'orage.

## **Abstract:**

The objective of this work is to study the validation of the laws of flow and the methods used for the quantification and measurement of liquid flow at the level of the works as well as the devices used for the latter. For this we proceeded by the study of the flow above the inlet and the outlet of the treatment plant, this process aims to deal with the theoretical aspects and good practices about the flow measurement as well than to identify flow evaluation techniques. This work also aims to determine the most efficient dimensions of the venturi and the weir, taking as a criterion the discharge capacity of the flow. Finally some performance conditions during the experimental or real use of weir and venturi are given, This is to identify the faults and deficiencies that exist, in order to offer suggestions and appropriate solutions.

The dysfunctions and functional incapacities which were recorded are as follows:

The absence of a flowmeter at the entrance to the station, which prevents a precise determination of the flow going to the station As for the venturi level, we noted a defect in the flow measurement device.

In order to deal with these issues, we have come up with some solutions to address them, which are as follows:

The Ain El Hout wastewater treatment plant needs to install and repair flow meters, to ensure correct measurement and give more accurate results.

**Keywords:** Ain El Houtz WWTP, venturi, flow, measurements, storm spillway

## ملخص:

الهدف من هذا العمل هو دراسة التحقق من صحة قوانين التدفق والطرق المستخدمة لتقدير وقياس تدفق السائل على مستوى الهياكل وكذلك الأجهزة المستخدمة لهذا الأخير. لهذا قمنا بدراسة التدفق فوق مدخل ومخرج محطة المعالجة، وتهدف هذه العملية إلى التعامل مع الجوانب النظرية والممارسات الجيدة حول قياس التدفق أيضاً من تحديد تقنيات تقييم التدفق. يهدف هذا العمل أيضاً إلى تحديد الأبعاد الأكثر كفاءة للفنتوري والعتبة، مع الأخذ في الاعتبار قدرة تصريف التدفق كميّار. أخيراً، يتم إعطاء بعض شروط الأداء أثناء الاستخدام التجريبي أو الفعلي للعتبة والفنتوري، وهذا من أجل تحديد الأعطاب والنقائص الموجودة، بغية عرض اقتراحات وحلول مناسبة.

ان الاعطال والعجز الوظيفي الذي تم تسجيله كالآتي:

انعدام وجود جهاز قياس للتدفق على مستوى مدخل المحطة مما يمنع تحديد دقيق للتدفق المتوجه نحو المحطة، اما على مستوى الفنتوري فقد لاحظنا عطب في جهاز قياس التدفق.

من أجل مواجهة هاته المشاكل اقترحنا حلولاً لمعالجتها وهي كالآتي:

ان محطة معالجة المياه المستعملة لعين الحوت تحتاج الى تركيب وتصلّيح اجهزة قياس التدفق وهذا لضمان قياس سليم يعطي نتائج أكثر دقة.

**الكلمات المفتاحية:** معالجة مياه الصرف الصحي في عين الحوت، فينتوري، تدفق، قياسات، مجرى مياه الأمطار.

## LISTE DES FIGURES

### Chapitre I :

Fig. 1.1 : chemin du débit volumique dans une section droite.....	5
Fig. 1.2 : relation entre les types d'écoulement et la méthode de mesure appliquée...	6
Fig. 1.3 : présentation de débit, vitesse et le diamètre d'une canalisation.....	6
Fig. 1.4 : représentation graphique de l'écoulement.....	8
Fig. 1.5 : L'écoulement en charge dans une canalisation.....	8
Fig. 1.6 : Tuyaux hydrauliquement lisses.....	9
Fig. 1.7 : Tuyaux hydrauliquement lisse.....	9
Fig. 1.8 : Tuyaux hydrauliquement rugueux.....	9
Fig.1.9 : présentation des différents types des écoulements à surface libre.....	10
Fig. 1.10 : présentation de la Variabilité d'écoulement dans l'espace.....	10
Fig. 1.11 : présentation du ressaut hydraulique.....	11
Fig.1.12: Paramètres hydraulique d'écoulement uniforme et permanent.....	12
Fig. 1.13 : Illustration d'écoulement uniforme et non uniforme du fond du canal....	13
Fig. 1.14 : les variations de la charge E ou l'énergie totale.....	13
Fig. 1.15 : Le débit et la charge spécifique dans un mouvement graduellement varié	14

### Chapitre II :

Fig. 2.1 : présentation d'un canal jaugeur venturi à fond plat.....	17
Fig. 2.2 : Déversoir rectangulaire en mince paroi sans contraction latérale.....	18
Fig. 2.3 : Déversoir rectangulaire en mince paroi avec contraction latérale.....	18
Fig. 2.4 : Déversoir triangulaire en mince paroi.....	18
Fig. 2.5 : Le compteur mécanique (débitmètre).....	19
Fig. 2.6 : Ensemble d'équipement de mesure de débits électromagnétique.....	20
Fig. 2.7 : Débitmètre électronique.....	21
Fig. 2.8 : Présentation de fonctionnement d'un compteur mécanique.....	22
Fig. 2.9 : Déversoir rectangulaire à mince paroi.....	24
Fig. 2.10 : Les valeurs de $C_e$ pour déversoir en mince paroi rectangulaire.....	24
Fig. 2.11 : Graphique représentant le coefficient $C_s$ .....	25
Fig. 2.12 : schéma représentatif de venturi.....	26
Fig. 2.13 : La vanne écluse.....	27
Fig. 2.14: Le débitmètre électromagnétique.....	28
Fig. 2.15 : débitmètre bulle à bulle avec de canne de bullage.....	29
Fig. 2.16 : Fonctionnement d'une sonde hydrostatique.....	30
Fig. 2.17 : Mesure de niveau par capteur ultrasonique.....	31
Fig. 2.18 : débitmètre à ultrason.....	31
Fig. 2.19 : Mesure du niveau par radar à ondes libres.....	32
Fig. 2.20 : Mesure de niveau par radar à ondes guidées immergées.....	33

### Chapitre III :

Fig. 3.1 : Un schéma approximatif à la station d'Ain El houtz.....	36
Fig. 3.2 : Photos satellitaires de la STEP d'Ain El Houtz-Tlemcen.....	37
Fig. 3.3 : Photos de déversoir d'orage.....	37
Fig. 3.4 : Photo de la grille mécanisée (2 unités).....	38
Fig. 3.5 : Photo du déssableur- déshuileur.....	38
Fig. 3.6 : Photo des bacs à sable.....	39
Fig. 3.7 : Photo du bassin d'aération.....	39
Fig. 3.8 : Photo du bassin de nitrification dénitrification.....	40

<b>Fig. 3.9</b> : Photo du décanteur secondaire.....	<b>40</b>
<b>Fig. 3.10</b> : Photo du bassin de chloration.....	<b>41</b>
<b>Fig. 3.11</b> : Photo des vis de recirculation des boues.....	<b>41</b>
<b>Fig. 3.12</b> : Photo de l'épaississeur des boues.....	<b>42</b>
<b>Fig. 3.13</b> : Photo des lits de séchage.....	<b>42</b>
<b>Fig. 3.14</b> : Représentation des différents ouvrages de la station.....	<b>43</b>
<b>Fig. 3.15</b> : Le déversoir d'orage de la station.....	<b>44</b>
<b>Fig. 3.16</b> : L'emplacement du venturi dans la station d'épuration Ain El Houtz.....	<b>44</b>
<b>Fig. 3.17</b> : Vue en plan d'un canal de type Venturi d'une station d'épuration.....	<b>45</b>
<b>Fig. 3.18</b> : Principe de fonctionnement d'un capteur électronique.....	<b>45</b>
<b>Fig. 3.19</b> : Capteur de niveau d'eau.....	<b>46</b>

#### **Chapitre IV :**

<b>Fig. 4.1</b> : L'emplacement de la STEP d'Ain El-Houtz .....	<b>54</b>
<b>Fig. 4.2</b> : Vue en plan de la STEP .....	<b>54</b>
<b>Fig. 4.3</b> : Localisation du déversoir d'orage de la STEP .....	<b>55</b>
<b>Fig. 4.4</b> : Schéma de principe du déversoir d'orage .....	<b>55</b>
<b>Fig. 4.5</b> : Emplacement du canal Venturi à la STEP .....	<b>58</b>
<b>Fig. 4.6</b> : Vue du canal Venturi de la STEP .....	<b>59</b>
<b>Fig. 4.7</b> : Vue de l'emplacement du débit-mètre Ultra-son .....	<b>59</b>
<b>Fig. 4.8</b> : Mesure au niveau du canal jaugeur .....	<b>60</b>
<b>Fig. 4.9</b> : Graphe mesure au niveau du canal jaugeur .....	<b>61</b>

### **LISTE DES TABLEAUX**

<b>Tableau 2.1</b> valeur de kb.....	<b>23</b>
<b>Tableau 3.1</b> Les valeurs de base des débits de la STEP d'Ain El Houtz.....	<b>35</b>
<b>Tableau 3.1</b> Les Types des capteurs.....	<b>46</b>
<b>Tableau 4.1</b> Estimation de la population.....	<b>49</b>
<b>Tableau 4.2</b> Résultats du calcul des débits consommés .....	<b>50</b>
<b>Tableau 4.3</b> Résultats du calcul des débits rejetés.....	<b>50</b>
<b>Tableau 4.4</b> Série des pluies maximales journalières (station du Hennaya).....	<b>51</b>
<b>Tableau 4.5</b> Valeurs de coefficient de ruissèlement.....	<b>52</b>
<b>Tableau 4.6</b> Paramètres du déversoir d'orage calculé .....	<b>57</b>
<b>Tableau 4.7</b> Caractéristiques du déversoir existant .....	<b>57</b>
<b>Tableau 4.8</b> La hauteur d'eau du déversoir .....	<b>58</b>
<b>Tableau 4.9</b> Caractéristiques de venturi .....	<b>60</b>
<b>Tableau 4.10</b> La hauteur d'eau du de venturi .....	<b>60</b>
<b>Tableau 4.11</b> Détermination des paramètres du venturi .....	<b>61</b>
<b>Tableau 4.12</b> Débits des eaux évacuées à différents heures .....	<b>61</b>



## LISTE DES ABREVIATIONS

- A** : section du canal d'approche (amont du venturi)  $A=B.h$  (Km<sup>2</sup>)
- AEP** : Alimentation en eau potable
- B** : Largeur du canal d'approche
- b** : exposant climatique tiré à partir de l'abaque de Moody
- be** : Largeur du col (m)
- Cv** : coefficient sans dimension tenant compte de l'influence de la vitesse d'approche sur le niveau mesuré en amont du canal jaugeur (sans unité)
- Cd** : coefficient de débit (sans unité)
- Cs** : Facteur de forme des canaux jaugeurs à col trapézoïdal (sans unité)
- D** : Le diamètre (mm)
- D.E.M** : Débitmètre électromagnétique
- De** : Distance des électrodes
- E** : Charge (l'énergie totale) dans une section
- eq/hab** : équivalent par habitant
- F** : L'étendue de mesure
- Fr** : Nombre de Froud
- f.e.m** : Force électromagnétique
- g** : Accélération de la pesanteur (en N/kg ou m/s<sup>2</sup>)
- H** : Charge spécifique
- h<sub>1</sub>** : Hauteur de mesure en cm
- h** : tirant d'eau au niveau de la section de mesure (m)
- Hmax** : plus haute altitude (m)
- Hmin** : plus basse altitude (m)
- H<sub>r</sub>** : Hauteur à l'entrée (mm)
- H<sub>D</sub>** : Hauteur de la lame déversée (m)
- Hce** : Charge spécifique dans le col à la hauteur critique (m)
- ΔH** : Différence d'altitude entre point 1 et point 2 (en m)
- I** : Intensité de précipitations (mm/h)
- Ks** : Coefficient de Strickler (m<sup>1/3</sup>S<sup>-1</sup>)
- K** : facteur de conversion
- L** : Longueur de la conduite (m)
- m** : inclinaison des parois du canal jaugeur (fruit des berges)
- n** : Coefficient de Manning
- p** : Pression en un point (Pa ou N/m<sup>2</sup>)
- Pm** : Périmètre mouillé
- P<sub>t</sub>** : pluie de courte durée (mm)
- Pjf** : pluie journalière fréquentielle (mm)
- Q** : Débit liquide (m<sup>3</sup>/s)
- Q usée de pointe** : Débit usée de pointe dans le jour (m<sup>3</sup>/j)
- Q épurée** : Débit à traité par la station (m<sup>3</sup>/h)
- Q usée** : Débit usé de la population (l/s)
- Qc** : débit de consommation moyen (m<sup>3</sup>/j)
- Q<sub>Eq</sub>** : débit d'équipements (m<sup>3</sup>/j)

**Q<sub>p</sub>** : débit pluvial (m<sup>3</sup>/h)  
**Q<sub>R</sub>** : débit rejeté vers le cours d'eau (m<sup>3</sup>/h)  
**Q<sub>ps</sub>** : débit plein section (m<sup>3</sup>/h)  
**R<sub>h</sub>** : Rayon hydraulique  
**R<sub>Q</sub>** : Coefficients de débit  
**S** : Aire de la section mouillée perpendiculaire à l'écoulement (m<sup>2</sup>).  
**S<sub>m</sub>** : Section mouillée  
**STEP** : station d'épuration  
**T** : temps (S)  
**T<sub>c</sub>** : temps de concentration (H)  
**V** : Volume liquide (m<sup>3</sup>)  
**Z** : Altitude du point considéré (en m)  
**ρ** : Masse volumique. (kg/m<sup>3</sup>)  
**λ** : Coefficient de perte de charge sans dimension  
**μ** : variable réduite de Gauss  
**μ** : Coefficient de débit de la lame déversant

## TABLE DES MATIERES

<b>Introduction Générale.....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre 01 : Théorie des débits hydrauliques</b>	
1. Introduction.....	3
1.1. Définition des débits d'écoulement.....	3
1.2. Différents types des débits.....	3
1.3. Calcul des débits hydrauliques.....	4
1.3.1. Formule principale des écoulements.....	4
1.3.2. Théorie des écoulements en charge.....	6
1.3.2.1. Définition d'écoulement en charge.....	6
1.3.3. Théorie des écoulements en surface libre.....	8
1.3.3.1. Définition d'écoulement a surface libre.....	8
1.3.3.2. Le Ressaut Hydraulique.....	9
1.4. Application des formules de calcul des débits.....	9
1.5. Conclusion.....	13
<b>Chapitre 02 : Appareils et méthodes de mesure</b>	
2. Introduction.....	14
2.1. Importance de mesure des débits.....	14
2.1.1. Les mesure directes.....	14
2.1.2. Les mesures indirectes.....	14
2.1.2.1. Les canaux jaugeurs.....	15
2.1.2.2. Puits de mesure.....	15
2.1.2.3. Les déversoirs - principaux types.....	15
2.1.2.4. Techniques de mesure des débits .....	17
2.1.3. Techniques de mesure mécanique.....	17
2.1.4. Techniques de mesure manuelle.....	18
2.1.5. Electromagnétique.....	18
2.1.6. Electronique.....	19
2.2. Ouvrages de mesure des débits.....	19
2.2.1. Ouvrage mécanique (Débitmètres).....	20
2.2.2. Déversoir, venturi et vanne Ecluse.....	21
2.2.2.1. Les déversoirs rectangulaires en mince paroi.....	21
2.2.2.2. Venturi.....	23
2.2.2.3. Vanne écluse.....	25
2.3. Appareils de mesure des écoulements en charge.....	26
2.3.1. Débitmètre Electromagnétique.....	27
2.4. Appareils de mesure des écoulements à SL.....	27
2.4.1. Appareils bases sur la pression différentielle.....	27
2.4.1.1. Débitmètre bulle à bulle.....	27
2.4.1.2. Sonde Hydrostatique.....	28
2.4.2. Appareils bases sur le temps de parcours.....	29
2.4.2.1. Débitmètre ultrasonique.....	30
2.4.2.2. Appareil radar.....	31
2.5. Conclusion.....	32
<b>Chapitre 03 : Moyens de mesure des débits usés au niveau des stations d'épuration</b>	
3. Introduction.....	33
3.1. Importance de la mesure des débits au niveau des STEP.....	33
3.2. Débits traite par la STEP.....	33
3.2.1. Ouvrages de la STEP d'Aïn el-Houtz.....	33

3.2.1.1. Déversoir d'orage.....	35
3.2.1.2. Deux degriilleurs.....	35
3.2.1.3. Dessableurs-déshouilleurs.....	36
3.2.1.4. Bassin d'aération.....	37
3.2.1.5. Décanteurs secondaires ou clarificateurs.....	38
3.2.1.6. Bassin de chloration.....	39
3.2.1.7. Poste de pompage des boues.....	39
3.2.1.8. Epaisseur des boues.....	40
3.2.1.9. Lits de séchage.....	40
3.2.2. Niveau de mesure de débits d'écoulements.....	41
3.3. Ouvrages de mesure des débits.....	41
3.3.1. Déversoir.....	41
3.3.2. Venturi.....	42
3.4. Description des appareils de mesure des débits.....	43
3.4.1. Capteur de niveau.....	43
3.5. Conclusion.....	45
<b>Chapitre 04 : Dimensionnement de l'Ouvrage de mesure de débit</b>	
4. Introduction.....	46
4.1. Calculs théorique des débits.....	46
4.1.1. Débits des eaux usées domestique.....	46
4.1.2. Evaluation de débit pluviale .....	47
4.1.3. Débit total.....	50
4.2. Dimensionnement du déversoir d'orage.....	51
4.2.1. Situation générale .....	51
4.2.2. Calcul des paramètres du déversoir d'orage .....	52
4.2.3. Caractéristiques du déversoir existant .....	54
4.3. Dimensionnement du venturi .....	55
4.3.1. Localisation de l'ouvrage.....	55
4.3.2. Calcul des paramètres du venturi.....	57
4.4. Conclusion .....	59
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>61</b>
Liste des références.....	62

# **INTRODUCTION GENERALE**

## INTRODUCTION GENERALE

L'eau est presque aussi ancienne que notre planète ; Elle est apparue avant des milliards d'années. Depuis, sa quantité est resté globalement stable.

C'est toujours la même eau qui circule sans cesse entre la mer, la terre et l'atmosphère.

Les écoulements ce caractérise par sa représentation de la plus grande part dans la nature puisqu'elle constitue les océans, les mers, les lacs et les cours d'eau sans oublier les écoulements.

Ces derniers est considéré comme une ressource vitale très importante dans tous les domaines, ce qui explique son exploitation continu (l'industrie, AEP, irrigation...etc) et c'est pour cette raison il est nécessaire de transférer ces écoulements de milieu naturel vers des ouvrages spécialement conçu pour recevoir et stocker ces derniers facilement, Le processus de stockage de l'eau permet de former des écoulements en charge ou à surface libre.

Pour respecter la capacité des ouvrages hydraulique ces eaux doit être mesuré avant l'entrée.

Dans le contexte environnemental, la mesure du débit est aussi nécessaire pour l'application des lois et règlements. De façon plus précise, elle permet de mesurer, dans le cadre d'un programme d'auto-surveillance, les volumes d'eau prélevés, consommés ou rejetés.

D'autre part la mesure des débits est une opération très difficile. Elle est devenue cruciale dans l'industrie de l'eau, en particulier dans la purification de l'eau urbaine et industrielle.

Pendant le processus de la mesure des débits nous pouvons rencontrer des obstacles comme les liquides ayant de mauvaises propriétés de réflexion pendant le passage dans les ouvrage hydraulique, point de mesure non respecté, la forte condensation, la formation de mousse et le gel du capteur et la formation de dépôts comme par exemple un venturi d'une station d'épuration.

Afin de mesurer les débits entrés ou sortir à travers un ouvrage hydraulique pendant le temps des méthodes et différents matériaux de cette opération s'agisse d'effluents industriels, municipaux, agricoles ou autres. En effet, la mesure du débit répond à des objectifs multiples.

L'objectif de ce thème est de mentionner quelques méthodes pour mesurer le débit dans les quatre chapitres suivants :

- Le premier chapitre, présente une revue bibliographique sur la théorie des débits hydrauliques
- Le second chapitre, parle sur les appareils et les méthodes de mesure.
- Dans le troisième chapitre, on s'intéresse sur les moyens de mesure des débits usés au niveau des stations d'épuration avec une description générale des différents ouvrages de la station de Ain El Houtz.
- Le quatrième chapitre a été consacré au Dimensionnement de l'Ouvrage de mesure de débit.
- Enfin, on présente la conclusion générale et les perspectives de ce travail.  
Et à la fin conclusion générale sur l'étude de ce thème

**CHAPITRE 01**  
**THEORIE DES DEBITS HYDRAULIQUES**



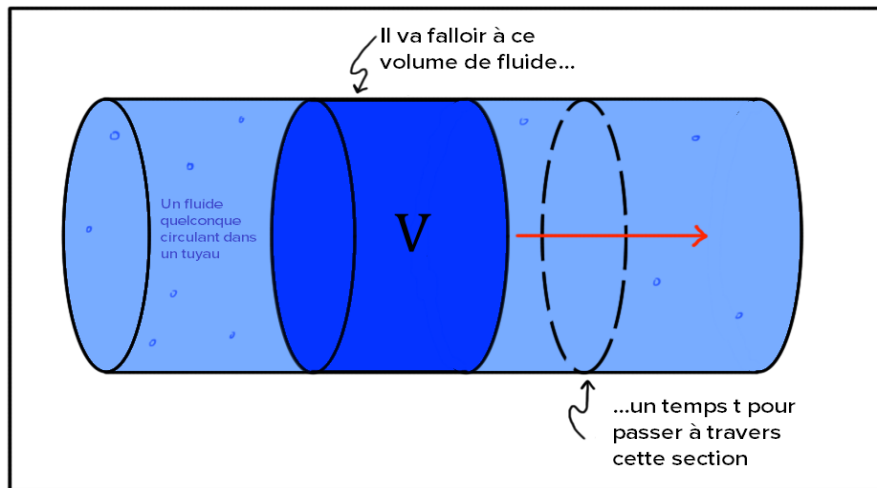
## 1. Introduction

Le calcul du débit est primordiale, il repose sur une théorie bien précise ; dépendante des relations introduisant certains paramètres tel que la vitesse, la pression, la section d'écoulement, les pertes de charge, la hauteur d'eau, ...etc.

Dans ce chapitre nous donnons la théorie des bases de calcul des différents types des débits ; que soit l'écoulement en charge ou à surface libre.

### 1.1. Définition des débits d'écoulement

Le débit ou le flux volumique est la quantité d'une grandeur (volume écoulé) qui traverse une surface donnée par unité de temps. Il permet de quantifier un déplacement de matière ou d'énergie ; il y a des différents types des débits : massique, volumique, débit d'énergie et de quantité de mouvement, débit de charges, et débit de dose, dans cette étude nous intéresser par le débit volumique. [1]

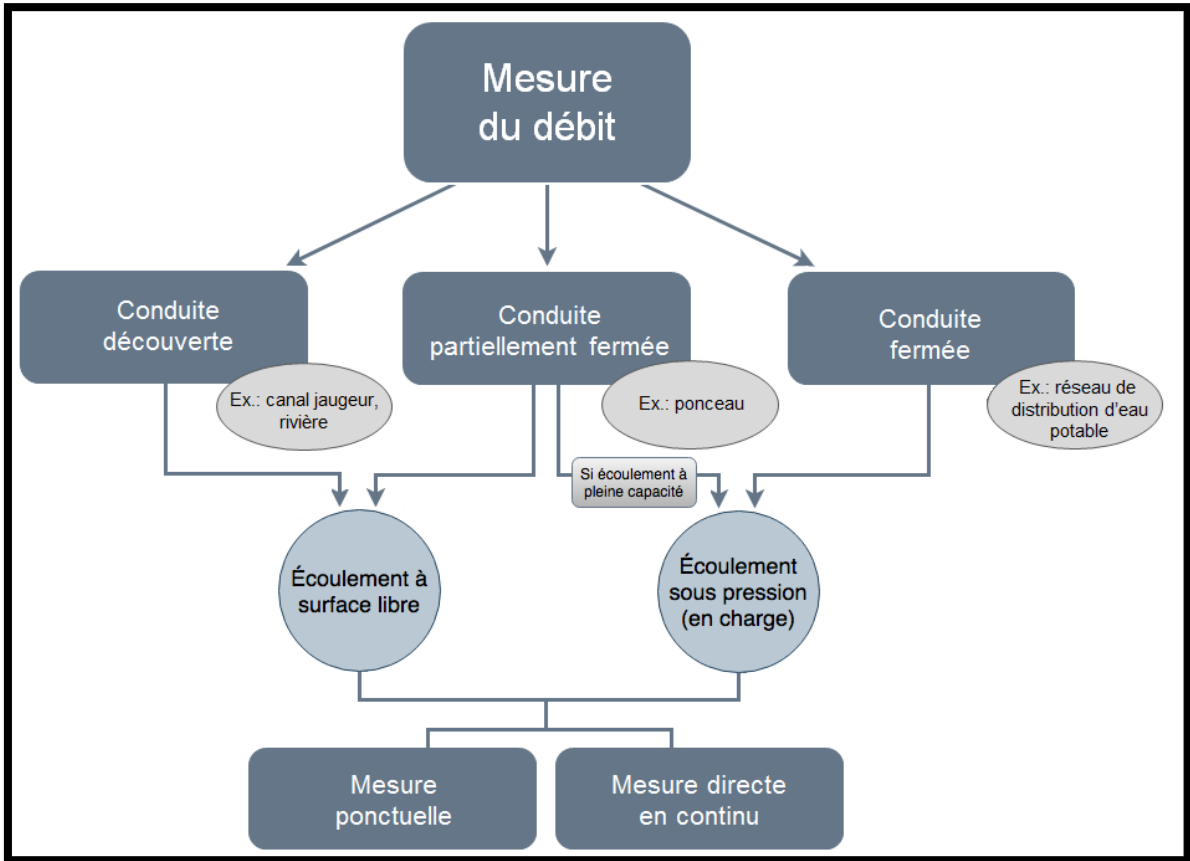


**Figure 1.1. : chemin du débit volumique dans une section droite [1]**

### 1.2. Différents types des débits

Il existe plusieurs types des débits qui varient en fonction des différentes natures d'écoulement, en l'occurrence :

- Les débits des écoulements naturels à surface libre ;
- Les débits à surface libre dans les conduites ou canaux d'écoulement fermés ou à ciel ouvert ;
- Les débits en charge ou en écoulement forcé dans les conduites ou canaux d'écoulement les conduites de section circulaire. [2]

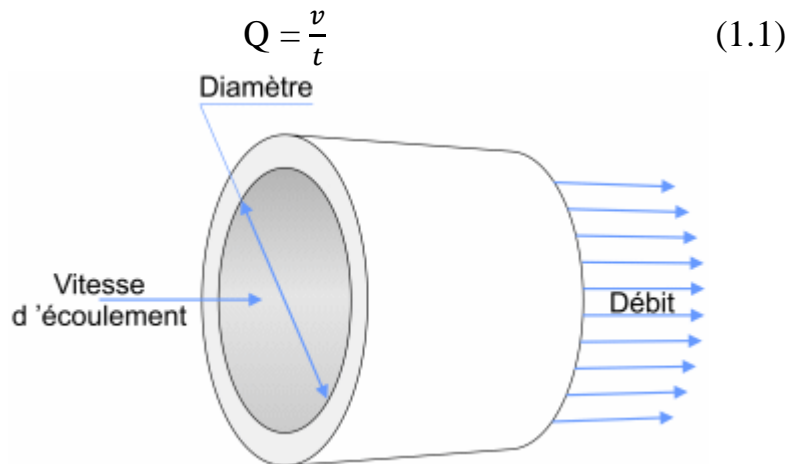


**Figure 1.2. : Relation entre les types d'écoulement et la méthode de mesure appliquée** [2]

### 1.3. Calcul des débits hydrauliques

#### 1.3.1. Formule principale des écoulements

En hydraulique, le débit ( $Q$  en  $m^3/s$ ) est défini comme étant un volume ( $v$ ) de liquide qui s'écoule à travers une section donnée d'un canal ou d'une conduite par une unité de temps ( $t$ ) :



**Figure 1.3 : présentation de débit, vitesse et le diamètre d'une canalisation**

Toutefois, on distingue deux types de débits

- Le débit volumique : défini par

$$Q_v = v_{\text{moy}} \times S \quad (1.2)$$

Avec

$v_{\text{moy}}$  : vitesse moyenne sur la section S

- Le débit massique :

$$Q_m = \rho \times v_{\text{moy}} \times S = \rho \times Q_v \quad (1.3)$$

**NB** : seul le débit massique est conservé entre deux sections d'un tube de courant.

Cette loi de conservation est nommée «EQUATION DE CONTINUITÉ»

$$Q_{m1} = Q_{m2}$$

Ce qui donne :

$$\rho_1 \times S_1 \times v_{\text{moy}1} = \rho_2 \times S_2 \times v_{\text{moy}2} \quad (1.4)$$

Où :

S : l'aire de la section mouillée perpendiculaire à l'écoulement (m<sup>2</sup>).

V : la vitesse de l'écoulement (m/s).

$\rho$  : la masse volumique.

La loi de continuité a une interaction directe avec la conservation de la masse liquide en écoulement, celle-ci cause lors des écoulements une a une interaction directe avec pour la de conservation de la masse et l'autre pour l'énergie.

La loi de continuité de débit d'écoulement à travers une section déterminé à une relation directe avec la conservation d'énergie du flux massique ; en l'occurrence, d'énergie due à la pression, la vitesse, la variation de la hauteur dans la section d'écoulement.

Le théorème de Bernoulli entre deux points dans le canal (naturel, artificiel, en charge, a surface libre) décrit cette loi de conservation de l'énergie, elle est donnée par la relation suivante :

$$E = \frac{p_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + \Delta H \quad (1.5)$$

Où

p : la pression en un point (en Pa ou N/m<sup>2</sup>)

$\rho$  : la masse volumique en un point (en kg/m<sup>3</sup>)

v : la vitesse du fluide en un point (en m/s)

g : l'accélération de la pesanteur (en N/kg ou m/s<sup>2</sup>)

Z : l'altitude du point considéré (en m)

$\Delta H$  : la différence d'altitude entre point 1 et point 2 (en m)

La perte de charge  $\Delta H$  est soit linéaire en fonction de la longueur du débit écoulé ou singulière en fonction des points fixes constituants des obstacles dites singularités.

L'expression générale des pertes de charge linéaire s'écrit

$$\Delta H_L = \lambda \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad (1.6)$$

Où :

L : la longueur de la conduite (m);

V : la vitesse d'écoulement (m<sup>2</sup>/s) ;

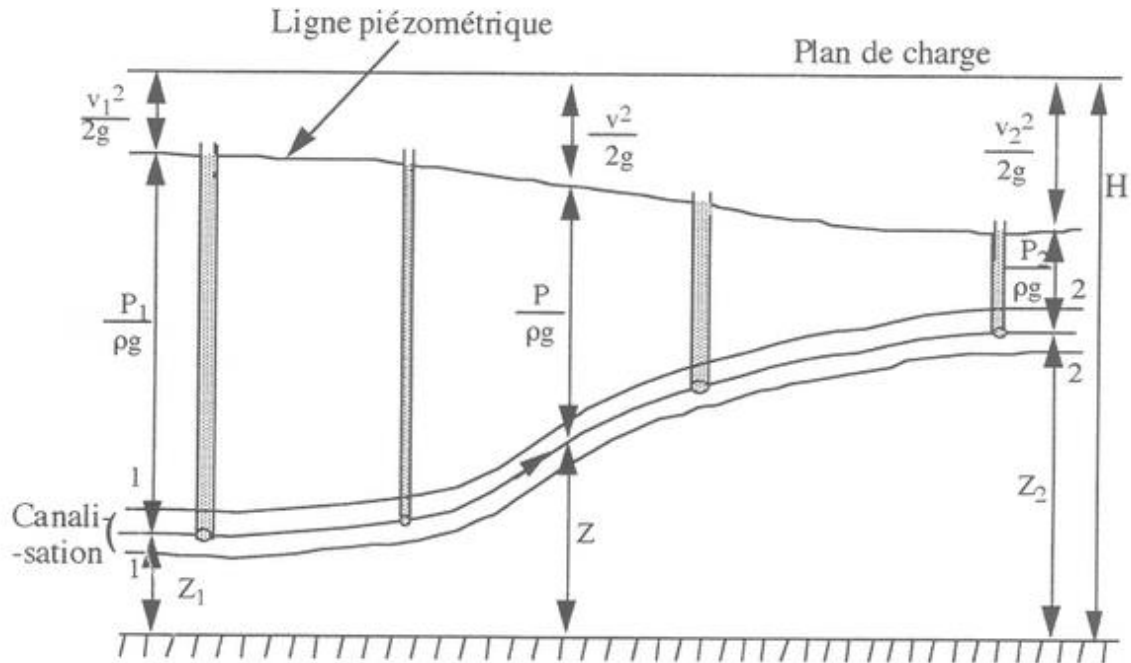
D : le diamètre (m) et

$\lambda$  : un coefficient de perte de charge sans dimension

Les pertes de charge singulières peuvent s'écrire sous la forme

$$\Delta H_s = K \times \frac{v^2}{2g} \quad (1.7)$$

Où : K est le coefficient relatif à la singularité. [3]



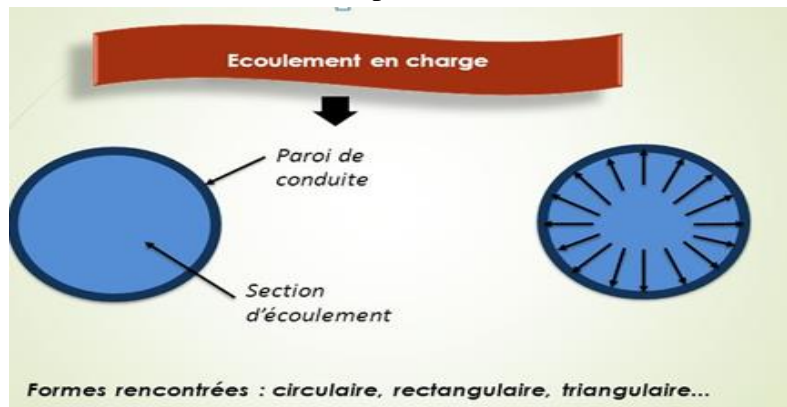
**Figure 1.4. : Représentation graphique de l'écoulement [3]**

### 1.3.2. THEORIE D'ÉCOULEMENTS EN CHARGE

#### 1.3.2.1. DEFINITION D'ÉCOULEMENT EN CHARGE

Ce sont les écoulements dans les conduites sans surface libre c'est-à-dire lorsqu'elles sont entièrement remplies de fluide. La section d'écoulement du fluide est égale à la section du canal.

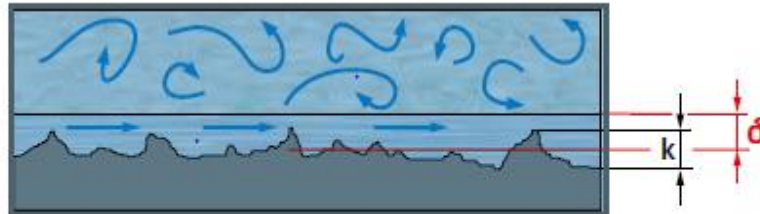
L'hydraulique en charge s'applique à tous les canaux à section fermée contrairement à l'hydraulique à surface libre qui s'applique aux canaux à section ouverte comme les rivières, les chenaux, les conduites non remplies etc. [4]



**Figure 1.5. : L'écoulement en charge dans une canalisation [5]**

Dans une conduite en charge, la pression du fluide varie temporellement suivant les conditions d'écoulement, elle est fonction du type de matériau constituant l'ouvrage en charge d'écoulement, dont la rugosité influe directement sur la loi de conservation de l'énergie (selon la perte de charge).

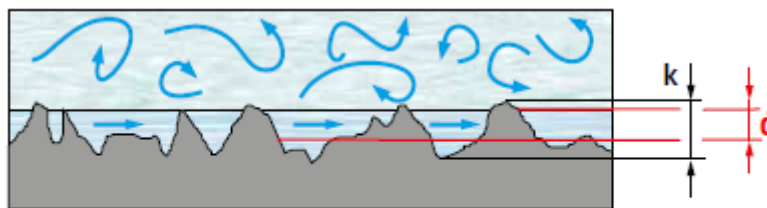
Pour un ouvrage Hydrauliquement Lisses La couche laminaire limite est suffisamment marquée pour recouvrir les aspérités de la surface du tuyau. L'écoulement tubulaire turbulent se déplace librement.



$\delta$  épaisseur de la couche limite laminaire  
k hauteur des aspérités

**Figure 1.6. : Tuyaux hydrauliquement lisses [6]**

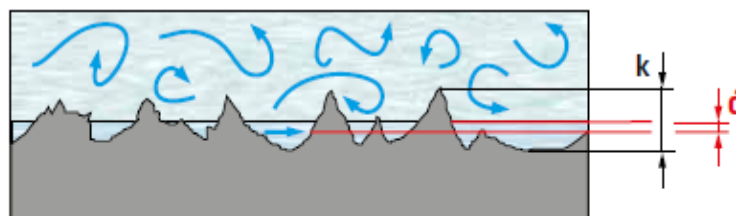
Pour un ouvrage Hydrauliquement dans la zone de transition la condition d'écoulement et la constitution du tuyau, on observe dans la pratique des formes mixtes. Lorsque la couche laminaire limite est clairement marquée mais que les aspérités ne sont pas entièrement recouvertes, on parle de tuyaux en zone de transition. [6]



$\delta$  épaisseur de la couche limite laminaire  
k hauteur des aspérités

**Figure 1.7. : Tuyaux hydrauliquement lisses [6]**

Pour un ouvrage Hydrauliquement Rugueux La couche laminaire limite est insuffisamment marquée pour recouvrir les aspérités de la surface du tuyau. [6]



$\delta$  épaisseur de la couche limite laminaire  
k hauteur des aspérités

**Figure 1.8. : Tuyaux hydrauliquement rugueux [6]**

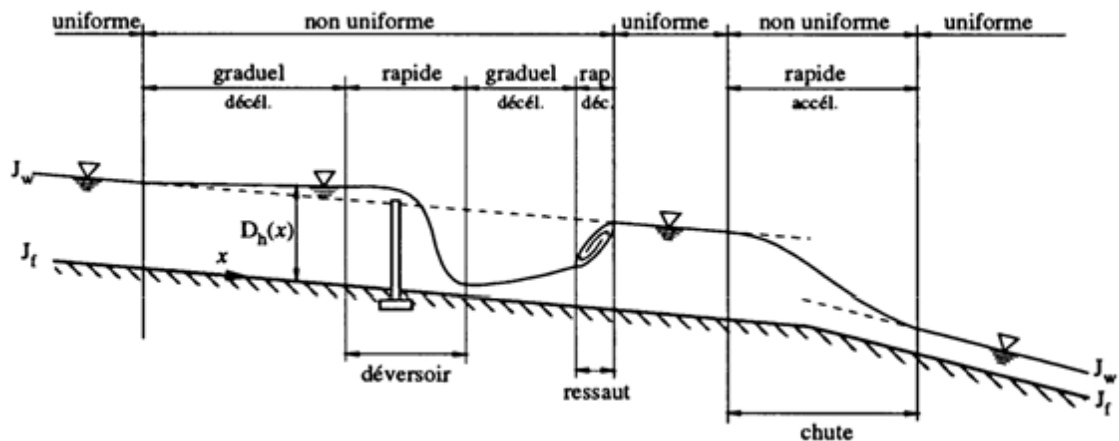
### 1.3.3. Théorie d'écoulements a surface libre

#### 1.3.3.1. Définition d'écoulement a surface libre

Les écoulements à surface libre sont ceux ayant une interface entre l'air et l'eau. La pression dans ce cas est égale la pression atmosphérique.

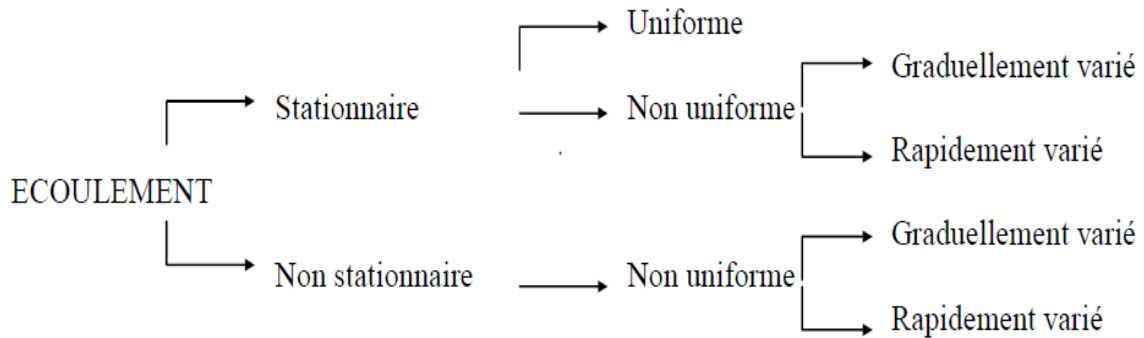
Les écoulements dans les canaux naturels (rivière) et artificiels (irrigation, assainissement) sont, dans la plupart des cas, des écoulements à surface libre.

L'écoulement de surface libre est classé en deux un régime uniforme et un autre varié (non uniforme). [6]



**Figure 1.9. : Présentation des différents types des écoulements à surface libre [7]**

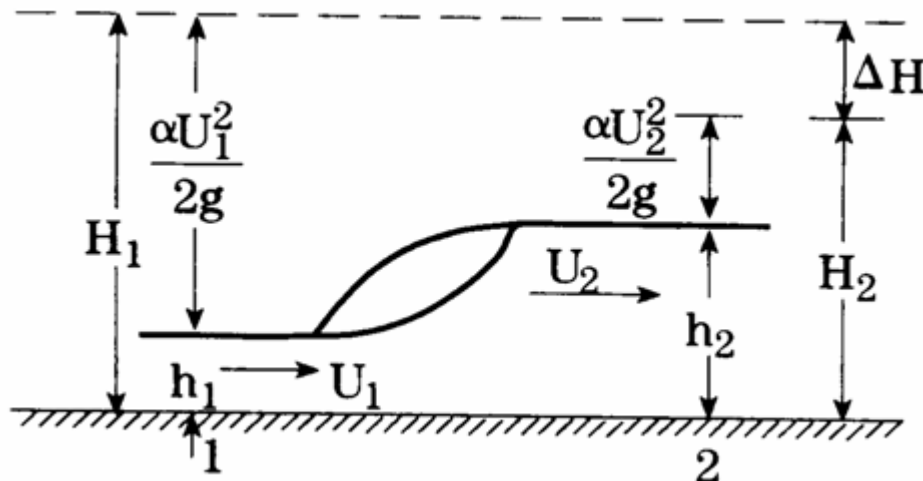
- Le mouvement est uniforme si les paramètres caractérisant l'écoulement restent invariables dans les diverses sections du canal. La ligne de la pente du fond est donc parallèle à la ligne de la surface libre.
- Le mouvement est non-uniforme ou varié si les paramètres caractérisant l'écoulement changent d'une section à l'autre. La pente de la surface libre diffère de celle du fond.
- Un écoulement non-uniforme peut être accéléré ou décéléré suivant que la vitesse croît ou décroît dans le sens du mouvement.
- Lorsque le mouvement est graduellement varié, la profondeur ainsi que les autres paramètres varient lentement d'une section à l'autre.
- Lorsque le mouvement est rapidement varié, les paramètres caractérisant l'écoulement changent brusquement, parfois avec des discontinuités. Cela se manifeste en général au voisinage d'une singularité, telle qu'un seuil, un rétrécissement, un ressaut hydraulique ou une chute brusque.



**Figure 1.10. : Présentation de la Variabilité d'écoulement dans l'espace [7]**

### 1.3.3.2. Le ressaut hydraulique

Le ressaut hydraulique on peut le définir par une surélévation brusque de la surface libre d'un écoulement permanent qui se produit lors du passage du régime torrentiel au régime fluvial. Il est accompagné d'une agitation marquée et de grandes pertes d'énergie, la figure suivante donne une explication des paramètres affectés par ce phénomène.



**Figure 1.11. : Présentation du ressaut hydraulique [8]**

Les hauteurs  $h_1$  et  $h_2$  sont appelées profondeurs conjuguées du ressaut. La distance entre les sections 1 et 2 est appelée longueur du ressaut. La perte de charge est représentée par  $\Delta H$ .

### 1.4. Application des formules de calcul des débits

Les systèmes hydrauliques en charge sont exercés dans les ouvrages d'écoulement sous pression, Par exemple, les conduites forcées ou les réseaux de refoulement par stations de pompage, les conduites de convoyage ou d'aspiration, les conduites de vidange de réservoirs ou les réseaux sanitaires sous pression.

Quant à l'hydraulique à surface libre dont les eaux sont en contact s'applique par exemple pour les canaux naturels (rivière) et artificiels (irrigation, assainissement).

Un paramètre important détermine l'écoulement lorsqu'il est en charge ou en surface libre, à savoir le nombre de Reynolds, donnée par :

$$Re = \frac{V \times Dh}{\nu} \quad (1.8)$$

- Dans le cas d'une conduite circulaire de diamètre D, on retrouve  $Dh = D$ .
- Dans le cas d'une conduite circulaire de diamètre D, on parle d'une nouvelle grandeur géométrique dite rayon hydraulique dite  $R_h$ , donnée par :

$$R_h = \frac{Sm}{Pm} \quad (1.9)$$

Une autre expression est appelée coefficient cinétique et représente le double du rapport énergie cinétique/énergie potentielle de l'écoulement c'est le nombre de Froude pour les écoulements à surface libre, s'écrit comme suit:

$$Fr = \frac{U^2}{g \times h} \quad (1.10)$$

Où : U c'est la vitesse moyenne.

Quel que soit la forme du canal :

- Si  $Fr > 1$ , le régime est torrentiel ;
- Si  $Fr < 1$ , le régime est fluvial ;
- Si  $Fr = 1$ , le régime est critique. [8]

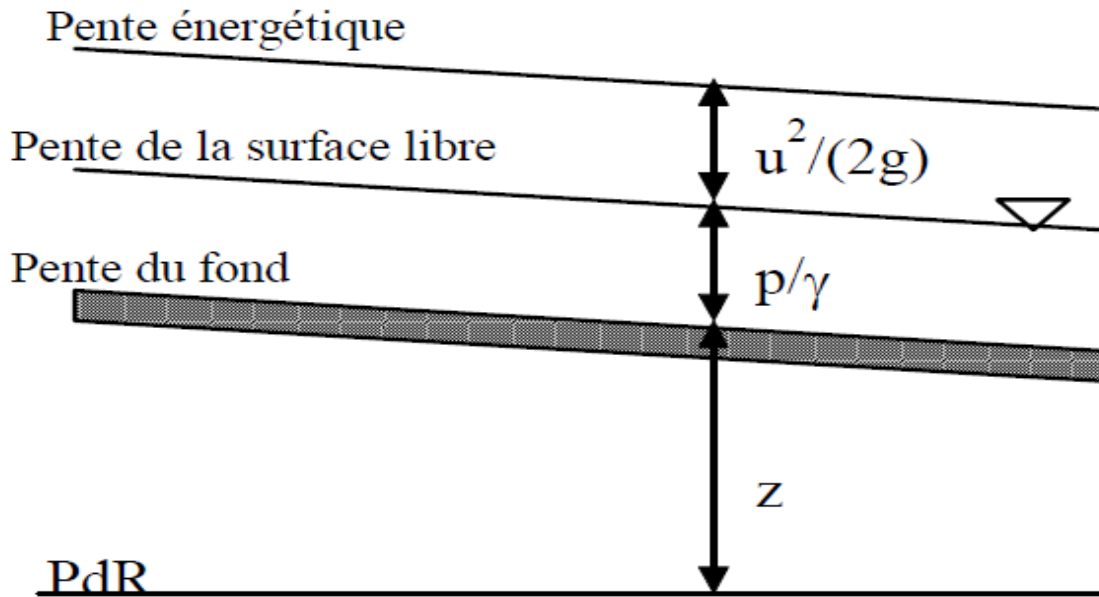
Dans l'écoulement en charge le rayon hydraulique est celui de la pleine section de l'ouvrage d'écoulement.

Lorsque l'écoulement est à surface libre, en régime permanent et uniforme qui se caractérise par une constance des paramètres hydrauliques, ainsi la vitesse moyenne, le tirant d'eau et donc le débit restent invariables dans les différentes sections du canal le long de l'écoulement.

Les lignes de courants sont rectilignes et parallèles et la pression verticale peut donc être considérée comme hydrostatique.

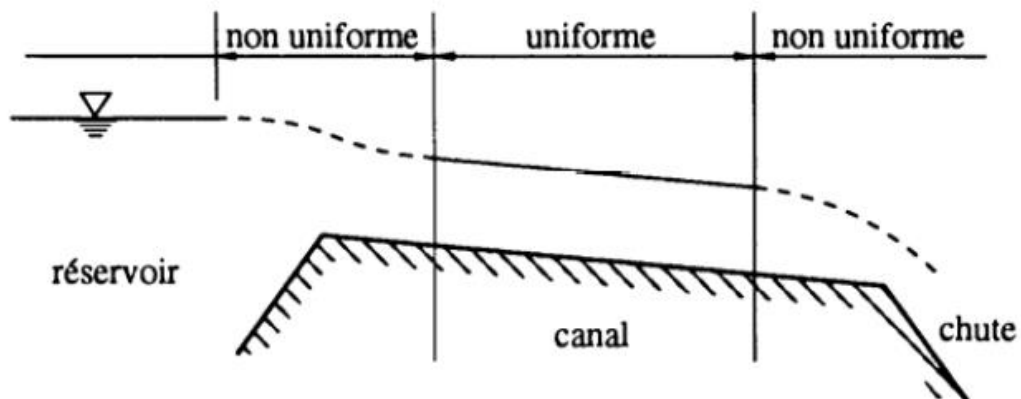
La pente de fond, la pente de la surface libre et la pente de la ligne d'énergie sont parallèles. [7]





**Figure 1.12. : Paramètres hydraulique d'écoulement uniforme et permanent [7]**

Dans les écoulements à surface libre, il est commode de considérer la charge par rapport au fond du canal que l'on désigne par la charge spécifique.



**Figure 1.13. : Illustration d'écoulement uniforme et non uniforme [7]**

Quand l'écoulement est turbulent, ce qui est le cas le plus courant en hydraulique, de nombreuses formules expérimentales ont été proposées pour tenir compte de l'écoulement turbulent pour des canaux rugueux.

La formule de Manning-Strickler est considérée comme une bonne approximation de la réalité.

$$C = K_s \times R_h^{1/2} \quad (1.11)$$

Ce qui donne :

$$I = \frac{U^2}{K_s^2 R_h^{4/3}} \quad (1.12)$$

Où

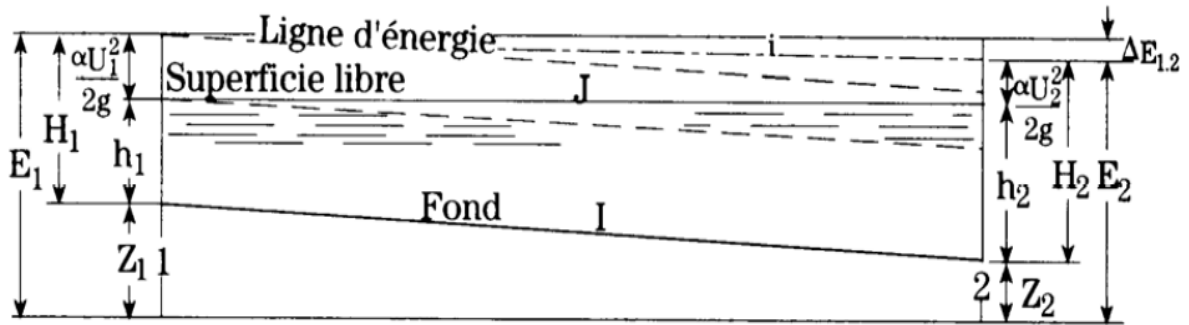
$R_h$  : Le rayon hydraulique

$K_s$  : coefficient de Strickler ( $m^{1/3}S^{-1}$ ) en  $n = 1/K_s$  le coefficient de Manning

Lorsque l'écoulement est à surface libre, en régime non permanent et non uniforme qui se caractérise une charge E ou énergie totale dans une section par rapport au plan de référence est la somme de trois termes ; la hauteur géométrique, la hauteur piézométrique et la hauteur cinétique.

$$E = z + h \times \cos(\theta) + \alpha \frac{U^2}{2g} \approx z + \alpha \frac{U^2}{2g} \quad (1.13)$$

La ligne de charge descend toujours dans le sens de l'écoulement. Entre deux sections, la charge E subit une variation correspondant aux pertes par frottement.



**Figure 1.14. : Les variations de la charge E ou l'énergie totale [7]**

La charge spécifique peut être définie par :

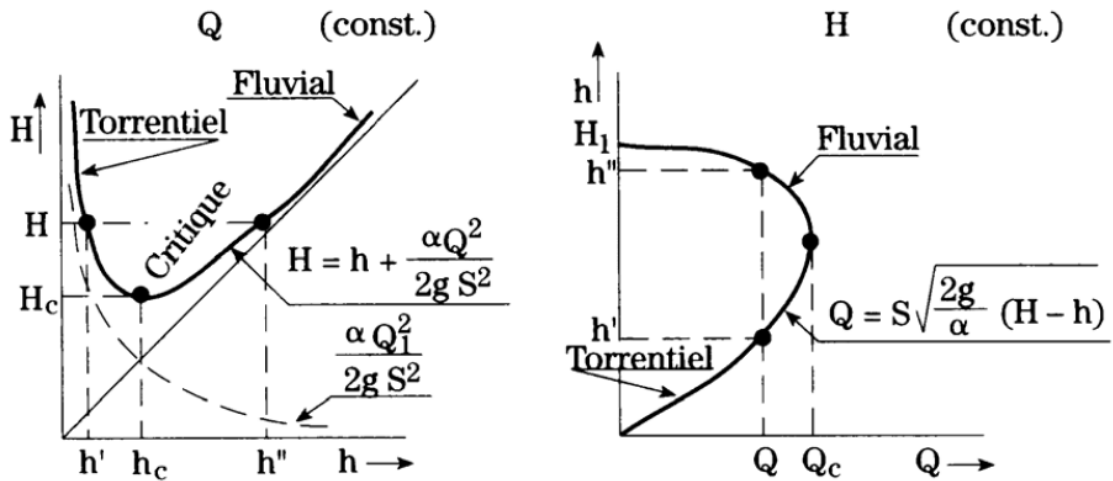
$$H = h + \alpha \frac{U^2}{2g} = h + \alpha \frac{Q^2}{2gs^2} \quad (1.14)$$

Avec

$\alpha$ : La masse volumique

Tandis que la charge totale E décroît toujours dans la direction de l'écoulement, l'énergie spécifique H par rapport au fond, peut rester constante comme dans le cas du régime uniforme, ou bien peut être croissante ou décroissante suivant les caractéristiques de l'écoulement.

L'équation de la charge spécifique H définit, pour une section donnée, un rapport entre H, h et Q valable pour n'importe quel type d'écoulement.



**Figure 1.15. : Débit et charge spécifique dans un mouvement graduellement varié [7]**

On voit que le même débit  $Q$ , avec la même charge spécifique  $H$ , peut s'écouler sous deux profondeurs différentes  $h'$  correspondant au régime torrentiel et  $h''$  correspondant au régime fluvial. [6]

### 1.5. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté une étude sur les mouvements des débits liquide avec ses différentes caractéristiques, sans oublier les paramètres nécessaire et la théorie de détermination de cette dernière.

**CHAPITRE 02**  
**APPAREILS ET METHODES DE MESURE**

## 2. Introduction

Des méthodes de mesure du débit précises et uniformes sont requises dans divers domaines, qu'il s'agisse d'effluents industriels, municipaux, agricoles ou autres. En effet, la mesure du débit répond à des objectifs multiples.

La mesure du débit est aussi nécessaire pour l'application des lois ; des règlements et des décrets approuvés.

Dans ce chapitre, on va essayer d'étudier des divers Appareils et méthodes de mesure.

### 2.1. Importance de mesure des débits

En raison de la nécessité de mesure des débits et son importance dans différents domaines de l'utilisation des fluides ; il existe de plusieurs types de ce dernier (flux) parmi ces types ce qui suit :

#### 2.1.1. Les mesures directes

Les mesures directes qui consistent en la mesure d'un profil de vitesses et d'une hauteur de liquide dans une section de géométrie connue ; l'intégration de la vitesse sur la section permet de calculer le débit ;

Principe :  $Q = v \times S$

Le flux est le produit de la section de la conduite par la vitesse moyenne de l'écoulement. Les appareils de mesure sont dans ce cas des compteurs ou bien des capteurs mesurant la vitesse de l'écoulement par l'intermédiaire d'un système rotatif pouvant être :

- A ailettes ;
- A hélice ;
- A turbine.

Ces compteurs sont intercalés entre deux éléments de la conduite. Certains types mesurent les vitesses sur la totalité du flux circulant dans la conduite et les traversant.

D'autres types comportent une conduite de dérivation et mesurent les vitesses sur cette conduite (le débit dans la dérivation étant proportionnel au débit total).

Certains compteurs appelés compteurs couplés ou compteurs combinés (ils sont branchés en série ou en parallèle) peuvent mesurer sur une même conduite des gammes de débits différents.

Ces compteurs sont directement gradués en valeur de débits, et sont appelés compteurs des débits par opposition aux compteurs de volume. La précision sur les débits mesurés varie suivant les types et le débit nominal entre 2 et 5 %. Parmi les autres types de compteurs de débits utilisables sur des conduites forcées, on peut citer également les débitmètres à flotteurs (gyromètres), les débitmètres électromagnétiques, les débitmètres électroniques à rotor et les débitmètres à ultrasons. [9]

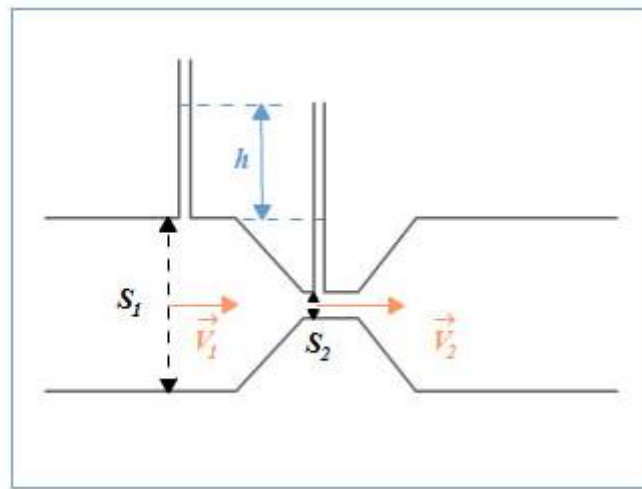
#### 2.1.2. Les mesures indirectes

La mesure indirecte qui consiste à mesurer la hauteur d'eau en amont d'un artefact permettant de lier directement cette hauteur d'eau au débit. Cet artefact est, peut être un canal jaugeur, ou bien un seuil déversoir.

### 2.1.2.1. Les canaux jaugeurs

Pour les canaux jaugeurs il en existe de plusieurs types mais tous ces canaux sont basés beaucoup plus sur l'effet Venturi. Un canal jaugeur modifie le cours rectiligne du conduit d'évacuation ; il est composé d'une partie convergente, d'une gorge où se fait l'effet Venturi et d'une section divergente d'évacuation. Les différentes sections peuvent contenir des pentes identiques ou différentes selon les types.

Le rétrécissement dans la gorge provoque une élévation du niveau à l'amont qui se stabilise à flux constant et dont créant un déversoir sans écran. La mesure de la hauteur à l'amont est donc proportionnelle au débit. [10]



**La Figure 2.1. : Présentation d'un tube de venturi [11]**

Avec

$S_1, S_2$  : sections

$V_1, V_2$  : vitesses

$h$  : dénivellation dans les tubes indiquant

### 2.1.2.2. Puits de mesure

Un puits de mesure se compose d'une cavité latérale reliée au conduit d'évacuation par un canal de petite section; ce canal peut être sous-marin ou (et) équipé d'une grille. Le but de ce puits est d'éviter :

- L'effet de vaguelettes ;
- L'ensablement ou l'obstruction du canal dans lequel est pratiquée la mesure de hauteur,
- L'effet de moussants éventuels.

### 2.1.2.3. Les déversoirs - principaux types

L'écran que constitue le déversoir provoque une remontée du niveau de l'eau à l'amont qui se stabilise à débit constant. La mesure de la hauteur à l'amont est donc proportionnelle au débit.

Au départ, nous savons que le niveau d'un canal commence à partir d'un certain point A de la surface en amont du barrage, et que la hauteur effective sur le seuil du déversoir est plus petite que celle du niveau du point A au-dessus de ce seuil.

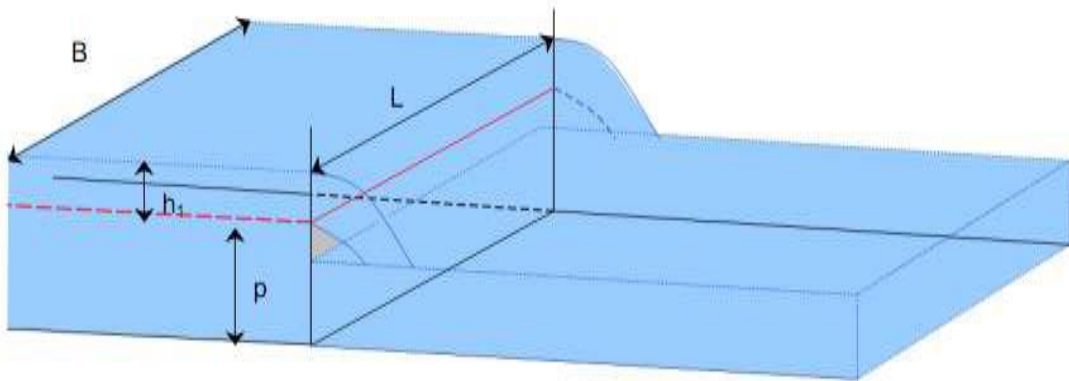
La partie principale du déversoir c'est une paroi verticale placée perpendiculairement à l'axe de l'écoulement est destiné à surélevé sa surface libre que l'on appelle Le seuil

La hauteur de charge  $h$  ainsi créée est une fonction de débit qui est variable suivant les caractéristiques du déversoir.

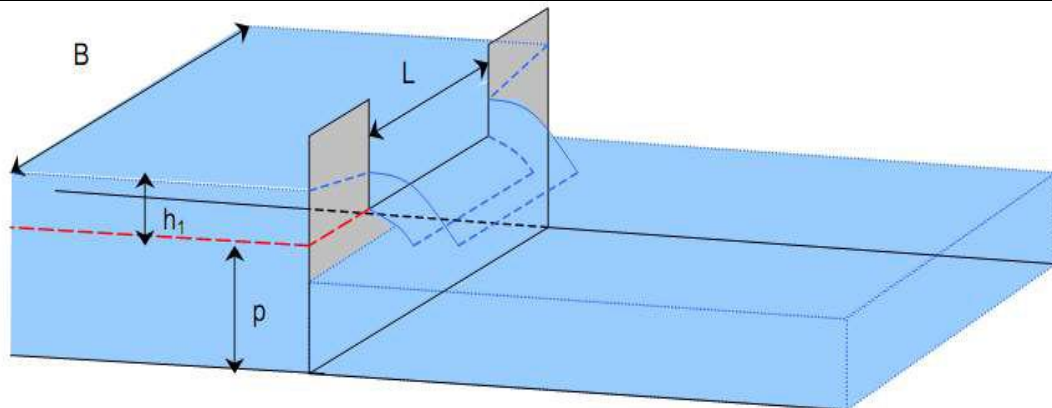
Il existe nombreux types de déversoirs classés selon de plusieurs critères comme par exemple Epaisseur de parois (déversoir à paroi épaisse ou seuil épais) et aussi La géométrie de l'échancrure (déversoir rectangulaire, triangulaire, trapézoïdale,

Circulaire et linéaire) ; parmi ces types le plus couramment rencontré est le déversoir à mince paroi, Ce dernier a trois types, qui sont les suivants

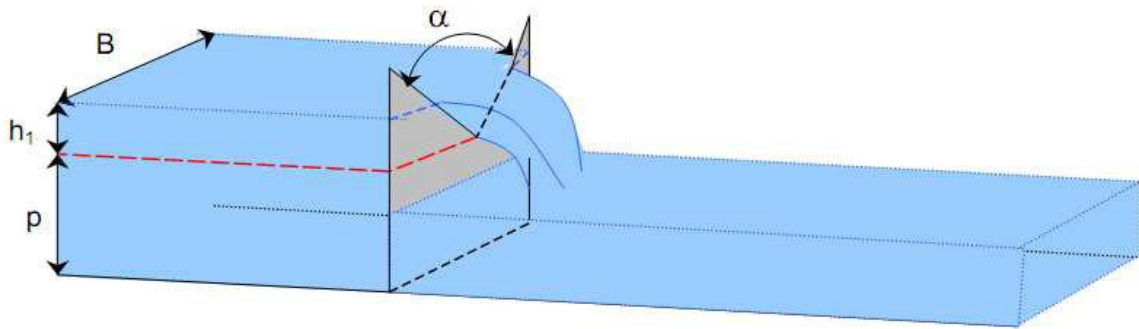
- Les déversoirs à mince paroi triangulaire
- Les déversoirs à mince paroi rectangulaire (sans contractions latérales)
- Les déversoirs à mince paroi rectangulaire (avec contractions latérales). [12]



**Figure 2.2. : Déversoir rectangulaire en mince paroi sans contraction latérale. [12]**



**Figure 2.3. : Déversoir rectangulaire en mince paroi avec contraction latérale. [12]**



**Figure 2.4. : Déversoir triangulaire en mince paroi partiellement contracté. [12]**

Avec

B : largeur d'écoulement ;

L : largeur d'écoulement sur le déversoir

## 2.2. Techniques de mesure des débits

Pour mesurer le débit il y a quatre techniques principales ; chaque technique dépend de la nature et des caractéristiques de fluide dont ils sont comme suit :

### 2.2.1. Techniques de mesure mécanique

Cette technique est comptée sur des appareils posés sur la canalisation (comme un compteur) pour mesurer le débit linéaire ou non linéaire, le débitmètre est une solution fiable pour la mesure du débit des liquides.

En fonction de la nature de fluide (compatibilités chimiques), de ses propriétés d'écoulement (viscosité, masse volumique, vitesse), et des contraintes de votre application (débit, pression, température). Ces compteurs généralement sont pour l'utilisation domicile ; la figure (2.5) montre un exemple de compteur mécanique des liquides. [13]



**Figure 2.5. : Le compteur mécanique (débitmètre). [13]**



### 2.2.2. Techniques de mesure manuelle

La méthode consiste à implanter dans l'écoulement une section de contrôle artificielle, permettant d'avoir un régime critique, veut dire une relation univoque entre le débit  $Q$  et la charge  $h$  (hauteur d'eau au-dessus du seuil).

Les principaux seuils utilisés sont les déversoirs en mince paroi ou de type épais, les canaux venturi (contraction latérale et seuil épais).

Dont ces seuils peuvent être installés de manière permanente, en prenant soin de disposer de solides ancrages, ou temporaire pour faire un jaugeage.

La méthode des seuils-jaugeurs portables est très utilisée dans les campagnes d'étiage portant sur des débits inférieurs à 100 l/s pour lesquels les autres techniques de jaugeages sont difficilement utilisables

### 2.2.3. Electromagnétique

Dans cette technique la mesure se fait en créant un champ magnétique alternatif perpendiculaire à l'écoulement.

Ce champ magnétique est créé à partir d'un ensemble de bobines magnétiques alimenté électriquement et placé de part et d'autre de la conduite ainsi que de deux électrodes percées transversalement à la conduite.

Ces électrodes affleurent la surface interne de la conduite de façon à ce qu'elles soient en contact avec le liquide, sans interférer avec l'écoulement et sans provoquer de perte de charge.



**Figure 2.6. : Ensemble d'équipement de mesure de débits électromagnétique [14]**

Cet exemple des débitmètres électromagnétiques figure (2.6) correspond à la mesure de débit de tous les liquides avec une conductivité minimale de  $5 \mu\text{S/cm}$  ( $20 \mu\text{S/cm}$  pour l'eau déminéralisée). Ces compteurs sont très précis et la mesure de débit est indépendante de la densité, de la température et de la pression du milieu. [14]

#### 2.2.4. Électronique

Le principe de cette technique est de détecter les signaux, tel que dans le cas de la détection des signaux à vis, le signal est obtenu sur le flanc de la vis avec un générateur d'impulsions.

Deux flancs sont détectés par rotation de la vis ce qui donne deux impulsions par rotation. Étant donné qu'une rotation de vis transporte exactement le volume de la chambre de mesure, deux impulsions sont ainsi générées par volume de chambre de mesure.

Ce type de détection de signal est une solution économique pour toutes les applications courantes de mesure de la consommation et du débit.



**Figure 2.7. : Débitmètre électronique [15]**

Ce type de débitmètre est conçu pour un minimum d'encombrement et d'une grande facilité d'utilisation, Il est destiné à des mesures mobiles, la calibration de débit, comparaison de données...etc., Il permet des mesures fiables sur une grande variété de liquides. [15]

### 2.3. Ouvrages de mesure des débits

La mesure des débits dépendra de également de l'ouvrage utiliser dont ils ont nombreux dans ce contexte on peut citer les ouvrages suivants :

### 2.3.1. Ouvrage mécanique (débitmètres)

Un débitmètre est un instrument utilisé pour mesurer le débit et la vitesse durant un intervalle de temps déterminé.

Où il y a plusieurs types de débitmètre, Ces appareils (ouvrages) se développent au fil du temps pour faciliter le processus mesure de débit ; parmi ces nombreux appareils on peut citer les suivants :

- Débitmètres à effet Coriolis.
- Débitmètres à palettes
- Débitmètres à pression différentielle.
- Débitmètres électromagnétiques.
- Débitmètres poly-phasiques.
- Débitmètres à turbine.
- Débitmètres à ultrasons.
- Débitmètres à effet vortex.



**Figure 2.8. : Présentation de fonctionnement d'un compteur mécanique [16]**

Pour être opérationnel, un nouveau compteur d'eau, dans sa version classique, intègre plusieurs éléments de base, dont :

- Une canalisation
- Un ou plusieurs pistons
- Des ailettes
- Un cadran
- Un volet mobile
- Un scellé

Au niveau du cadran figurent notamment les modules vous permettant de lire facilement le compteur d'eau froide. Ce sont, par exemple :

- La marque de fabrication
- La classe métrologique

- Le débit nominal
- Un totalisateur numérique ou analogique (en hectolitre, décalitre et en litre)
- La pression maximale admissible
- Le dixième de litre
- Le numéro de série

L'eau passant à travers le dispositif actionne les ailettes ou pistons intégrés qui vont ensuite enclencher le mécanisme d'engrenage constitué notamment d'une série de roues dentées. À l'image d'un moulin à eau, plus le débit de la canalisation augmente plus la vitesse de rotation du mécanisme est élevé. Autrement dit, la vitesse de rotation des roues dentées reste proportionnelle au volume d'eau acheminé à travers la canalisation. Aussi, dépendamment du modèle choisi, la lecture du compteur se fait généralement en décilitres, alors que la facturation s'exprime en mètre cube.

En revanche, un compteur d'eau sert uniquement à mesurer la consommation hydrique de votre réseau : il reste insensible aux impuretés de l'eau acheminée et aux petites fuites que votre réseau pourrait contenir. [16]

### 2.3.2. Déversoir, venturi et vanne écluse

Dans la technique manuelle de mesure des débits on trouve trois types des ouvrages qui sont les suivants :

#### 2.3.2.1. Les déversoirs rectangulaires en mince paroi

Le déversoir normalisé est composé d'une échancrure rectangulaire, symétrique dans une mince paroi verticale.

Toute la paroi doit être lisse et unie, surtout sur la partie amont. Elle doit être perpendiculaire aux parois et au fond du canal.

La crête du déversoir doit être une surface plane horizontale, perpendiculaire avec la face amont de la paroi du déversoir.

L'intersection de ces deux surfaces doit être rectiligne et à arête vive. La largeur de la surface de la crête (mesurée perpendiculairement à la face de la paroi) doit être égale à 2 mm.

$$Q = C_e \times \frac{2}{3} \times \sqrt{2g} \times b_e \times h_e^{3/2} \quad (2.1)$$

Avec :

Q : le débit (m<sup>3</sup>/s);

C<sub>e</sub> : le coefficient de débit;

b<sub>e</sub> : largeur effective ;

h<sub>e</sub> : la hauteur effective,

Ces valeurs b<sub>e</sub> et h<sub>e</sub> sont calculées de la manière suivante :

$$h_e = h + 1 \text{ mm} \quad (2.2)$$

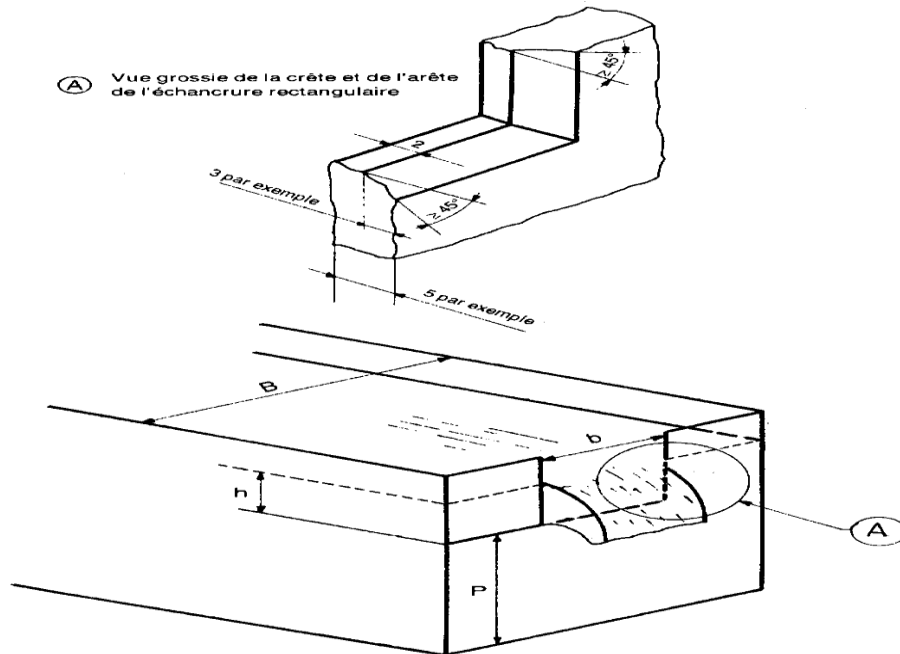
$$b_e = b + k_b \text{ [17]} \quad (2.3)$$

La valeur de  $k_b$  est donnée par le tableau suivant :

**Tableau 2.1. : Valeur de  $k_b$  [17]**

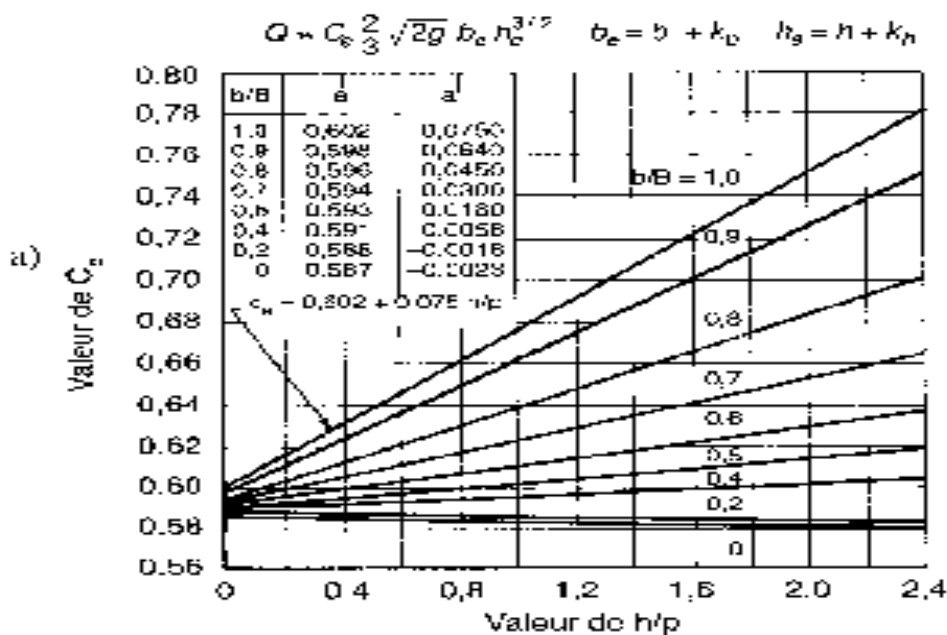
$\frac{b}{B}$	$k_b$ (mm)
0	2.4
0.2	2.4
0.4	2.7
0.6	3.6
0.8	4.2
1	- 0.9

La figure suivante donne la représentation des paramètres de l'équation (2.1)



**Figure 2.9. : Déversoir rectangulaire à mince paroi. [18]**

Les valeurs de  $C_e$  est donnée par la figure 2.10



**Figure 2.10. : Valeurs de Ce pour déversoir en mince paroi. [18]**

### 2.3.2.2. Le venturi

Le type du Venturi suivant est utilisés pour la mesure de débit de rejets en caniveaux ouverts, et peuvent être directement adaptés aux canaux en construction ou déjà construits. Contrairement aux déversoirs, aucun dépôt ou accumulation de particules n'est à craindre de par sa construction. [19] :

$$Q = \left(\frac{2}{3}\right)^{3/2} \times \sqrt{g} \times C_v \times C_d \times C_s \times h^{3/2} \times b \quad (2.4)$$

Avec

Q : débit (m<sup>3</sup>/s) ;

C<sub>v</sub> : coefficient sans dimension tenant compte de l'influence de la vitesse d'approche sur le niveau mesuré en amont du canal jaugeur (sans unité);

C<sub>d</sub> : coefficient de débit (sans unité);

b : largeur du col (m) ;

h : tirant d'eau au niveau de la section de mesure (m).

$$C_d = \left(1 - \eta \frac{0.006 \times L}{b}\right) \times \left(1 - \frac{0.003 \times L}{h}\right)^{3/2} \quad (2.5)$$

$$C_v^{2/3} - 1 = \frac{4}{27} \times C_v^2 \times C_s^2 \times \frac{(b - 0.006 L)^2 \times (h - 0.003 L)^2}{A^2} \quad (2.6)$$

Avec

$$\eta = \sqrt{1 + m^2} - m \quad (2.7)$$

L : longueur de la section prismatique de la contraction (m)

A : section du canal d'approche (amont du venturi)

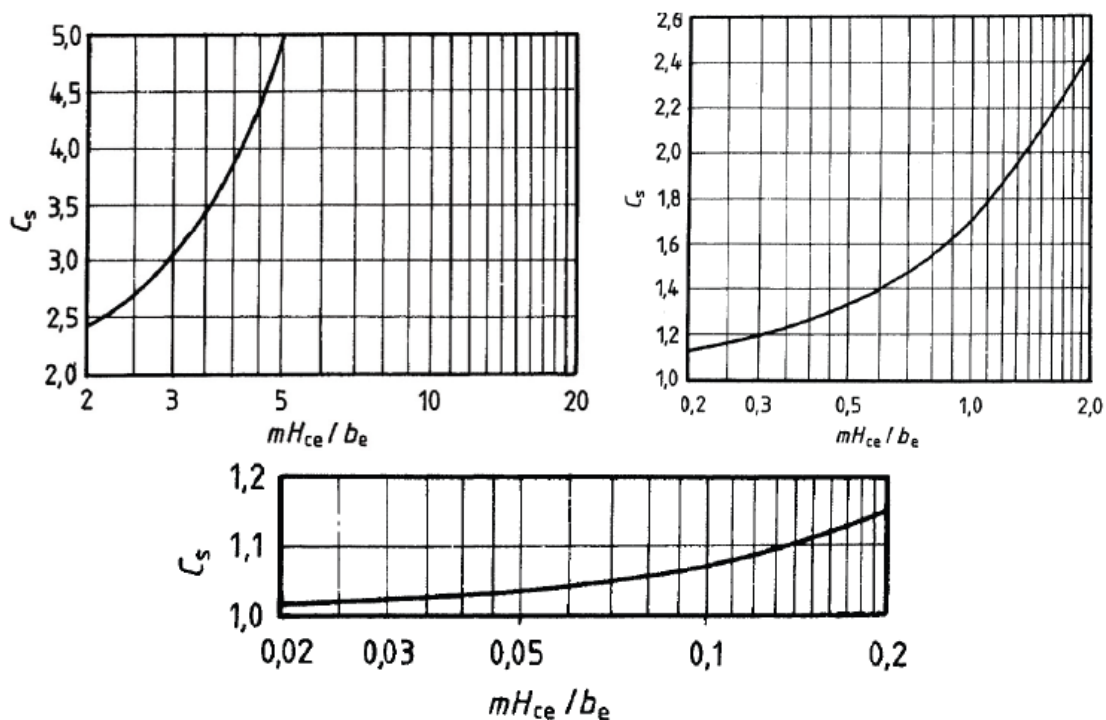
$$A = B \cdot h \quad (2.8)$$

B : Largeur du canal d'approche,

h : tirant d'eau au niveau de la section de mesure (m),

$m$  : inclinaison des parois du canal jaugeur (fruit des berges).

Le coefficient  $C_s$  est obtenu en numérisant (utilisation de fonctions d'interpolation de type spline) les courbes suivantes



**Figure 2.11. : Graphique représentant le coefficient  $C_s$  [19]**

Avec

$$m \times \frac{Hce}{be} = m \times \frac{h - 0,003 L}{b - 0,006 L} \times C_v^{2/3} \quad (2.9)$$

$Hce$  : Charge spécifique dans le col à la hauteur critique (m),

$be$  : Largeur du col (m) ;

L'objectif consiste donc à se fixer les variables suivantes :

$h$  : tirant d'eau dans le canal d'approche du venturi (m) ;

$m$  : le fruit des berges ;

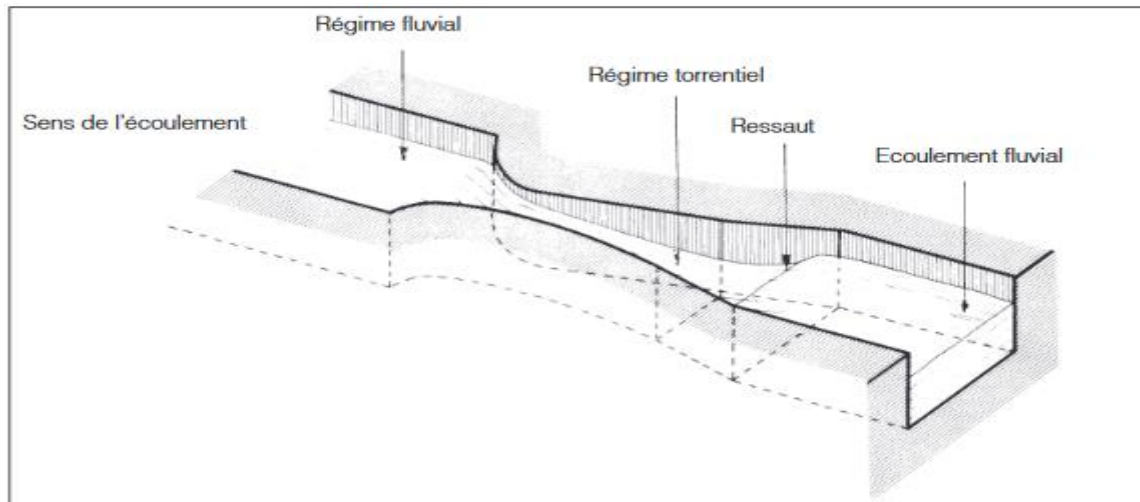
Forme du canal d'approche (canal rectangulaire de largeur  $B$ ),

$L$  : longueur du canal jaugeur ;

Le calcul consiste à déterminer les variables :

$Q$  : Débit ( $m^3/s$ ),

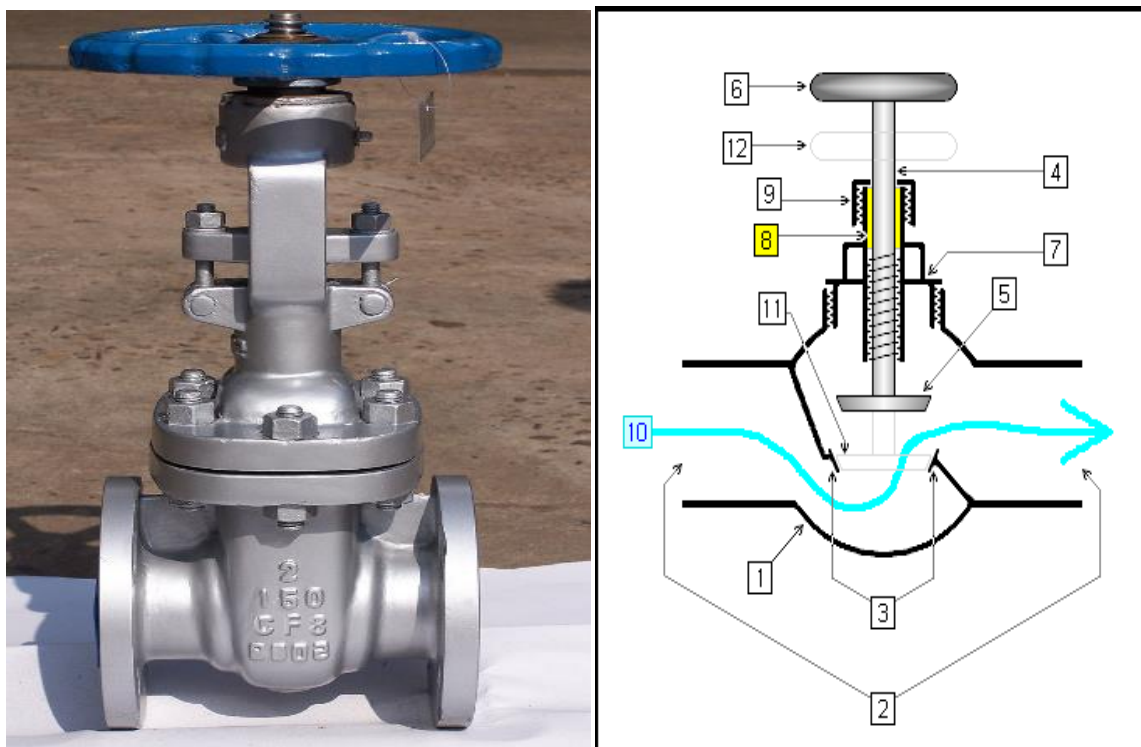
$C_s$  : Facteur de forme des canaux jaugeurs à col trapézoïdal, et  $C_v$ .



**Figure 2.12. : Schéma représentatif de venturi [20]**

### 2.3.2.3. Vanne écluse

Est un dispositif qui permet l'ouverture réglable de la paroi verticale barrent l'écoulement (stopper ou modifier) dans une conduite ou une canalisation.



**Figure 2.13. : La vanne écluse. [21]**

1. Corps;
2. Voie ou passage;
3. Portée ou siège ;
4. Axe ou tige ;
5. Opécule, obturateur ou rotor, tels que : boisseau, papillon, guillotine, sphère ou boule...



6. Volant ou actionneur: élément extérieur à la vanne stricto sensu, qui permet de manœuvrer celle-ci ;
7. Chapeau ou bonnet;
8. Garniture de presse-étoupe: qui permet de maintenir l'étanchéité;
9. Écrou de presse étoupe;
10. Sens d'écoulement du fluide;
11. Position de l'opercule lorsque la vanne est fermée;
12. Position du volant lorsque la vanne est fermée.

Pour un certain débit, lorsque la hauteur d'ouverture de la vanne est suffisamment réduite, l'écoulement devient torrentiel (nombre de  $F = \frac{V^2}{gh} > 1$ ) et il se produit un ressaut dans la partie aval de l'écoulement.

La mesure des deux niveaux d'eau aval (avant et après le ressaut) permet également le calcul du débit [9] ;

La formule employée est :

$$Q = K \times b \times \sqrt{2g \times h_1 \times h_2 \times \frac{h_1 + h_2}{2}} \quad (2.10)$$

#### 2.4. Appareils de mesure des écoulements en charge

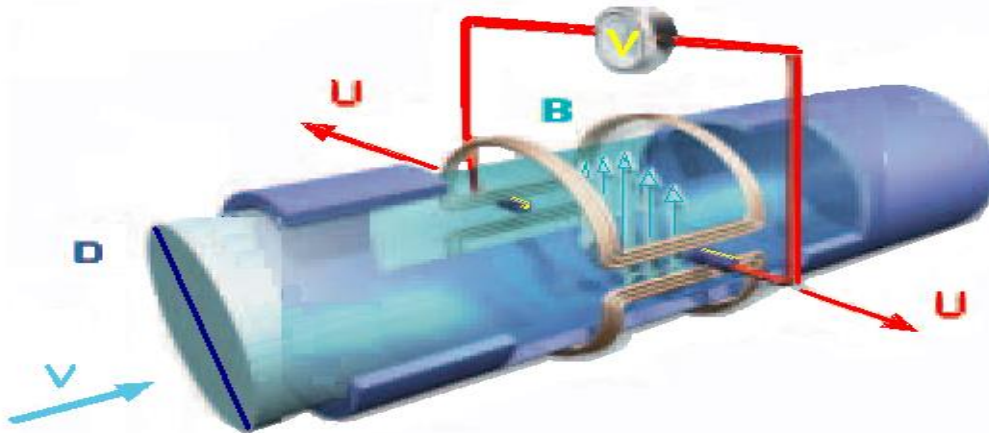
La mesure du débit sur une conduite fermée dont l'écoulement se fait sous pression peut être effectuée par des débitmètres ainsi que par des compteurs. Dans ce type d'écoulement, la mesure du débit se base sur différents principes en fonction du type d'équipement en place. L'équipement choisi doit être adapté à la gamme du débit à mesurer et à la nature du liquide.

Le choix entre un compteur et un débitmètre est fonction des besoins et des exigences de suivi de l'effluent ; on mentionne ce qui suit :

- Compteur combiné
- Compteur proportionnel
- Débitmètres à insertion
- Débitmètres à ultrason (débitmètre à effet doppler, débitmètre à battement de fréquence, débitmètre à différence de temps de transit, dispositions technologiques, aspect hydraulique)
- Débitmètres fluidique ou pseudo-fluidique (débitmètre à effet vortex)
- Débitmètres à turbine ou à hélice (compteur d'eau à turbine). [17]

### 2.4.1. Débitmètre électromagnétique (d.e.m)

C'est un débitmètre qui crée un champ magnétique peut être placée perpendiculaire à l'écoulement (au tube ou canal), dont le terme principale provient d'une tension induite par le champ magnétique dans la boucle formée par les fils cette boucle se referme entre deux électrode par le courant traversant le liquide, qui permet de déduire le débit à partir de la force électromotrice induite (f.e.m.) produite par le déplacement du fluide conducteur dans le champ magnétique.



**Figure 2.14. : Le débitmètre électromagnétique [22]**

En réalité, il reste toujours une faible valeur résiduelle. En traversant un champ magnétique ( $B$ ). Une tension ( $U$ ), directement proportionnelle à la vitesse moyenne d'écoulement ( $V$ ), est induite dans le fluide et la distance ( $D$ ) des électrodes. Un débitmètre électromagnétique comprend un élément primaire et un ou plusieurs éléments secondaires. Ce type de débitmètre nécessite que le fluide ait une conductivité électrique suffisante. [22]

## 2.5. Appareils de mesure des écoulements à surface libre

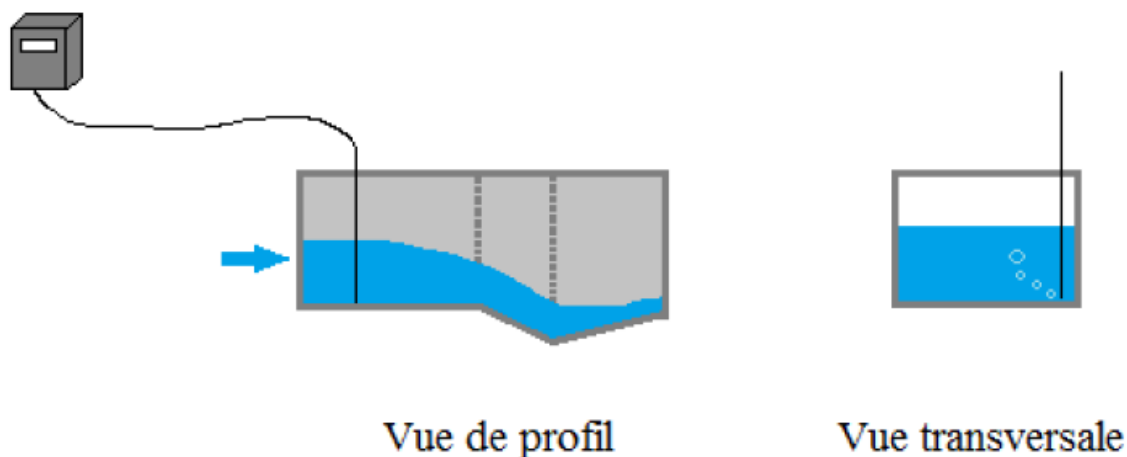
Il existe une grande quantité des appareils qui permet de mesuré globalement les débits des écoulements à surface libre.

### 2.5.1. Appareils bases sur la pression différentielle

Les appareils de mesure par la pression se fait par deux types qui sont les suivants :

#### 2.5.1.1. Débitmètre bulle à bulle

Le débitmètre bulle à bulle se compose d'une canne de bullage (tube pneumatique) installée à la section de mesurage et reliée à un boîtier installé à l'extérieur de l'élément primaire.



**Figure 2.15. : Débitmètre bulle à bulle avec canne de bullage [2]**

Le compresseur interne du boîtier pousse de l'air dans la canne de bullage. La profondeur de l'eau est déterminée par la mesure de la pression nécessaire pour forcer l'air à sortir du tube en s'opposant à la pression de l'eau. La différence de pression, mesurée par le capteur hydrostatique, est proportionnelle à la mesure de niveau d'eau. La profondeur d'eau ainsi obtenue est convertie en débit sur la base des tables hauteur – débit intégrées à l'appareil, et sélectionnées selon le type d'élément primaire utilisé.

### 2.5.1.2. Sonde hydrostatique

La sonde hydrostatique est immergée au fond du canal et mesure la pression ( $p$ ) pour déterminer le niveau d'eau ( $h$ ) (Figure 2.15) selon la formule suivante :

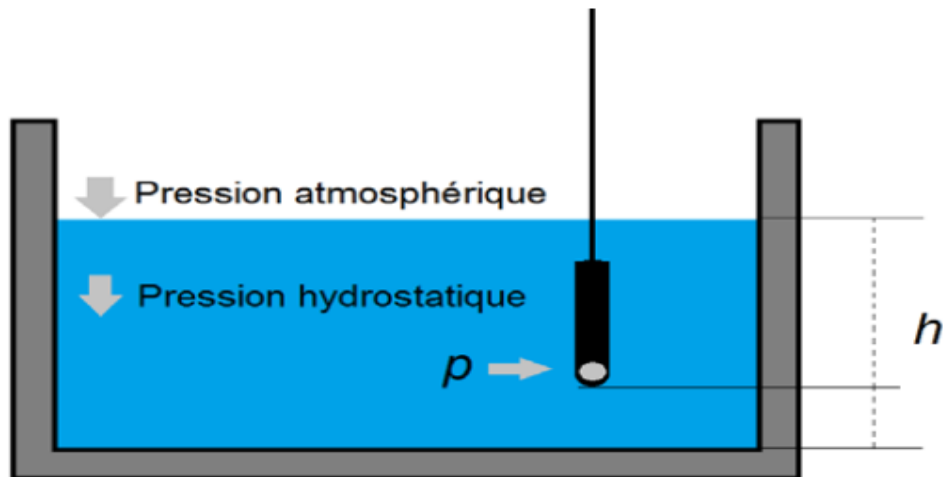
$$h = \frac{p}{\rho \times g} \quad (2.11)$$

Avec

$p$  : pression totale (pression hydrostatique + pression atmosphérique);

$\rho$  : densité du liquide;

La sonde est munie d'une cellule de mesure céramique qui détecte les changements de pression hydrostatique correspondant aux variations de hauteur d'eau, tout en détectant et en compensant les modifications de pression atmosphérique qui résultent des conditions météorologiques changeantes lorsque le capteur est équipé d'un dispositif adapté de mise à la pression atmosphérique. Elle permet une mesure précise du niveau d'eau dans la section de mesure, quelles que soient les conditions environnantes. La sonde est associée à un transmetteur qui fait la conversion de la hauteur mesurée en débit. [2]



**Figure 2.16. : Fonctionnement d'une sonde hydrostatique [2]**

### 2.5.2. Appareils bases sur le temps de parcours

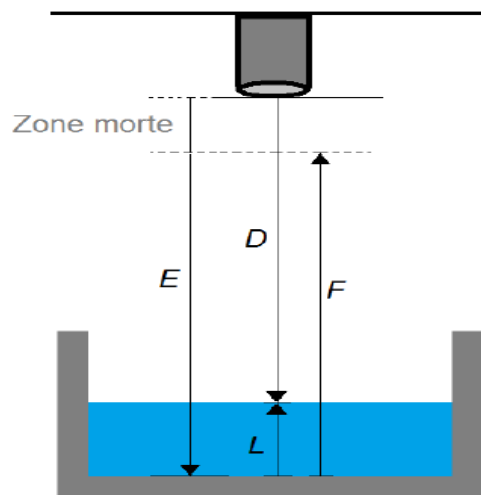
Un appareil fonctionnant sur le principe du temps de parcours ne mesure pas directement le niveau d'eau, mais plutôt la distance entre le capteur et un point de référence. Le niveau d'eau est donc obtenu par soustraction de la distance entre le capteur et la surface de l'écoulement (Figure 2.16).

Ainsi, la distance (D) mesurée par l'appareil est proportionnelle au temps de parcours (t) de l'impulsion, où (c) est la vitesse du son (330 m/s) dans le cas d'un capteur ultrasonique ou la vitesse de la lumière (300 000 km/s) pour un capteur radar (le radar propage des impulsions radioélectriques dans l'air à la vitesse de la lumière), selon l'équation suivante :

$$D = c \times \frac{t}{2} \quad (2.12)$$

La distance E est connue par le système (elle correspond au niveau zéro), il est donc possible de calculer ainsi la hauteur d'eau L :

$$L = E - D \quad (2.13)$$



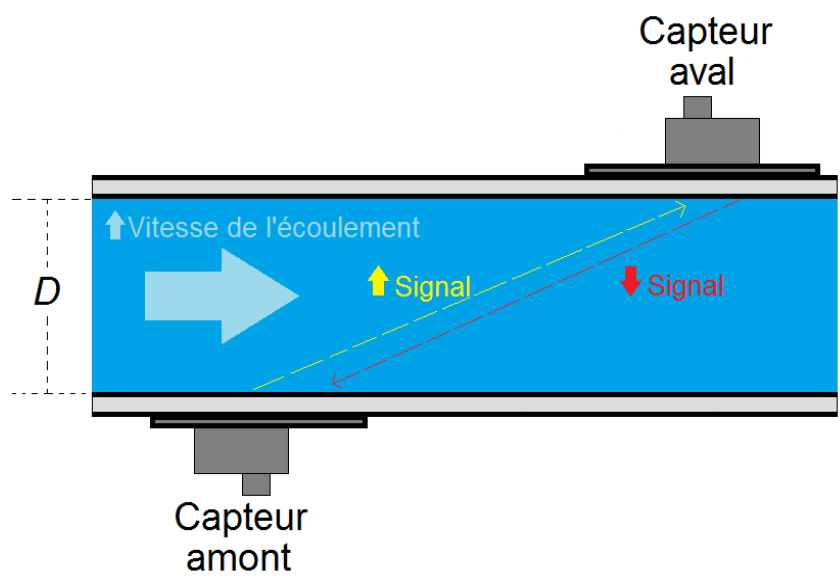
$D$	Distance entre le capteur ultrasonique et la surface de l'écoulement
$E$	Niveau zéro
$F$	Étendue de mesure
$L$	Hauteur d'eau

**Figure 2.17. : Mesure de niveau par capteur ultrasonique [2]**

### 2.5.2.1. Débitmètre ultrasonique

Le capteur ultrasonique suspendu au-dessus de l'écoulement émet des impulsions sonores en direction de la surface de l'écoulement, où elles sont réfléchies et à nouveau reçues par le capteur (Figure 2.16). Le temps écoulé entre les signaux transmis et renvoyés détermine la hauteur d'eau.

Connaissant l'élément primaire utilisé (ex: canal Parshall, déversoir, etc.), on détermine le débit selon la hauteur d'eau, en utilisant l'une des conversions de débit intégrées à l'appareil ou une relation hauteur – débit. [2]



**Figure 2.18. : Débitmètre à ultrason. [2]**

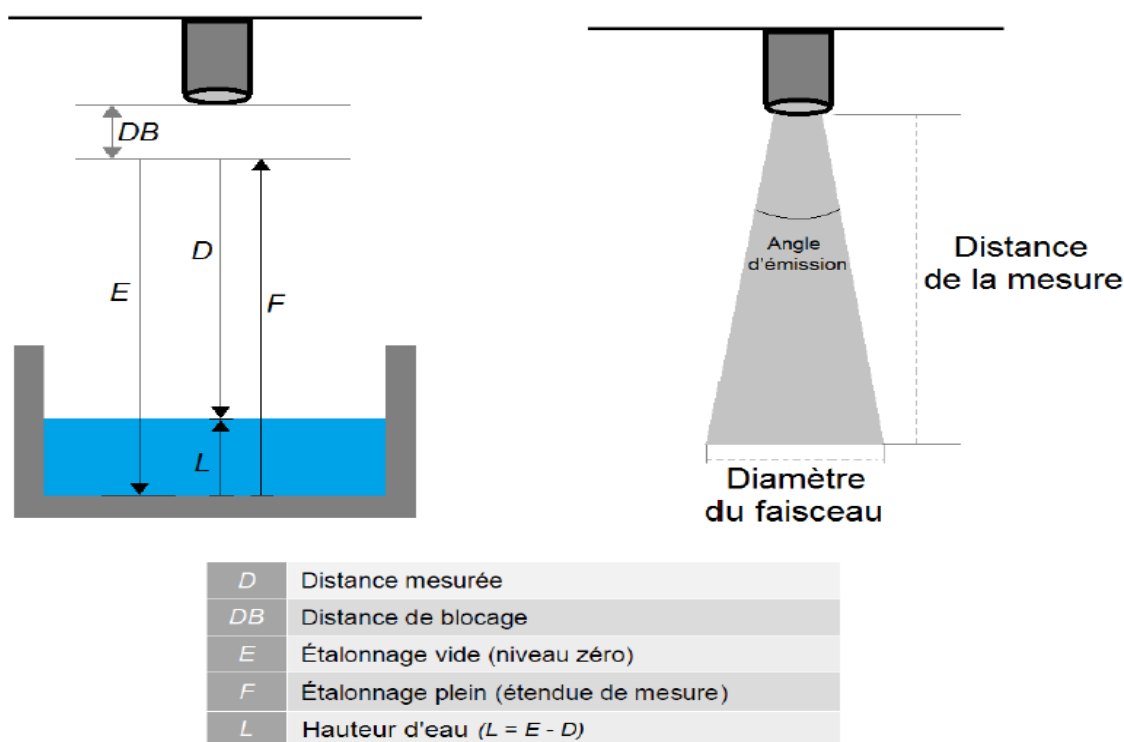
### 2.5.2.2.Appareil radar

La mesure de niveau par appareils radars s'effectue selon deux méthodes, soit par des ondes libres sans contact ou par des ondes guidées immergées (aussi nommées filoguidées). Dans le premier cas, le capteur est installé au-dessus de l'écoulement (Figure 2.18). L'appareil radar guidé comporte pour sa part une tige ou un câble en contact avec le liquide (Figure 2.19).

#### - Radar à ondes libres sans contact

Préalablement à son utilisation, on ajuste l'appareil en entrant le niveau zéro (E) et le niveau maximal correspondant à l'étendue de mesure (F) (Figure 2.18). Théoriquement, il n'y a pas de zone morte pour ce type d'équipement, la mesure étant possible jusqu'à l'antenne. En pratique, une distance de blocage (DB) prédéfinie, dans laquelle le signal n'est pas analysé, est possible. Cette zone peut être utilisée pour supprimer les signaux parasites à proximité de l'antenne, comme les effets de la condensation.

Des impulsions radars envoyées par l'antenne sont réfléchies par la surface de l'écoulement et à nouveau détectées par l'antenne du radar. Le microprocesseur évalue les signaux et identifie l'écho de niveau engendré par la réflexion des ondes radars sur la surface de l'écoulement. Le temps de parcours de l'impulsion radar réfléchi est directement proportionnel à la distance parcourue. [2]

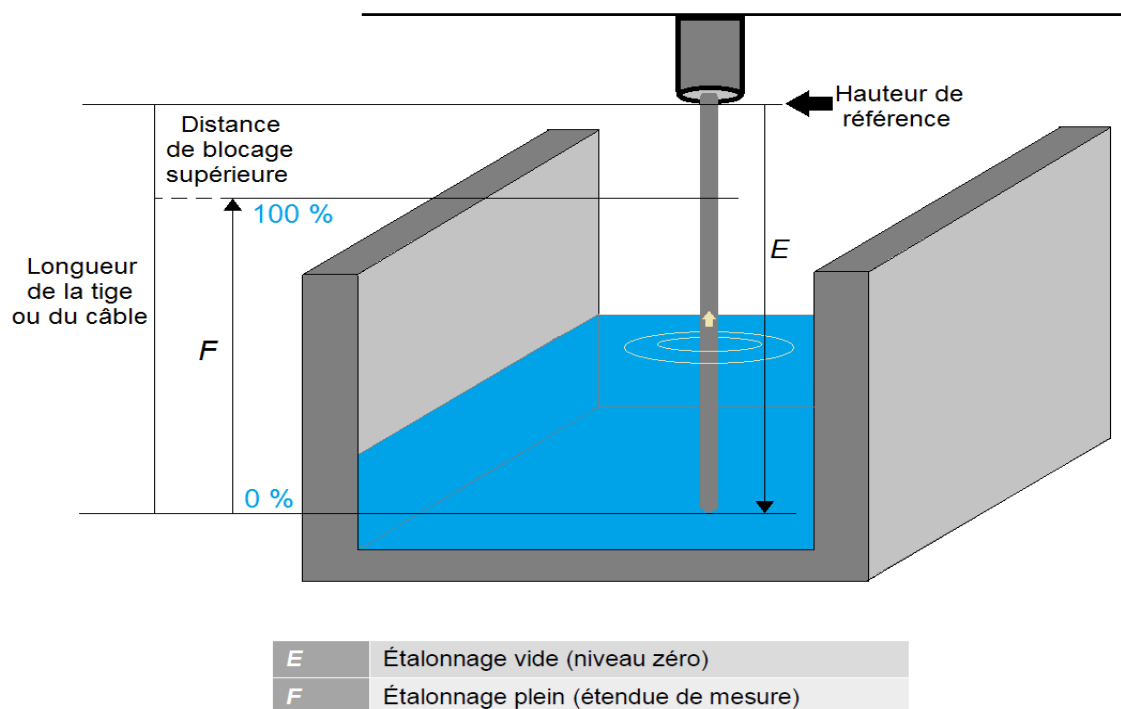


**Figure 2.19. : Mesure du niveau par radar à ondes libres [2]**

### - Radar à ondes guidées immergées

Les impulsions sont propagées le long de la tige ou du câble en acier inoxydable. Lorsque les impulsions atteignent la surface de l'écoulement, une partie de l'énergie de l'impulsion s'y reflète et retourne au circuit électronique (Figure 2.19). Le temps de propagation entre l'émission et la réception des signaux est proportionnel au niveau d'eau.

L'intervalle de mesure de cet appareil dépend de la longueur de la sonde, et il demeure possible de la raccourcir en cas de besoin. [2]



**Figure 2.20. : Mesure de niveau par radar à ondes guidées immergées [2]**

## 2.6. CONCLUSION

Les méthodes qui permettent de mesurer directement ou indirectement une partie du débit sont nombreuses ; ils dépendent des caractéristiques du fluide (Nature du fluide (liquide chargé, conducteur...), viscosité, régime d'écoulement, température, pression, agressivité, compressibilité, Sans oublier les caractéristiques de l'installation qui sont : diamètre de canalisation, perte de charge engendrée, étalonnage.

## **CHAPITRE 03**

### **PRESENTATION ET DESCRIPTION DE LA STEP AIN EL HOUTZ**



### 3. Introduction

La station d'épuration de la ville de Tlemcen se situe au nord du chef-lieu de « Tlemcen-Ville», à l'ouest de Chetouane « Daïra » sur la Route de Ain El Houtz ; la Station d'épuration (STEP) d'Aïn El Houtz a été certifiée tout récemment, à la norme internationale ISO 14001, elle a été aussi conçue pour une population de 150 000 eq/hab. D'une capacité de 30 000 m<sup>3</sup>/j, dans ce chapitre, on va étudier les mécanismes de mesure de ce débit dans la station. [23].

#### 3.1. Importance de la mesure au niveau des step

Les débits d'eaux usées à considérer dans l'étude des réseaux d'assainissement correspondent essentiellement aux pointes actuelles et/ou futures qui conditionnent la détermination des sections des canalisations en système séparatif et, dans certains cas, en système unitaire; ces eaux est dirigées vers les station d'épuration et pour cette raison on doit connaître le volume de cette dernière dont il faut qu'il respecte la capacité de la station (ouvrages et moyens de traitements) celui la assure le bon fonctionnement (traitement des eaux) de la station.

#### 3.2. Débits traité par la step

La station d'épuration d'Aïn El Houtz a été dimensionnée pour épurer les eaux usées d'origines domestiques et pluviales et pour recevoir les débits suivants :

Débit journalier 30 000 m<sup>3</sup>/j

Débit de pointe horaire admis au traitement 3 800 m<sup>3</sup>/h

Avec une population de 150 000 eq/hab. [23]

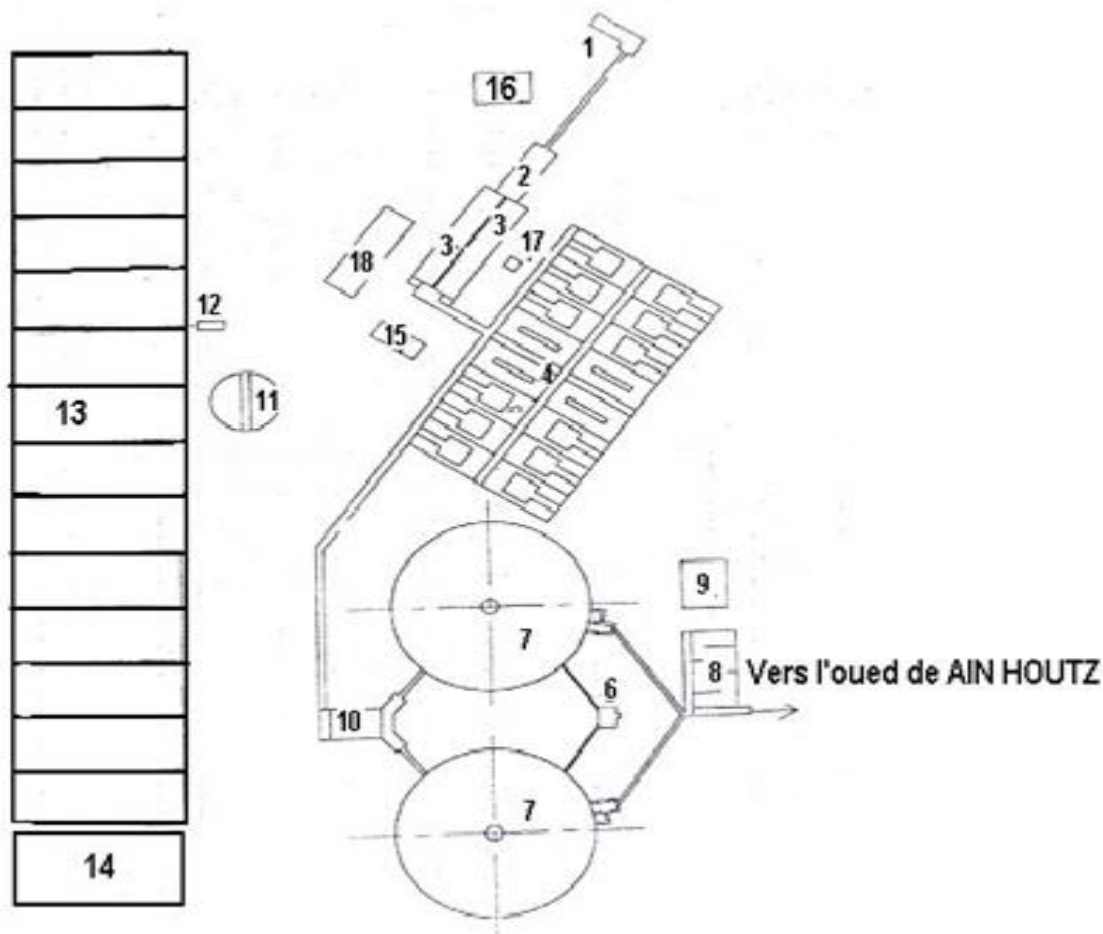
Les débits de base de la station sont dans le tableau suivant :

**Tableau 3.1. : Les valeurs de base des débits de la STEP de Ain El Houtz. [23]**

Paramètres	Unité	Valeurs
Population	Eq/hab	150000
Débit journalier	M <sup>3</sup> /j	30000
Débit de pointe horaire admit par le traitement	M <sup>3</sup> /h	3800

##### 3.2.1. Ouvrages de la step d'Aïn el-Houtz

La station d'Aïn El Houtz qui a été dimensionnée pour épurer les eaux usées d'origines domestique et pluviales, ce processus passe par les ouvrages suivants [24]:



**Figure 3.1. : Un schéma approximatif à la station d'Ain El houtz. [24]**

- 1 : déversoir d'orage
- 2 : dégrillage
- 3 : déssableur-déshuileur
- 4 : bassin de nitrification dénitrification
- 5 : bassin d'aération
- 6 : tour de répartition
- 7 : clarificateur
- 8 : bassin de chloration
- 9 : bâtiment de chloration
- 10 : tour de recyclage
- 11 : épaisseur
- 12 : bâtiment des pompes a boue épaisses
- 13 : lits de séchages
- 14 : aire de stockage des boues séchées
- 15 : bâtiment de supresseur
- 16 : Lit de sable
- 17 : bâtiment d'exploitation. [24]



**Figure 3.2. : Photos satellitaires de la STEP de Ain El Houtz-Tlemcen [29]**

### 3.2.1.1. Déversoir d'orage

Le déversoir de pluie de la station est installé en amont de la station pour évacuer le débit excédentaire dans la dérivation générale de la station. La hauteur des aubes de trop-plein sera adaptée à une charge de  $3300 \text{ m}^3 / \text{h}$ . Les eaux usées à traiter atteignent le haut du premier canal de traitement par une conduite d'un diamètre de 800 m par gravité, que l'on appelle le raccordement entre les ouvrages. [23]



**Figure 3.3. : Photos de déversoir d'orage**

### 3.2.1.2. Deux dégrilleurs

Dans la station d'Ain El Houtz existe deux types des grilles, une grille grossière manuelle d'une largeur de 1.8 m, son inclinaison est de 70 %. [23]

L'écartement entre les barreaux est de 50 mm une grille mécanisée il en existe 2 unités dont la largeur est de 1.0 m. La profondeur de chenal est de 1.5 m, l'écartement entre les barreaux est 20 mm. [23]





**Figure 3.4. : Photo de la grille mécanisée (2 unités)**

### **3.2.1.3. Dessableur-deshuileur**

L'ouvrage est une structure longitudinale ce compose à deux compartiments et se compose aussi de canaux trapézoïdaux en béton armé. De l'air est insufflée à travers le suppresseur pour former une émulsion, ce qui peut par conséquence améliorer la séparation du sable et de la graisse. Les lames de séparation peuvent séparer la graisse de la zone de raclage d'huile. L'eau prétraitée est évacuée et drainée à travers des canaux ouverts par gravité pour un traitement ultérieur. [25]



**Figure 3.5. : Photo du déssableur- déshuileur. [26]**

Les deux déssableurs déshuileurs ont les dimensions unitaires suivantes :

- Longueur : 26m,
- Largeur : 4 m,
- Hauteur : 9 m [23]

L'entrée des déssableurs-déshuileurs ont équipées des batardeaux pour permettre la séparation en cas des interventions. Les sables décantent et se retrouvent au fond de l'ouvrage dans une partie approfondie. Les grains de sables ainsi décantés dans la fosse sont extraits par le système air lift et stockés dans des bacs à sables. [26]



**Figure 3.6. : Photo des bacs à sable. [26]**

Les dimensions des bacs sont:

- largeur : 2 m,
- longueur : 3 m,
- profondeur : 0.8 m. Dans la station de Ain El Houtz, il existe deux bacs pour chaque déssableur. [24]

#### **3.2.1.4. Bassins d'aération**

Chaque bassin de forme rectangulaire a une longueur de 55.5 m, une largeur de 18.5m, une profondeur d'eau de 4.6 m et une hauteur de 5.6m. Le volume d'un bassin de 4723m<sup>3</sup>. [26]

Le bassin d'aération est équipé de :

- 04 vis d'Archimède (débit unitaire 1300 m<sup>3</sup>/h), pour la recirculation interne de la liqueur mixte afin d'éliminer l'azote dans le bassin d'anoxie.
- 04 mélangeurs submersibles de 4 kW chacun pour l'homogénéisation (en panne).
- 04 déversoirs.
- 12 aérateurs de surface (75 kW chacun),
- 04 sondes de mesure d'oxygène dissous. [23]



**Figure 3.7 : Photo du bassin d'aération**



Le bassin nitrification et dénitrification à une forme rectangulaire, il est équipé d'un mélangeur de fond pour assurer l'agitation du milieu, et après l'eau nitrifiée dénitrifiée est déversée vers les bassins d'aération.

Chaque bassin a les dimensions suivantes :

- Volume 725 m<sup>3</sup>,
- Longueur 17,56 m,
- Largeur 8,5 m,
- Hauteur du béton 5,6 m,
- Hauteur d'eau 4,9 m. [23]



**Figure 3.8 : Photo du bassin de nitrification dénitrification**

### **3.2.1.5. Décanteurs secondaires ou clarificateurs**

Le rôle de la décantation secondaire est d'assurer une meilleure séparation de la biomasse de l'eau traitée, et de concentrer en premier les boues biologiques sédimentées

Ce dernier est alimenté depuis le centre par une conduite d'alimentation en gaz.

La station d'Ain El Houtz contient deux décanteurs secondaires et sont équipés chacun d'un pont racleur à vitesse de rotation de 0.04 m/s. Ils sont de forme circulaire, d'un diamètre de 46 m et une surface de 1661 m<sup>2</sup>. La profondeur d'eau est de 4 m en périphérie. [23]



**Figure 3.9 : Photo du décanteur secondaire**

### **3.2.1.6. Bassin de chloration**

La station est dotée d'un traitement de chloration pour désinfecter les eaux épurées. Mais Ce traitement n'est pas utilisé. Les eaux destinées à l'irrigation ne nécessitent pas de chloration (d'après les responsables de la STEP). Le bassin est en béton armé et d'un volume de l'ordre de 700 m<sup>3</sup>. [23]



**Figure 3.10 : Photo du bassin de chloration**

### **3.2.1.7. Poste de pompage des boues**

Le poste de pompage des boues est doté de trois (03) vis sans fin de recirculation de la boue pour maintenir la concentration de celle-ci dans le bassin d'aération. [25]



**Figure 3.11 : Photo des vis de recirculation des boues.**



### 3.2.1.8.Épaississeur des boues

A pour but de réduire le volume de la boue extraite par simple décantation. Il est en béton armé. Il comprend un pont support tournant avec un moteur et réducteur. Le diamètre de l'épaississeur est de 14m et la hauteur utile est de 4m, le fond du bassin à une pente de 1/10 [26]



**Figure 3.12 : Photo de l'épaississeur des boues. [25]**

### 3.2.1.9.Lits de séchage

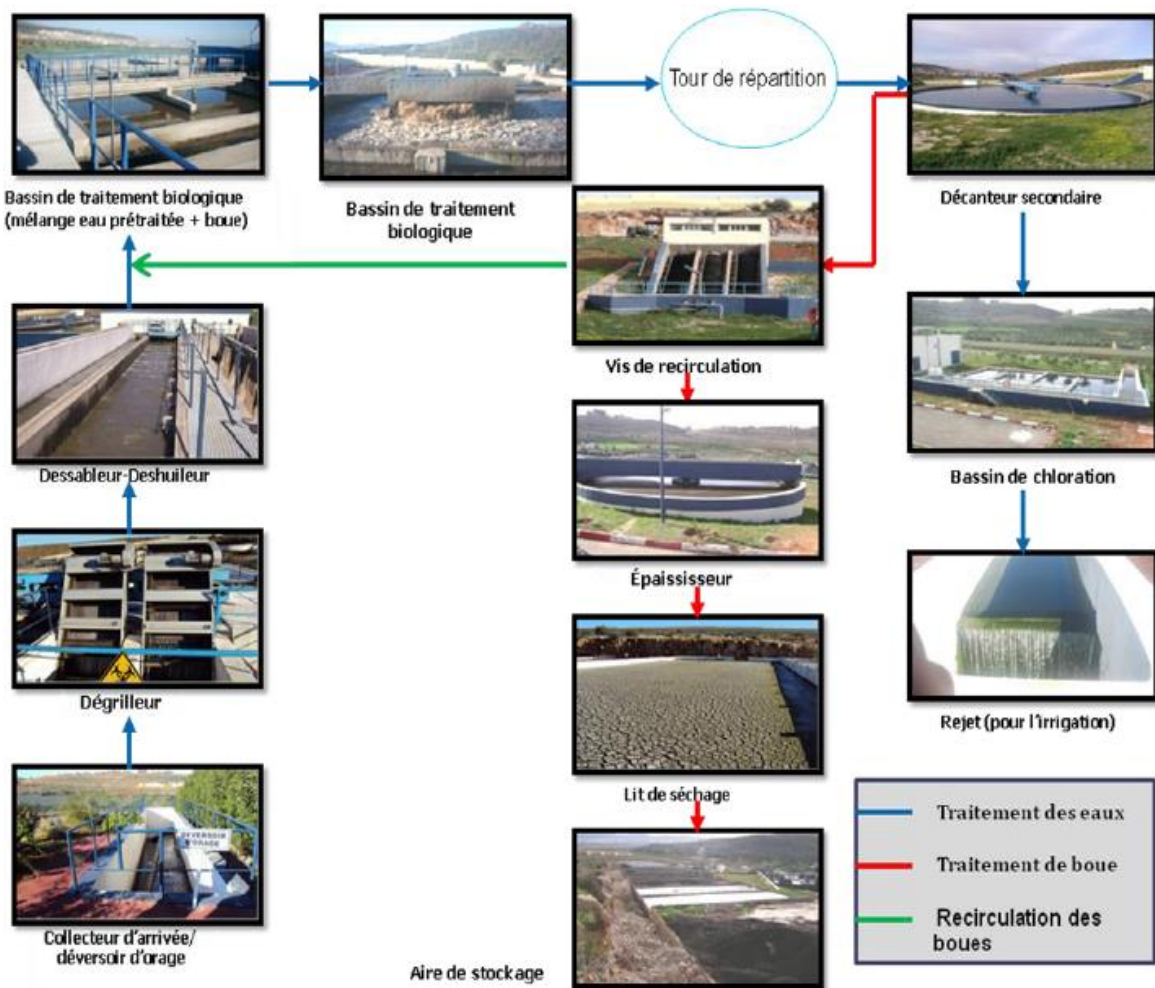
Il existe 14 lits de séchage conçus d'un béton équipé d'une conduite de drainage perforée, pour permettre l'évacuation de l'eau filtrée vers l'entrée de la station. [25]



**Figure 3.13 : Photo des lits de séchage. [26]**

Les différents ouvrages et le chemin des eaux usées de l'entrée jusqu'à la sortie de cette eaux vers les rejets pour l'irrigation la STEP de Ain El Houtz se résumant dans la figure ci-dessous;





**Figure 3.14 : Représentation des différents ouvrages de la station. [25]**

### 3.2.2. Niveau de mesure de débits d'écoulement

Le niveau de mesure des débits est à deux niveaux de la STEP d'Ain Houtz ; en l'occurrence, à l'entrée tout en amont juste à la sortie du déversoir, la seconde mesure du débit est effectuée avant l'exutoire au niveau du venturi.

### 3.3. Ouvrages de mesure des débits

Dans ce contexte on va parler sur deux principaux ouvrages de génie civil qui sont le déversoir et le venturi.

#### 3.3.1. Déversoir

Comme on a défini précédemment le déversoir de la station se situe en amont de celle-ci qui déverse le surplus du débit admissible entrant à la station ( $Q_{max}=3800 \text{ m}^3/\text{h}$ ) d'une façon gravitaire à l'aide d'une conduite ( $\Phi=800 \text{ mm}$ ) dite liaison entre ouvrage ; avec une hauteur de  $2 \text{ ml} \times 6 \text{ ml} \times 4 \text{ ml}$  et un diamètre de  $1000 \text{ mm}$ . [23]



**Figure 3.15 : Le déversoir d'orage de la station**

### **3.3.2. Venturi**

Un tube de Venturi est un organe déprimogène prenant la forme d'un tube comportant un rétrécissement, qu'on utilise pour mesurer le débit d'un fluide.

Si le débit du liquide est constant et que l'aire d'écoulement diminue, la vitesse de l'écoulement augmente nécessairement et amène une diminution de la hauteur d'eau. Il fonctionne donc selon le principe du Venturi.



**Figure 3.16 : l'emplacement du venturi dans la station d'épuration Ain El Houtz**

Le venturi se situe comme le montre dans la figure précédente (figure 3.5) dans la station d'épuration mais Il prend également la forme indiquée dans la figure suivante (figure 3.6), il se situe dans le bassin de chloration (la fin de processus de traitement des eaux usées).



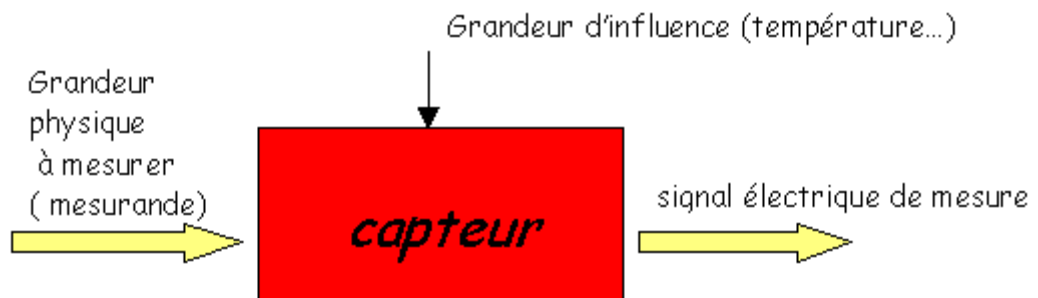


**Figure 3.17 : Vue en plan d'un canal de type Venturi d'une station d'épuration.**  
[27]

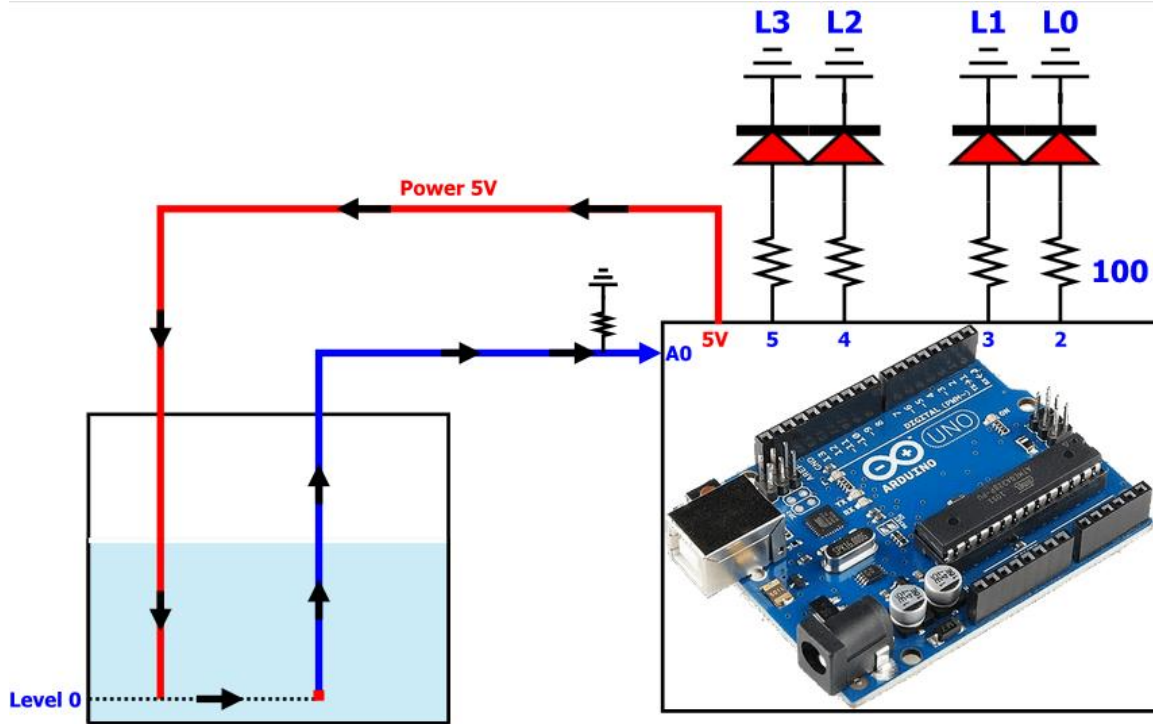
### 3.4. Description des appareils de mesure des débits

#### 3.4.1. Capteur de niveau

Le capteur de niveau de la station est un dispositif électronique qui permet de mesurer la hauteur du liquide, dans un récipient, ce type de détecteur de niveau fonctionne comme une alarme haute, pour signaler une condition de débordement, ou en tant qu'indicateur pour une condition d'alarme basse. La sonde de niveau continu est plus sophistiqué et peut assurer une surveillance de niveau de tout un système. [23]



**Figure 3.18 : principe de fonctionnement d'un capteur électronique.** [28]



**Figure 3.19 : capteur de niveau d'eau. [29]**

Lorsque la pointe (l'extrémité du fil du niveau) n'a pas de contact avec l'eau : dans ce cas, l'entrée analogique Ax (A0... À3) voit la tension aux bornes de résistance 10 K, elle est égale à 0V (entrée en air). [24]

Lorsque la pointe (l'extrémité du fil du niveau) est en contact avec l'eau : Dans le cas où l'eau est considéré comme un conducteur parfait, la pointe rouge du fil dans le réservoir voit une tension égale à 5V, car l'eau est alimentée avec une tension égale à 5V. Dans le cas pratique, la valeur de la tension est inférieure à 5V. Dans notre exemple on choisit un seuil de l'ordre de 1.9V.

Selon le type de capteur, le signal électrique de mesure peut être de différentes natures : analogique, numérique ou logique. [29]

**Tableau 3.2 : Les types des capteurs**

Type de capteur	Type de signal de sortie	Appellation	Exemple
Analogique	Bas niveau	Capteur	Sonde pH50mV/unité pH
	Haut niveau	Capteur transmetteur	Capteur pression 4 – 20 mA
Numérique	Numérique absolu	Codeur absolu	Capteur de position angulaire
	Numérique incrémental	Codeur incrémental	Capteur de vitesse
Logique	Tout ou rien	Détecteur	Détecteur de niveau

### **3.5. Conclusion**

Ce chapitre nous a permis de donner une description générale des différents ouvrages de la station d'épuration de Ain El Houtz ; ainsi le fonctionnement de chaque procédé et allez plus dans les détails des ouvrages (hauteur, diamètre...etc) et les appareils de mesure de débit de cette dernière.

**CHAPITRE 04**  
**DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES DE**  
**MESURE DU DEBIT**

## 4. Introduction

L'objectif principal de ce chapitre est de bien mener les calculs de dimensionnement des ouvrages hydrauliques de mesure des débits à l'entrée et à la sortie ; respectivement le « déversoir d'orage » et le « venturi », de la station d'épuration en prenant compte la quantité d'eau usée à épuré par la station.

### 4.1. Calculs théoriques des débits

Les deux ouvrages suscités ont des caractéristiques génies civils bien définis, dont le dimensionnement repose sur des données de base et calcul préliminaire.

Les ouvrages de la STEP dépendent des débits domestiques et pluviaux acheminés par le réseau unitaire.

#### 4.1.1. Débit des eaux usées domestiques

Le calcul du débit domestique actuel dépend de plusieurs facteurs ; à savoir :

- La population raccordée à la STEP, estimée depuis le recensement officiel de 2008 ;
- Les besoins en eau de la population raccordée ;
- Le taux de raccordement de la population à la STEP.

Sachant que la STEP d'Aïn El-Houtz permet l'épuration des eaux de la majeure partie du groupement urbain de Tlemcen (Tlemcen, Mansourah et Chetouane) ; nous avons estimé cette population par la relation :

$$P_{2021} = P_{2008} \times (1+Tx)^n \quad (4.1)$$

Le résultat d'estimation de la population est donné dans le tableau suivant :

**Tableau 4.1. : Estimation de la Population**

	<b>Tlemcen</b>	<b>Mansoura</b>	<b>Chetouane</b>
<b>Population 2008 (Hab)<sup>1</sup></b>	140 158	49 150	47 600
<b>Tx d'accroissement<sup>2</sup></b>	0,6	3,3	3,1
<b>Population 2021 (Hab)</b>	151 492	74 959	70789

<sup>1,2</sup> : données du RGPH – 2008 (Source la DRAG)

Les trois agglomérations du GUT (Groupement Urbain de Tlemcen) sont alimentées par la même dotation. Le débit de consommation moyen est donné par la relation suivante :

$$Q_c = P_{2021} \times \text{dotation} \quad (4.2)$$

Ce débit est majoré de 15% alloué aux besoins des différents équipements :

$$Q_{Eq} = 15\% Q_c \quad (4.3)$$

$$Q_{TC} = 1,15 Q_c \quad (4.4)$$

Le résultat de calcul des débits de consommation sont résumés dans le tableau suivant :

**Tableau 4.2. : Résultat du calcul des débits consommés**

	<b>Tlemcen</b>	<b>Mansoura</b>	<b>Chetouane</b>
<b>Dotation (L/j/Hab)</b>	150	150	150
<b>Q<sub>c</sub> (m<sup>3</sup>/j)</b>	22723,8	11243,85	10618,35
<b>Q<sub>Eq</sub> (m<sup>3</sup>/j)</b>	3408,57	1686,58	1592,75
<b>Q<sub>Tc</sub> (m<sup>3</sup>/j)</b>	26132,37	12930,43	12211,10

Les eaux usées sont de 80% des eaux consommées, le réseau unitaire par contre doit véhiculer le débit de pointe rejeté :

$$Q_p = K_p \times Q_{\text{moy.u}} \quad (4.5)$$

$$Q_{\text{moy.u}} = Q_{TC} \times 80 \% \quad (4.6)$$

$$K_p = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{Q_{\text{moy}}}} \quad (4.7)$$

Sachant que le taux de raccordement de la population des différentes agglomérations du GUT au réseau unitaire n'est pas identique ; ce qui implique la prise en considération des différents taux de raccordement dans la relation du débit (6), qui devient :

$$Q_{\text{moy.u}} = T_R \times Q_{TC} \times 80 \% \quad (4.8)$$

Le résultat de calcul des débits rejetés sont résumés dans le tableau suivant :

**Tableau 4.3. : Résultat du calcul des débits rejetés**

	<b>Tlemcen</b>	<b>Mansoura</b>	<b>Chetouane</b>
<b>Taux de Raccordement (T<sub>R</sub>)</b>	95%	60%	40%
<b>Q<sub>moy.u</sub> (L/s)</b>	229,87	71,84	45,23
<b>K<sub>p</sub></b>	1,66	1,79	1,87
<b>Q<sub>pu</sub> (L/s)</b>	382,71	128,94	84,65
<b>Q<sub>TU</sub> (L/s)</b>	596,30		
<b>Q<sub>TU</sub> (m<sup>3</sup>/h)</b>	2146,68		

#### 4.1.2. Évaluation de débit pluvial

Les eaux pluviales tombées sur le GUT sont également conduite via le réseau unitaire à la STEP d'Aïn El-Houtz ; leur évaluation est basée sur les précipitations.

Dans notre cas nous avons considéré la station pluviométrique d'El-Hennaya en vue sa position géographique auprès de la STEP.

Le paramètre pluvial déterminant le débit de ruissellement est la pluie journalière maximale, estimée à partir de la série présentée dans le tableau suivant :



**Tableau 4.4. : Série des pluies maximales journalières (station du Hennaya)**

Année	P <sub>jmax</sub> (mm)	Année	P <sub>jmax</sub> (mm)
1985	38.4	1998	43.2
1986	35.8	1999	28.5
1987	19.9	2000	26.7
1988	129	2001	82
1989	38.5	2002	43
1990	35.5	2003	54.1
1991	59.5	2004	32.7
1992	69	2005	18
1993	67	2006	40.2
1994	72.3	2007	30.9
1995	45	2008	31
1996	74.2	2009	31.1
1997	48.7	2010	69.6

Source A.N.R.H

En vue que les données pluviométriques que nous disposons est entre 1985 et 2010, et ayant le souci que les paramètres pluviométriques risque d'avoir changé, nous avons considéré le maximal de cette série pour épargné tout risque de sous dimensionnement.

Ainsi la pluie journalière maximale que nous avons appliqué pour la suite de notre dimensionnement est de :

$$\underline{P_{jmax} = 129,0 \text{ mm}}$$

Le débit de ruissellement nous l'avons déterminé par la méthode rationnelle donnée par la relation suivante :

$$Q_P = K C I A \quad (4.9)$$

Avec

Q : débit de pointe (m<sup>3</sup>/s)

A : superficie du bassin versant = 168 Km<sup>2</sup>

K : facteur de conversion

Avec :

$$K = \frac{1}{\eta \sqrt{A}} \quad (\eta = 7) \quad (4.10)$$

K est égal à :

$$\underline{K = 0,25}$$

C : coefficient de ruissellement, celui-ci peut déterminer à partir du tableau de l'ANRH ci-dessous :

**Tableau 4.5. : Valeurs de coefficient de ruissèlement en fonction des précipitations maximales et nature des sols**

Catégorie des sols	Appellation des sols	Pj max (mm)	Surface des bassins versants (en km <sup>2</sup> )				
			<0,1	>0,1 <1,0	>1,0 <10,0	>10,0 <100,0	>100,0
1	Asphaltes, roches non fissurées, béton	---	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
2	Sols argileux gras, croûtes et sols encroûtés	>0,8	0,80	0,70	<b>0,65</b>	0,65	0,60
		81 – 150	0,90	0,85	0,80	0,80	0,80
		151 – 200	0,95	0,90	0,90	0,90	0,90
		>200	0,95	0,95	0,95	0,90	0,90
3	Sols argileux, sols forestiers d'argile grise, sols argileux gris et lourds	>0,8	0,70	0,60	0,55	0,55	0,45
		81 – 100	0,80	0,75	0,70	0,65	0,65
		101 – 150	0,85	0,80	0,75	0,65	0,65
		151 – 200	0,85	0,85	0,80	0,70	0,70
4	Sols châtaîns lœss, sols carbonatés	>0,8	0,55	0,45	0,40	0,35	0,30
		81 – 150	0,65	0,55	0,50	0,45	0,40
		151 – 200	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55
		>200	0,8	0,75	0,70	0,65	0,60
5	Limons sableux, sols marrons et gris marrons des zones steppiques et désertiques, sols gris limoneux – sableux.	>0,8	0,35	0,28	0,20	0,20	0,15
		80 – 150	0,45	0,35	0,25	0,25	0,20
		151 – 200	0,55	0,45	0,40	0,35	0,30
		>200	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
6	Sols sableux, graviers, sols à roches friables	-	0,25	0,20	0,15	0,10	0,10

Source A.N.R.H

Dans notre cas le coefficient de ruissèlement est de :

$$C = 0,65$$

I : Intensité de précipitations (mm/h) : C'est le volume d'eau de pluie précipité pendant une durée du temps et par unité de surface (on considère dans notre cas une durée t des averses égale à 20 minutes) :

$$I = \frac{Pt}{t} \quad (4.11)$$

P<sub>t</sub>: pluie de courte durée : C'est le quantile de pluie associés aux différentes périodes de retour et ce calcul par l'équation suivante :

$$P_t = P_{jf} \left( \frac{tc}{24} \right)^b \quad (4.12)$$

Avec : b : exposant climatique tiré à partir de l'abaque de Moody, dans notre cas il est égal à : 0,64.

Tc: étant le temps de concentration ; qu'il est le temps nécessaire à une goutte d'eau de pluie pour parcourir la distance depuis le point le plus éloigné de l'exutoire d'un bassin versant jusqu'à celui-ci, il peut calculé par la formule de Kirpich suivante :

$$Tc = 0.845 \times \frac{L^{1.115}}{(Hmax-Hmin)^{0.385}} \quad (4.13)$$

Avec

L : Longueur maximale parcourue par l'eau sur la surface en km (Longueur du collecteur de liaison principal du réseau d'égout) = 34,9 Km.

Hmax : La plus haute altitude = 1041 m.

Hmin : La plus basse altitude = 538 m.

$$\underline{Tc = 3,08 \text{ Heures}}$$

P<sub>jf</sub> : pluie journalière fréquentielle : calculée dans notre cas par la relation de Gauss, basée sur deux facteurs principaux ; le coefficient de variation C<sub>v</sub> et la variable réduite de Gauss μ, la relation est donnée par :

$$P_{jf} = \frac{Pj \text{ max}}{\sqrt{C_v^2 + 1}} e^{\mu \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)}} \quad (4.14)$$

$$C_v = \frac{Ecart\text{-}type}{Pjmax \text{ moy}} \quad (4.15)$$

Ainsi :

$$\underline{Ecart\text{-}type = 24,2}$$

$$\underline{Pj_{max \text{ moy}} = 48,61}$$

$$\underline{C_v = 0,498}$$

S'agissant d'un réseau d'assainissement pluvial, dont le dimensionnement est équivalent à une période pluviométrique de retour décennale ; soit une fréquence de 90% pour une variable réduite de Gauss de :

$$\underline{\mu = 1,28}$$

Ainsi, la pluie journalière fréquentielle est égale à :

$$\underline{P_{jf} = 211 \text{ mm}}$$

La pluie de durée t ; P<sub>t</sub> est donc égale à :

$$\underline{P_t = 56,67 \text{ mm}}$$

La valeur de l'intensité pluviale I est par conséquent égale à :

$$\underline{I = 170,02 \text{ mm/H}}$$

Enfin, la valeur du débit pluviale dans notre zone d'étude est égale à :

$$\underline{Q_P = 4624,85 \text{ m}^3/\text{H}}$$

### 4.1.3. Débit total

Le débit total acheminé à la STEP d'Aïn El-Houtz est la somme des débits domestiques et de ruissellement évacué.

Ainsi le débit STEP avant déversoir d'orage est égal à :

$$Q_{\text{Total}} = Q_{\text{TU}} + Q_P \quad (4.16)$$

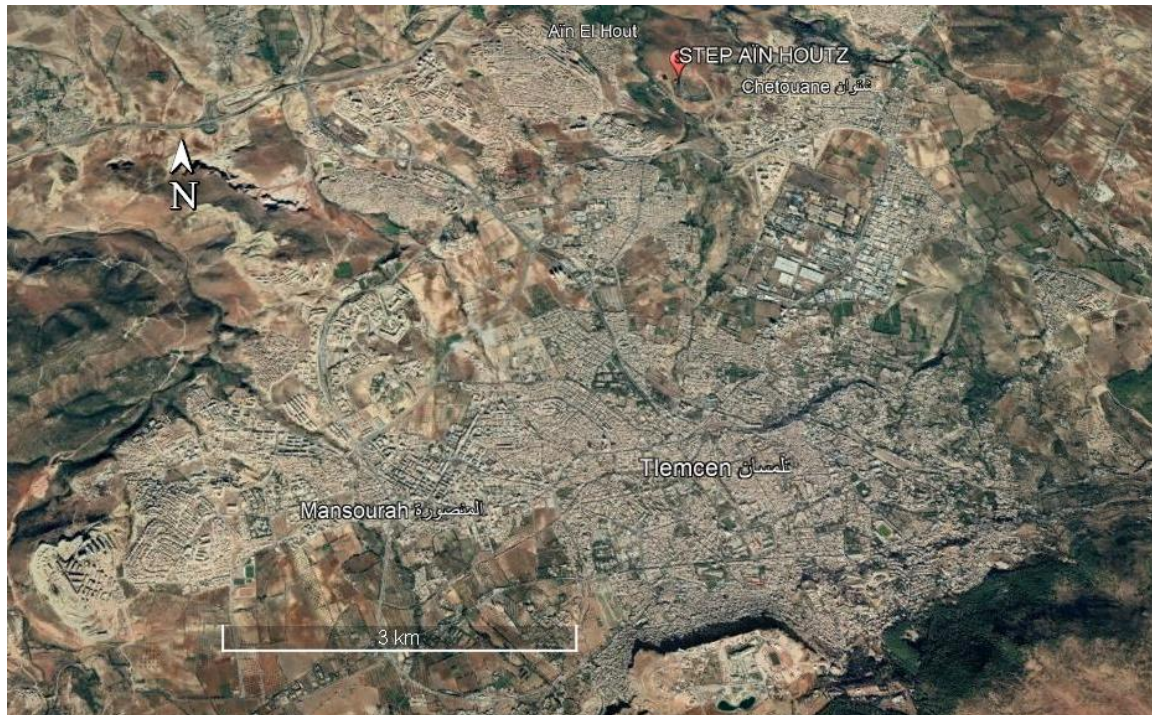
$$\underline{Q_{\text{Total}} = 6771,53 \text{ m}^3/\text{H}}$$

## 4.2. Dimensionnement du déversoir d'orage

### 4.2.1. Situation générale

La station d'épuration d'Ain El Houtz a été réalisée pour permettre l'épuration d'un nombre d'équivalents habitants de 150 000 Eq/hab. du GUT pour l'horizon 2040, traitant ainsi un débit selon l'étude de dimensionnement de cette STEP de 3800 m<sup>3</sup>/H.

Cette station de type bassin à boue activée est sise au Nord de la ville de Tlemcen à l'entrée du lieu-dit Ain El-Houtz ; dont la figure suivante indique sa situation par rapport au GUT.



**Figure 4.1. : Situation de la STEP d'Aïn El-Houtz. [29]**



**Figure 4.2. : Vue en plan de la STEP. [29]**



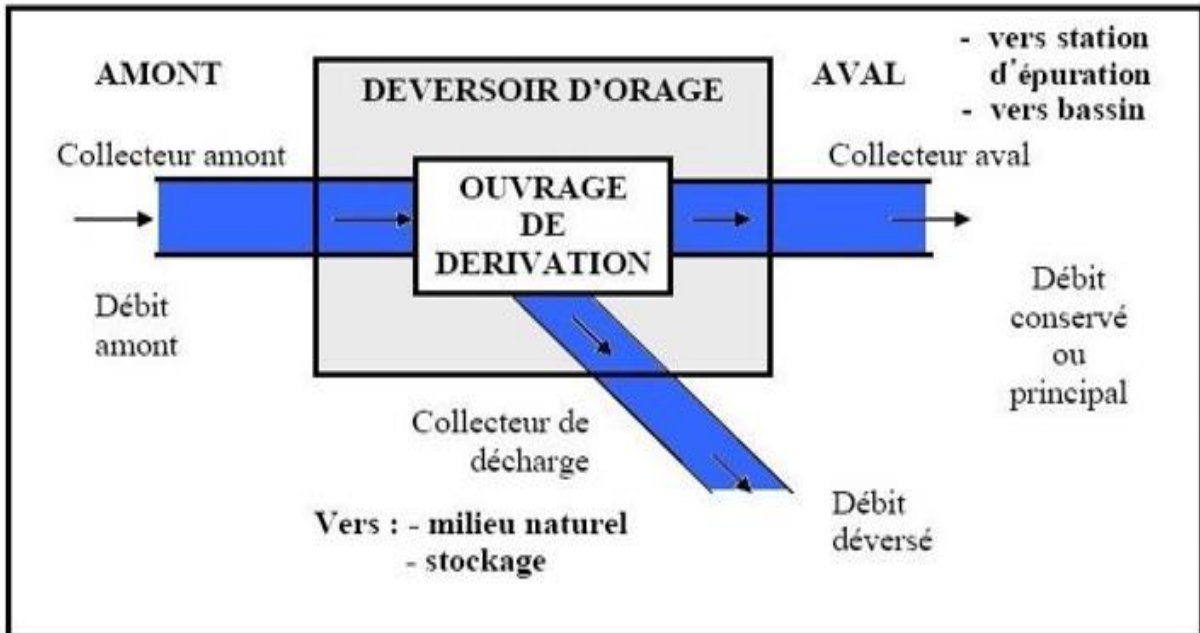
En vue de l'importance du débit acheminé à la STEP d'Aïn El-Houtz, une partie du flux est déversée vers l'exutoire naturel via l'ouvrage dit déversoir d'orage. Cet ouvrage est situé juste à l'entrée Sud de la STEP et fermé par des dallètes, il ne comporte aucun appareil de mesure de débit (figure N° 4.3).



**Figure 4.3.: Localisation du déversoir d'orage de la STEP. [29]**

#### 4.2.2. Calcul des paramètres du déversoir d'orage

Un déversoir d'orage est un ensemble de dispositifs permettant d'évacuer par surverse les pointes de ruissellement de manière à décharger le réseau aval.



**Figure 4.4. : Schéma de principe du déversoir d'orage**

On distingue différents types des déversoirs selon la pente, l'écoulement, la position de la STEP ; qui peuvent être des :

- Déversoirs à seuil latéral.
- Déversoirs à seuil frontal.
- Déversoirs avec ouverture du radier.
- Des déversoirs siphoniques.
- Déversoirs automatiques ou encore
- Déversoirs à barrage gonflable.

Dans notre cas le déversoir d'orage est du type à seuil latéral, pour son dimensionnement on doit déterminer :

- Le débit de pointe transité vers le collecteur de rejet qui transporte les eaux vers la station d'épuration ( $Q_{ST.U}$ ).
- Le débit rejeté vers le cours d'eau :

$$Q_R = Q_{TU} - Q_{ST.U} \quad (4.17)$$

$$\underline{Q_R = 4624,85 \text{ m}^3/\text{H}}$$

- La hauteur de la lame déversée ( $H_r$ ).
- La longueur du seuil, déversant ( $L$ ).

Les caractéristiques du terrain indiquent que le collecteur de liaison à l'entrée de la STEP est comme suit [26] :

- Diamètre collecteur ( $D_e$ ) : 1250 mm.
- Pente collecteur ( $I$ ) : 0,0047 m/m.

La hauteur à l'entrée est donc égale à :

$$\underline{H_e = 812,5 \text{ mm}}$$

Pour calculer la hauteur d'eau transitée vers la station d'épuration on doit passer au calcul des coefficients de débit ( $R_Q$ ) et de hauteur ( $R_H$ ) :

$$R_Q = Q_{ST}/Q_{PS} \quad (4.18)$$

Avec  $Q_{PS}$  est le débit plein section, déterminée par la relation de Manning-Strickler :

$$Q_{PS} = n^{0,5} \times R_h^{2/3} \times I^{0,5} \times S \quad (4.19)$$

$$\underline{Q_{PS} = 9763,21 \text{ m}^3/\text{H}}$$

$$\underline{R_Q = 0,22}$$

Selon l'abaque le coefficient de hauteur tiré à partir de  $R_Q$  est égal à :

$$\underline{R_H = 0,43}$$

Alors que :

$$R_H = H_{ST}/D_e \quad (4.20)$$

D'où :

$$H_{ST} = R_H \times D_e \quad (4.21)$$

$$\underline{H_{ST} = 0,54 \text{ m}}$$

La hauteur de la lame déversante ( $H_D$ ) est égale à :

$$H_D = (H_e - H_{ST})/2 \quad (4.22)$$

$$\underline{H_D = 0,14 \text{ m}}$$

Le seuil déversant est déterminé par la relation de Bazin donnant le débit déversé ( $Q_D$ ) ou celui-dit débit rejeté ( $Q_R$ ) :

$$Q_d = \frac{2}{3} \mu L \sqrt{2g} H_D^{2/3} \quad (4.23)$$

Avec :

$\mu$  : Coefficient de débit de la lame déversant qui tient compte de l'écoulement ( $\mu=0,6$ )  
 $L$  : Longueur du déversoir (longueur de la lame déversant) : à partir de la relation (N°23 de Qd) cette longueur sera égale à :

$$L = \frac{3 \times Q_d}{2 \times \mu \sqrt{2g} H_D^{2/3}} \quad (4.24)$$

$$\underline{\underline{L = 6,27 \text{ m}}}$$

Nous résumons le dimensionnement de notre déversoir d'orage dans le tableau suivant :

**Tableau 4.6. : Paramètres du déversoir d'orage calculés**

Paramètres	$D_e$ (mm)	$Q_{TU}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{PS}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{st}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_r$ (m <sup>3</sup> /s)	$H_{st}$ (m)	$H_d$ (mm)	$L$ (m)
Caractéristiques	1250	1,9	2,7	0,6	1,3	0,55	0,20	6,5

#### 4.2.3. Caractéristiques du déversoir existant

Le déversoir d'orage existant est également de type latéral il est conçu pour accepter une charge maximum de 3800m<sup>3</sup>/h.

Les dimensions génie civile du .canal du déversoir d'orage sont résumées dans le tableau suivant [26] :

**Tableau 4.7. : Caractéristiques du déversoir existant. [23]**

Caractéristiques	Valeurs
Largeur (m)	1,2
Profondeur (m)	0,60
Longueur total (m)	12
Diamètre canal DVO et canal vers l'oued	1250

Il est clair que les paramètres calculés sont inférieurs à ceux existant, ceci est visiblement dû au faible débit que nous avons considéré par rapport au débit de dimensionnement de l'ouvrage.

Pour confirmer que nos résultats sont en adéquation avec l'état existant nous avons effectué une sortie sur terrain pour la mesure de la hauteur des eaux usées acheminées à la STEP au niveau du déversoir lors des heures de pointes à savoir :

- A 6 h : du matin heure de l'accumulation du débit diurne (nocturne).
- A 14 :30 h : débit d'accumulation des eaux usées de pointe (à partir du 11 :30 h).
- A 18 h : deuxième débit usée de pointe accumulé.

Les valeurs sont récréées dans le tableau suivant :

**Tableau 4.8. : La hauteur d'eau du déversoir**

Heure	Hauteur	Unité
6:00	29	Centimètre (cm)
14:30	50	Centimètre (cm)
18 :00	41	Centimètre (cm)

En fonction des mesures effectuées, nous pouvons conclure que les hauteurs dans le déversoir d'orage sont toujours inférieures au seuil de déversement et aux valeurs calculées précédemment.

Toutefois, vu qu'il n'y avait pas un temps pluvieux lors de notre sortie on n'a pas pu vérifier si la hauteur de déversement est également en conformité.

### 4.3. Dimensionnement du venturi

#### 4.3.1. Localisation de l'ouvrage

Les venturis en canaux ouverts sont couramment utilisés en assainissement pour mesurer le débit en sortie de station d'épuration, tel qu'il est indiqué dans la figure 4.5. suivante.



**Figure 4.5. : Emplacement du canal Venturi à la STEP. [26]**

Dans le cadre de l'auto surveillance, la mesure du débit à l'aval de la STEP est une obligation réglementaire. Il est parfois nécessaire de mesurer une grande variabilité de débit



avec une fiabilité importante. La plupart des venturis présente les caractéristiques de fiabilité requises mais dispose d'une plage de mesure réduite (figure 4.6).



**Figure 4.6. : Vue du canal Venturi de la STEP**

Au niveau de cet ouvrage, un débit mètre type ultra-son est placé au rétrécissement du canal, malheureusement il est dans la majorité des cas sujette du mauvais étalonnage ou de valeurs non représentatives du débit évacué (figure 4.7).



**Figure 4.7. : Vue de l'emplacement du débit-mètre Ultra-son**

### 4.3.2. Calcul des paramètres du venturi

Le dimensionnement du venturi est basé sur les relations indiquées au chapitre 02, précisément les relations numéros 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8, 2.9 qui sont dans l'ordre comme suit :

$$Q = \left(\frac{2}{3}\right)^{3/2} \times \sqrt{g} \times C_v \times C_d \times C_s \times h^{3/2} \times b$$

$$C_d = \left(1 - \eta \frac{0.006 \times L}{b}\right) \times \left(1 - \frac{0.003 \times L}{h}\right)^{3/2}$$

$$C_v^{2/3} - 1 = \frac{4}{27} \times C_v^2 \times C_s^2 \times \frac{(b - 0,006 L)^2 \times (h - 0,003 L)^2}{A^2}$$

$$\eta = \sqrt{1 + m^2} - m$$

$$A = B \cdot h$$

$$m \times \frac{Hce}{be} = m \times \frac{h - 0,003 L}{b - 0,006 L} \times C_v^{2/3}$$

L'objectif pour calculer le débit consiste donc à se fixer les variables suivantes :

- h : tirant d'eau dans le canal d'approche du venturi (en m, mesuré) ;
- m : le fruit des berges (1/2,5) ;
- Forme du canal d'approche (canal rectangulaire de largeur B = 0,6 m) ;
- L : longueur du canal jaugeur (1,35 m).

Les caractéristiques du venturi existant sont résumées dans le tableau suivant :

**Tableau 4.9. : Caractéristiques de venturi. [23]**

Caractéristiques	Valeurs	L'unité
<b>Largeur</b>	1.3	Mètre (m)
<b>Trémie</b>	60	Centimètre (cm)
<b>Profondeur</b>	4.2	Mètre (m)
<b>Longueur entre largeur et trémie</b>	1.34	Mètre (m)
<b>Longueur total</b>	4.2	Mètre (m)

Lors de notre sortie sur terrain nous avons procédé à des mesures au niveau du canal jaugeur à des différents horaires, en l'occurrence à 6h00, 14h30 et 18h00, tel qu'il est indiqué dans la figure et le tableau suivants :

**Tableau 4.10. : La hauteur d'eau du de venturi**

		Heure	Hauteur	Unité
<b>Date de prélèvement</b>	09/12/2020	6:00	0,95	Mètre (m)
	08/12/2020	14:30	1,40	Mètre (m)
		18 :00	1,20	Mètre (m)



**Figure 4.8. : Mesure au niveau du canal jaugeur**

Pour les différentes hauteurs nous avons déterminé les coefficients :  $C_v$ ,  $C_d$  et  $\eta$ , nous avons par la suite tiré  $C_s$  à partir de l'abaque donné précédemment (Figure 2.11).

Les résultats de calcul des différents coefficients et paramètres sont résumé dans le tableau suivant :

**Tableau 4.11. : Détermination des paramètres du venturi**

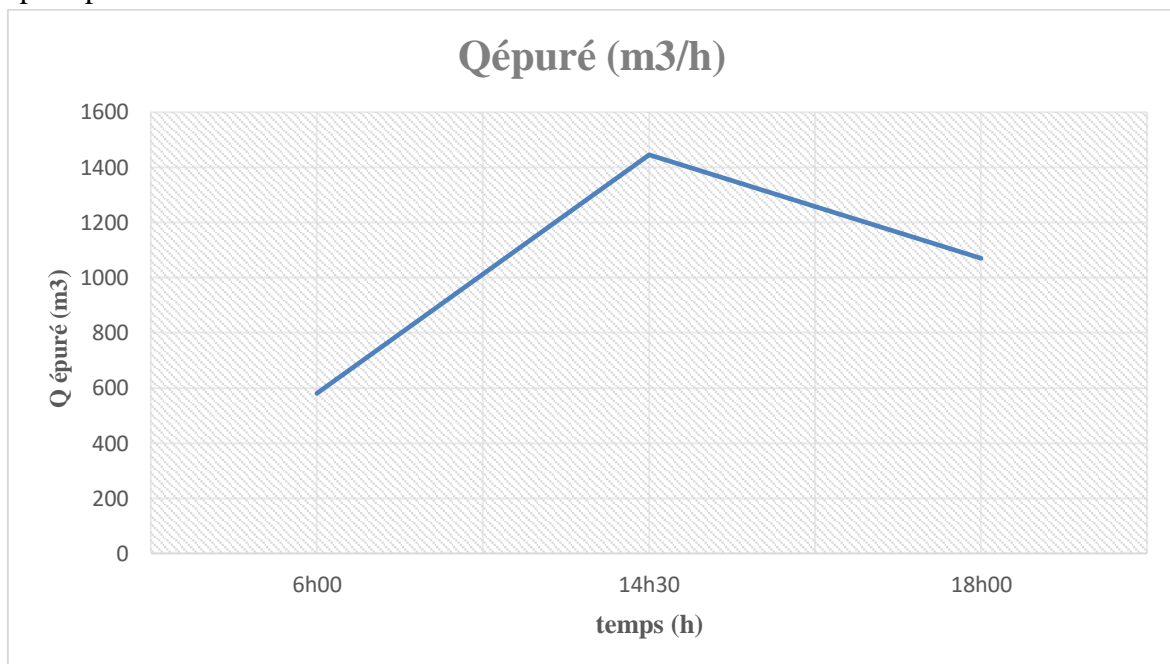
Heure	6h00	14h30	18h00
<b>h</b>	0,950	1,400	1,200
<b><math>C_d</math></b>	0,985	0,987	0,986
<b><math>C_v</math></b>	0,945	0,920	0,931
<b>mHce/Be</b>	0,615	0,893	0,771
<b><math>C_s</math></b>	0,183	0,261	0,241

Ainsi les débits des eaux épurées évacuées à différents heures sont résumés dans le tableau suivant :

**Tableau 4.12. : Débits des eaux évacuées à différents heures**

Heure	6h00	14h30	18h00
Q <sub>épuré</sub> (m <sup>3</sup> /h)	580,3	1445,5	1070,6

En considérant que le flux est linéairement traité (en vue du manque d'une large série temporelle de mesure), la courbe suivante indique la variation semi-journalière du débit épuré par la STEP :



**Figure 4.9. : Mesure au niveau du canal jaugeur**

On remarque que le débit des eaux épurées a tendance de croître rapidement à partir du début de la matinée pour atteindre le pique en milieu de la journée, ensuite il décroît graduellement.

Il est clair que le débit épuré évacué suit la même allure du flux des eaux usées acheminées à la STEP après le déversoir d'orage.

#### **4.4. Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons procédé au dimensionnement du déversoir d'orage en considérant cette année de mesure 2020, ensuite nous avons effectué la comparaison avec le déversoir existant. Nous avons conclu que le déversoir existant permet d'évacuer les débits à temps sec (période de mesure) sans déversement, nous avons ainsi jugé que le déversoir est bien conçu pour l'acheminement des eaux usées du GUT vers la STEP.

Quant au venturi, les débits qu'il évacue sont normalement mesurés par un débitmètre type ultra-son, malheureusement nous avons constaté qu'il est mal étalonné et donne des

résultats très erronés, ce qui nous a pas permis de faire la comparaison avec les débits calculé à partir des mesures effectuées au niveau du canal jaugeur du venturi. Toutefois, nous avons constaté que les débits évacués augmentent d'une façon croissante à partir du début de la journée pour atteindre des maximas vers le milieu de la journée, avant de commencer à décroître d'une manière graduelle, suivant la même allure du débit à l'entrée de la STEP.



## **CONCLUSION GENERALE**

## CONCLUSION GENERALE

Comprendre les principes du débitmètre et contribuer à l'installation correcte du système de mesure sur site joue un rôle très important pour faciliter le processus de mesure du débit de liquide ainsi que pour définir et sélectionner les mécanismes appropriés pour ce processus. Que ce soit par des inspections visuelles ou par des mesures ponctuelles de débit qui permettront d'établir l'écart du système de mesure en place par rapport à une méthode de référence

Le processus mesure des débits usées est indispensable pour la protection des environnements et pour la réutilisation de ces eaux pour l'irrigation ou bien pour l'industrie ; dans cet objectif qu'il y a un développement continue pour les appareils et les méthodes de l'opération de mesure.

Le choix des appareils ainsi des méthodes dépend de la nature d'écoulement (en charge ou a surface libre) ; chaque liquide à ces appareils spécial et bien précis pour mesurer le volume pendant un certain temps.

La nature des eaux usées peut être des écoulements à surface libre (les eaux de l'oued par exemple) ou bien en charge (les eaux pluviales, les eaux d'assainissement...etc) Le but de ce travail d'est d'étudier le processus de mesure des débits dans une station d'épuration ou on trouve que les eaux entées dans la station sont d'origine domestique et pluviales.

Les stations d'épuration en générale peuvent se heurter à des problèmes divers reliés soit à l'exploitation et à la gestion parmi ces problèmes qu'il n'y a pas de compatibilité entre la quantité d'eau à l'entrée de la station ou à la sortie et les dimensions des ouvrages.

La mesure dans la station d'épuration ce fait par deux ouvrages comme on a vu précédemment ; les dimensions de ces ouvrages doivent être appropriée pour contenir les eaux à épuré.

Dans ce travail, une étude diagnostique sur les appareils de mesure des débits à l'entrée et à la sortie de la STEP de Ain El Houtz. Le but est de relever ses défaillances et de proposer une réhabilitation des filières à mettre en place en vue d'un bon fonctionnement de ces ouvrages.

Les principaux problèmes cas enregistrés sont :

- L'absence d'un débitmètre à l'entrée de la STEP, pour dimensionner le déversoir on a estimé un débit avant de 6771,53 m<sup>3</sup>/H ce dernier, longueur de 6.5 m et H<sub>st</sub> de 0.55 m
- Un débitmètre endommagé à la sortie de la STEP, d'où on a pris des différentes (6h00, 14h30 et 18h00) hauteurs d'eau H<sub>1</sub> = 0.95 m, H<sub>2</sub> = 0.40 m et H<sub>3</sub> = 1.20 m au temps différent. Les débits des eaux épurées évacuées à différents heures Q<sub>1</sub> = 580.3 m<sup>3</sup>/h, Q<sub>2</sub> = 1445,5 m<sup>3</sup>/h et Q<sub>3</sub> = 1070,6 m<sup>3</sup>/h.

A l'issue de ce diagnostic, on peut conclure que la STEP de Ain el Houtz nécessite une réhabilitation. Pour cela on a proposé des solutions à mettre en places pour améliorer son fonctionnement et son rendement épuratoire. Les principales solutions proposées sont :

- L'installation d'un appareil de mesure des débits (débitmètre) à l'entrée de la STEP au niveau du déversoir.
- Réparation de débitmètre à la sortie de la STEP au niveau du venturi ou bien installé un nouveau.

## **LISTE DES REFERENCES**



**LISTE DES REFERENCES**

- [1] Le débit volumique  
<https://fr.khanacademy.org/science/physics/fluids/fluid-dynamics/a/what-is-volume-flow-rate> consulté le 14/08/2020
- [2] M.BERNARD, 2019. Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales – Cahier 7 – Méthodes de mesure du débit.
- [3] I approche historique du Théorème de Bernoulli  
<https://m.21bal.com/buhgalteriya/14981/index.html> consulté le 13/11/2020
- [4] A.AMAMI, 2016 Hydraulique en charge
- [5] Ronald Yonaba 24 octobre 2014 Les écoulements en charge
- [6] Ecoulement dans les conduites et robinetteries  
[https://www.gunt.de/images/download/Connaissances-de-base-en-ecoulement-en-conduiteset-robinetteries\\_french.pdf](https://www.gunt.de/images/download/Connaissances-de-base-en-ecoulement-en-conduiteset-robinetteries_french.pdf) consulté le 09/11/2020
- [7] J.VAZQUEZ, 21 octobre 2016, Hydraulique à surface libre
- [8] A.LENCASTRE, Avril 1982 Manuel d'hydraulique générale
- [9] J.R.DAUM, 1994 Méthodologie du jaugeage des sources
- [10] Guide pour la mise en place de l'auto-surveillance sur les stations d'épurations neuves ou réhabilitées (version 7) 04/2012
- [11] Jean-Luc Wojkiewicz, Mines Douai ; introduction à la mécanique des fluides
- [12] Notice sur les déversoirs, synthèse des lois d'écoulement au droit des seuils et des déversoirs, Centre d'Etudes Techniques Maritimes Et Fluviales (CETMF), Février 2005
- [13] compteur d'eau <https://www.sanitaire-distribution.fr/XCE43675/BLEU-ROUGE-SOROFI/Compteur-d-eau--Divisionnaire.aspx> consulté le 15/10/2020
- [14] compteur d'eau électromagnétique  
<https://www.fujielectric.fr/mesure-par-champ-electromagnetique> consulté le 19/11/2020
- [15] <http://www.prisma-instruments.com/instruments-de-mesure-et-regulation/instruments-de-debit/debitmetres-a-ultrasons/debitmetre-a-ultrasons-de-poche-new> consulté le 22/10/2020
- [16] Robert TAVERNIER Comment choisir son compteur d'eau ? (Classe, définition, dimension, emplacement, fonctionnement, Norme, réglementation, type, utilisation)
- [17] J. LEFEBRE, 1986 Mesure des débits et des vitesses des fluides

- [18] Mesure des débits <http://medhycos.mpl.ird.fr/en/data/hyd/Drobot/5C.htm> consulté le 03/08/2020
- [19] José Vazquez, Cédric Fagot, Jonathan Wertel, Tarik Mechaouat, Damien Kuss, Martin Fischer, Utilisation de la modélisation 3D dans la conception d'un venturi en canaux ouverts
- [20] Information technique TI 372D.01/14/fr/10.94 ; Mesure de débit en caniveaux ouverts
- [21] Vanne écluse [Actionneurs rotatifs portables - Modec | Modec » \[archive\]](#), sur [www.modec.fr](http://www.modec.fr) (consulté le 15 novembre 2019)
- [22] L. Jezequel (Lycée Charles Coeffin, Baie-Mahault, Guadeloupe) débitmètre électromagnétique sur <http://eduscol.education.fr> consulté le 09/10/2020
- [23] Hammas A.H., Fiche technique de la STEP de Ain EL Houtz, 6p.
- [24] Mémoire de Mr BOUAKKAZ Abdellatif en 09/2013 (Contribution de la filtration sur sable dans l'amélioration de la qualité des eaux issues des stations d'épuration à boues activées: Application sur les eaux épurées de la STEP d'Ain El Houtz)
- [25] Mémoire de Mr Hamza cherif Mohammed Soufyane et Mr RAMDANI Choukri en Mars 2016 (Efficacité du traitement de l'azote dans les stations d'épuration à boues activées: cas de la STEP de Ain El Houtz)
- [26] Mémoire de Mr khechiba Ilyas et Mr Mahi Abdelwahhab en juin 2016 (étude diagnostique de la station d'épuration d'Ain El 'houtz : réhabilitation de filières existantes et étude de filières à mettre en place)
- [27] <http://www.alistep.com/wp-content/uploads/2016/09/ventury-monobloc.jpg> consulté le 05/11/2020
- [28] Pascal Dereumaux 21/09/2001 ; Mesure et capteurs de débit
- [29] [www.googleearth.com](http://www.googleearth.com) (site de la STEP de Ail E Houtz)