

CHAPITRE TROIS

ETUDE EXPERIMENTALE

III.1 Introduction

Le second chapitre de notre étude a eu pour objet principal de définir les caractéristiques géométriques du dispositif que nous avons proposé.

Nous avons présenté un développement théorique dont le but de définir l'expression du coefficient de débit du dispositif ainsi que celle du débit transitant dans le canal d'amenée. Cette dernière est conforme à celle des appareils semi modulaires, puisque le débit dépend à la fois des caractéristiques géométriques du débitmètre et de la profondeur d'eau mesurée à l'amont de celui-ci.

L'objectif principal du troisième chapitre est de vérifier expérimentalement la validité des relations proposées lors du développement théorique.

Au cours de cette partie nous proposons d'expérimenter le nouveau type d'appareil semi modulaire destiné à la mesure des débits dans les canaux ouverts. Nous testerons au laboratoire des modèles des dispositifs avec des caractéristiques géométriques différents.

Notre choix s'est porté sur un élément de forme triangulaire à paroi épaisse et d'angle d'ouverture constant. Il est muni d'une hauteur de pelle et son axe longitudinal se confond avec celui du canal d'amenée de forme rectangulaire dans lequel il est inséré. L'appareil provoque un rétrécissement brusque de la section du canal d'amenée et la veine liquide s'y écoule subit une contraction latérale.

L'écoulement dans le canal d'amené rectangulaire est en régime fluvial et se transforme en un écoulement en régime torrentiel à l'intérieur du dispositif. Cette transformation s'opère par une section de contrôle qui apparaît alors quelque part à l'aval du rétrécissement. Ainsi nous exposerons le protocole expérimental ayant servi à tester l'appareil étudié et les résultats expérimentaux seront présentés sur des tableaux.

III.2. Description et caractéristiques du dispositif

La présente partie de notre mémoire, se propose de tester quelques dispositifs décrits lors du second chapitre. La mise en place du dispositif modifie le régime d'écoulement et permet d'utiliser la relation hauteur- débit théorique du dispositif. Tous ces dispositifs sont insérés dans le même canal de largeur constante

B = 29.30 cm.

La figure 3.1 représente les caractéristiques du dispositif a expérimenté au laboratoire.

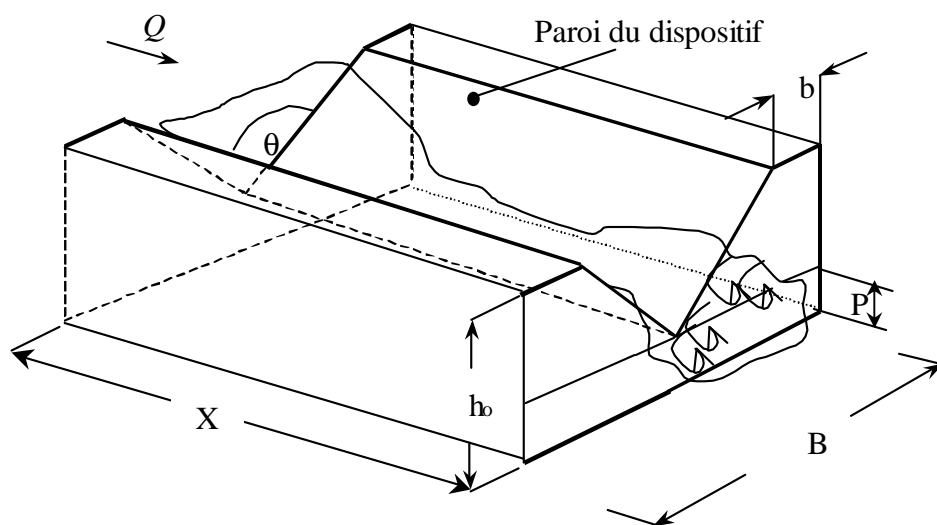
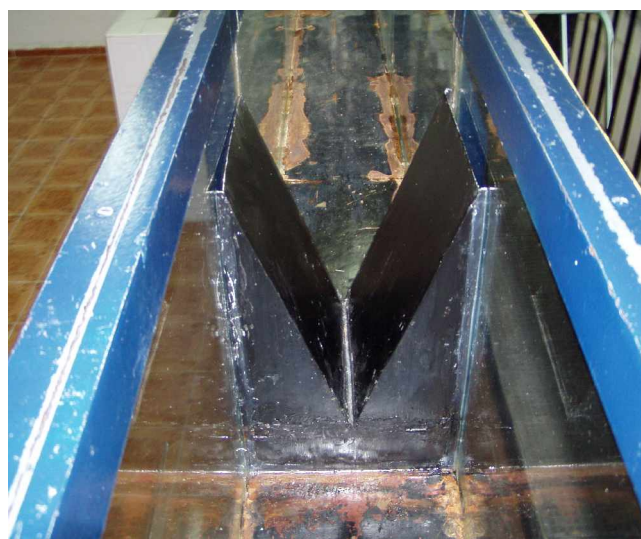


Figure 3.1 Schéma en perspective du dispositif testé.

Tandis que la photographie (1) montre le dispositif expérimenté au laboratoire



Photographie 1 : Vue du dispositif testé

En fait, notre étude s'est intéressée à six (06) dispositifs dont les caractéristiques sont regroupées dans le tableau (3.1)

Tableau 3.1 : Caractéristiques géométriques des dispositifs testés.

<i>Dispositif</i>	<i>Largeur de la contraction b (cm)</i>	<i>Hauteur du dispositif h (cm)</i>	<i>Angle d'ouverture θ</i>	<i>Hauteur de pelle P (cm)</i>	<i>Longueur Géométrique X (cm)</i>	<i>Largeur du canal B (cm)</i>
01	1	33	45°	10,259	25	29,30
02	1	33	45°	8,232	25	29,30
03	1,1	23	60°	10,233	25	29,30
04	1,1	23	60°	8,232	25	29,30
05	0	21	71°	10,268	25	29,30
06	0	21	71°	8,136	25	29,30

Comme l'indique le tableau (3.1) nous nous sommes plus particulièrement intéressés aux grandes valeurs de P ($P \geq 8$ cm), et d'angle d'ouverture $\theta \geq 45^\circ$.

III.3 Description du banc d'essais

La figure 3.2 représente le schéma de l'installation expérimentale destiné à tester les dispositifs ci-dessus décrits. Tandis que la photographie 2 montre une vue d'ensemble du banc d'essais. Il est constitué d'un canal de forme rectangulaire de 8,40 m de longueur, les deux parois latérales verticales sont en verre transparent permettant la visualisation de l'écoulement. Le canal est alimenté en circuit fermé par une pompe axiale. Celle-ci aspire de l'eau d'un réservoir ouvert de récupération et la refoule dans un bassin, également ouvert, alimentant le canal. Le système *bassin de récupération – pompe – bassin d'alimentation* est relié par une conduite circulaire en PVC. Le bassin de récupération est doté d'un tranquillisateur d'eau spécialement aménagé afin d'éviter les perturbations de la surface libre qui peuvent perturber le fonctionnement de la pompe.

Une plaque perforée, insérée dans le bassin d'alimentation, joue également le rôle de tranquillisation de l'écoulement avant son entrée dans le canal principal.

Cette plaque perforée n'est pas représentée sur le schéma de la figure 3.2.

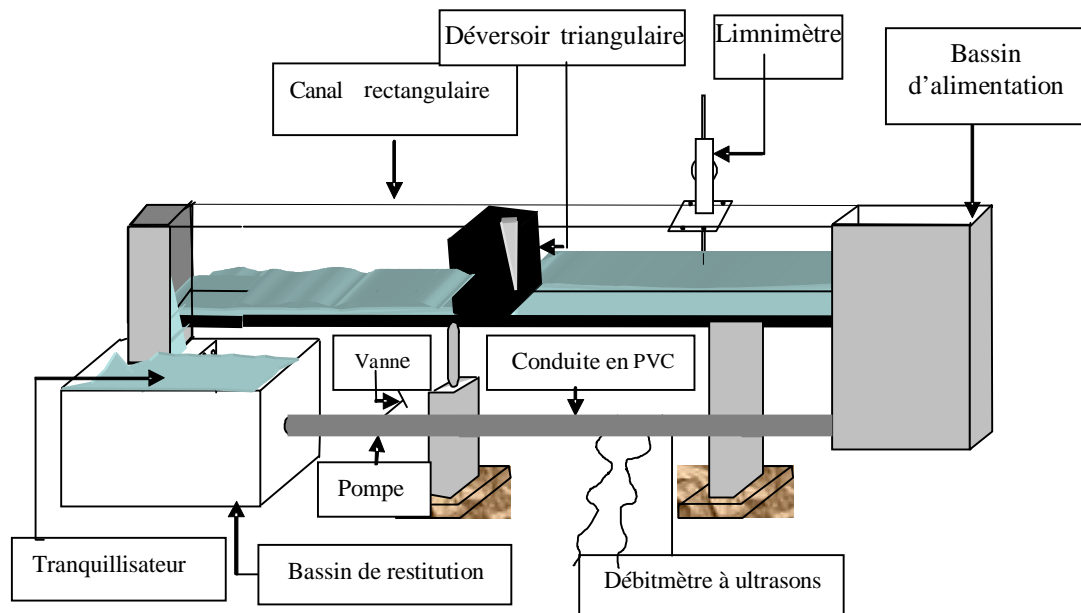


Figure 3.2 : Schéma du banc d'essais utilisé.



Photographie 2 : Vue d'ensemble du banc d'essais

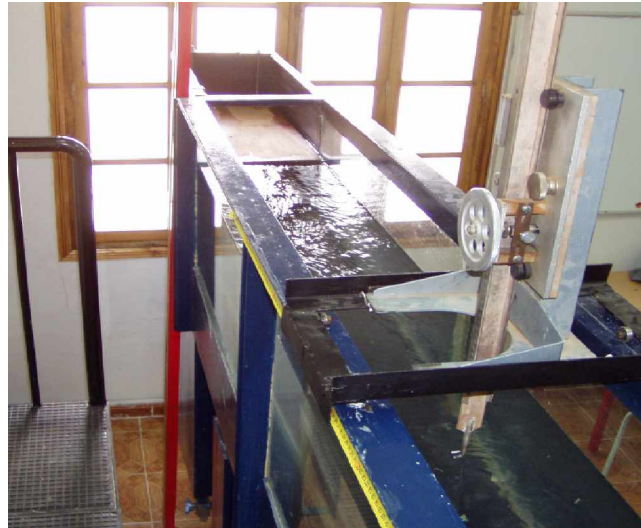
La pompe axiale est dotée d'une vanne de réglage des débits et permet ainsi d'effectuer les essais dans une large gamme de débits. La vue d'ensemble du banc d'essais ainsi décrit est représentée sur les photographies 3 à 5.



Photographie 3 : Vue de la partie aval du canal de mesures, montrant :
Le réservoir de récupération des eaux, - la grille perforée de tranquillisation,
– la vanne de réglage des débits.



Photographie 4: Vue de la pompe axiale utilisée insérée dans la conduite circulaire à
l'aval du bassin de récupération des eaux



Photographie 5 : Vue du bassin d'alimentation, montrant :
L'écoulement fluvial dans le canal de mesures, - le Limnimètre ayant servi à la mesure des profondeurs

III.4. Description de l'écoulement

Cette partie de notre étude a pour but de décrire le comportement de l'écoulement à l'amont et à l'aval du dispositif testé.

La figure 3.3 montre, quant à elle, le profil en long de l'écoulement, à la fois dans le canal d'amenée à l'amont du dispositif et à l'intérieur de celui-ci.

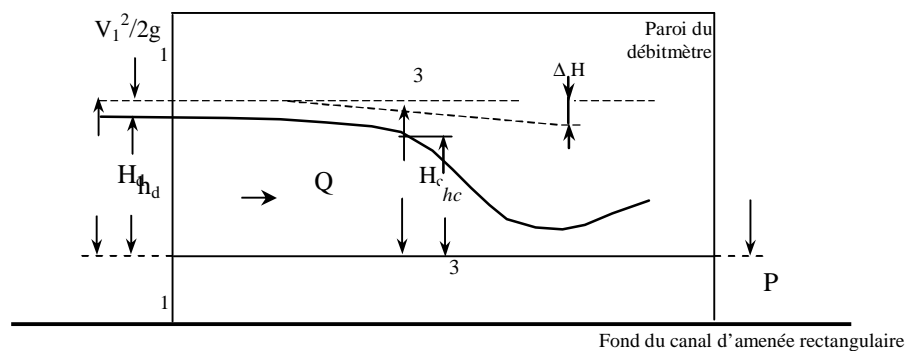


Figure 3.3 : Profil en long de l'écoulement dans le canal d'amenée et à l'intérieur du dispositif.

La figure 3.3 montre que l'écoulement amont dans le canal d'amenée rectangulaire est de nature fluviale. La hauteur capable de la vitesse d'approche de l'écoulement amont

$V^2/2g$ est considérée comme étant égale à une fraction δ de la profondeur de déversement h_d .

A l'intérieur du dispositif de forme triangulaire de longueur géométrique 25 cm, l'écoulement demeure fluvial sur une certaine distance. Il devient critique dans la section c- c et se transforme en un écoulement torrentiel entre les sections c -c et m-m dont la profondeur h_m est minimale.

Afin d'observer plus en détail l'écoulement à l'amont, à l'intérieur et à l'aval du dispositif nous présentons les photographies (6 à 9) de quelques vues de cet écoulement.



Photographie 6 : Vue de l'écoulement à l'amont et à l'aval du dispositif.

Écoulement de droite à gauche.

La photographie 6 montre clairement la nature fluviale de l'écoulement dans le canal d'amenée. Cet état de l'écoulement peut être observé pour tous les dispositifs testés.

Elle montre également la nature torrentielle de l'écoulement à l'aval du dispositif.

Tandis que la photographie 7 reflète bien la nature torrentielle de l'écoulement à la sortie ainsi qu'à l'aval du dispositif inséré.



Photographie 7 : Vue de l'écoulement à l'aval du dispositif.

La photographie 7 montre l'écoulement à l'aval d'un des dispositifs testés. Nous pouvons observer la lame liquide déversante qui tombe sur le fond du canal qui provoque une masse d'eau tourbillonnante qui occupe l'espace situé sur le côté de la lame déversante près des parois.

La photographie 8 montre par contre l'écoulement contracté en franchissant l'échancrure de l'un des dispositifs testés.



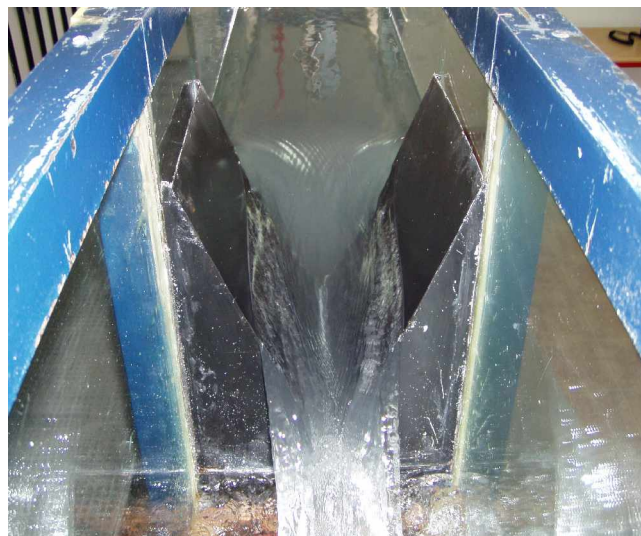
Photographie 8 : Vue de travers de la lame liquide déversante, montrant clairement la contraction latérale de l'écoulement.

Pour mieux visualiser la contraction nous montrons dans la photographie 9 la section contractée de l'écoulement franchissant l'échancrure de l'un des dispositifs testés.



Photographie 9 : Vue d'en haut de l'écoulement franchissant l'échancrure du dispositif.
Formation de la section contractée à l'aval immédiat du dispositif.

La veine liquide contractée lorsque elle se jette dans le canal est bien aérée cette particularité est due à la hauteur de pelle ainsi que la forme géométrique du dispositif qui ne permises pas la sortie d'une masse liquide parallèle au fond à travers l'échancrure. La photographie 10 décrit mieux la veine inférieure aérée.



Photographie 10 : Vue de l'aval du dispositif montrant la lame déversante aérée.

Cette remarque nous mène à conclure qu'il n'y pas d'influence d'une masse d'eau à la sortie du dispositif se qui facilite l'évacuation d'eau à l'aval et qui empêche l'eau de stagner c'est-à-dire qu'on a pas d'effet de la masse d'eau à l'aval sur le comportement du dispositif automatiquement le coefficient de débit mesuré ne sera plus influencé.

III.4.1 Les profils types de l'écoulement le long des dispositifs

Pour tous nos dispositifs nous avons remarqué les profils de l'écoulement tels qu'ils sont décrits précédemment et la photographie 11 les confirme. Les figures (3.4.a à 3.4.f) présentent les profils en long de l'écoulement des dispositifs étudiés expérimentalement



Photographie 11 : Vue en haut du profil en long de l'écoulement à travers le dispositif.
Ecoulement de droite à gauche.

La photographie 11 montre clairement que l'écoulement se transforme du fluvial à l'amont au torrentiel à l'aval en subissant une contraction latérale à l'entrée du dispositif, en passant par le critique à l'intérieur du celui-ci se qui confirme l'approche théorique où on a considéré que l'écoulement se transforme d'un régime à un autre par le passage du régime critique pour pouvoir appliquer l'équation de la quantité de mouvement. Cette allure de l'écoulement sera bien tracée dans les figures qui suivent en utilisant les valeurs issues de l'expérimentation.

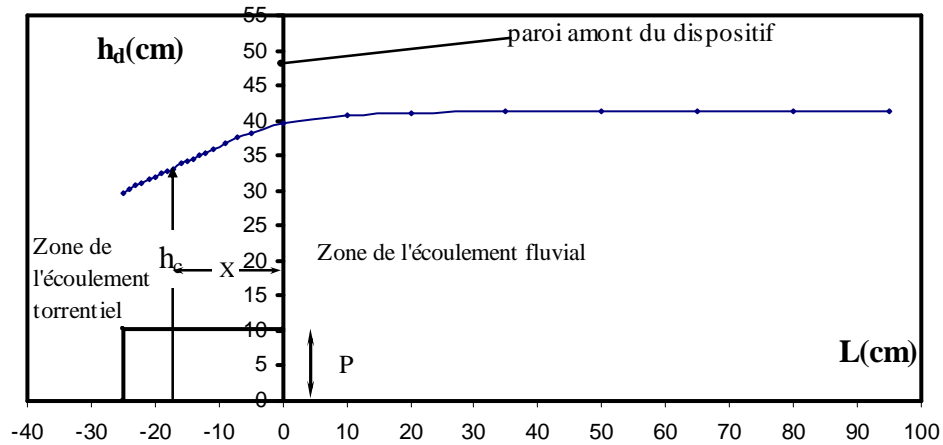


Figure 3.4 .a : Profil type de l'écoulement le long du dispositif d'ou $\theta = 45^\circ$, $P = 10,259$ cm, $m = 0,414213$, $h_c = 33.41$ cm, $Q = 23.67$ l/s

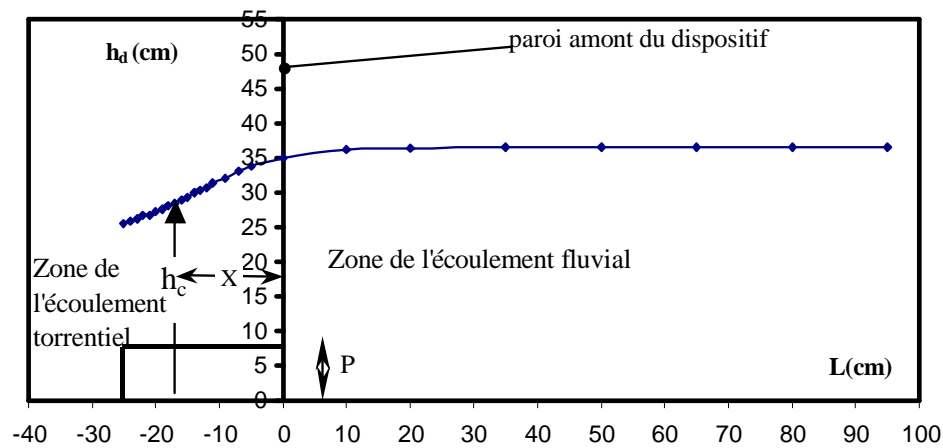


Figure 3.4.b : Profil type de l'écoulement le long du dispositif d'ou $\theta = 45^\circ$, $P = 8,232$ cm, $m = 0,414213$, $h_c = 29,21$ cm, $Q = 18,50$ l/s

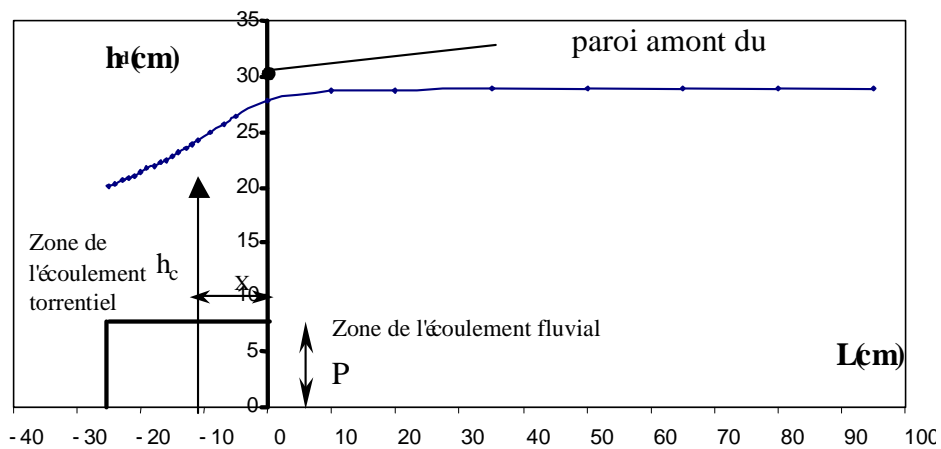


Figure 3.4.c : Profil type de l'écoulement le long du dispositif d'ou $\theta = 60^\circ$, $P = 10,233$ cm, $m = 0,5773502$, $h_c = 25,74$ cm, $Q = 12,10$ l/s

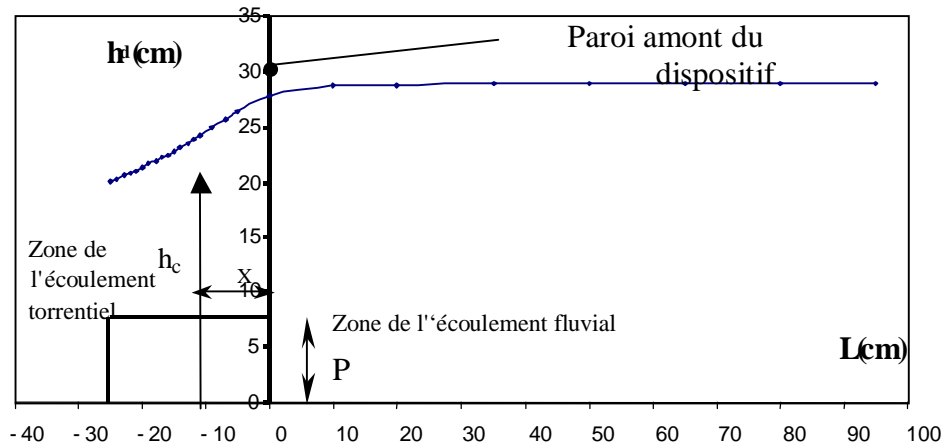


Figure 3.4.d : Profil type de l'écoulement le long du dispositif d'où $\theta = 60^\circ$, $P = 8,232$, $m = 0,5773502$, $h_c = 23,69$ cm, $Q = 12,02$ l/s

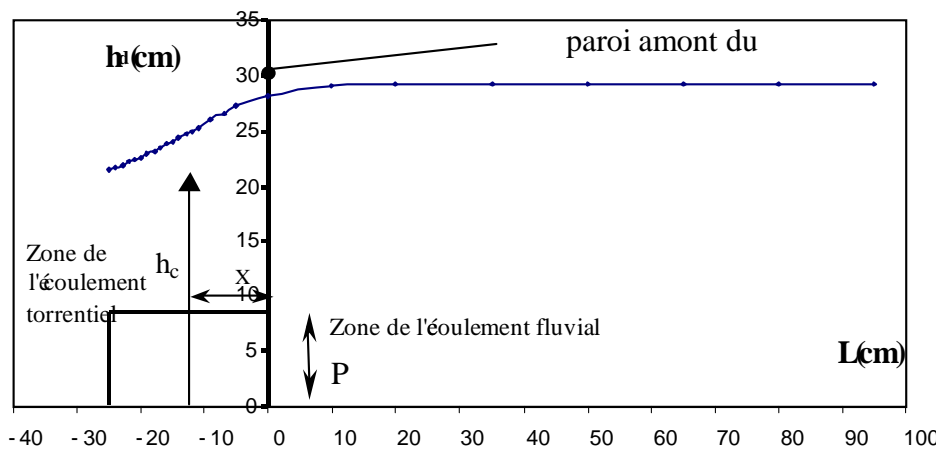


Figure 3.4.e: Profil type de l'écoulement le long du dispositif d'où $\theta = 71^\circ$, $P = 10,268$ cm, $m = 0,713293$, $h_c = 24,58$ cm, $Q = 12,23$ l/s

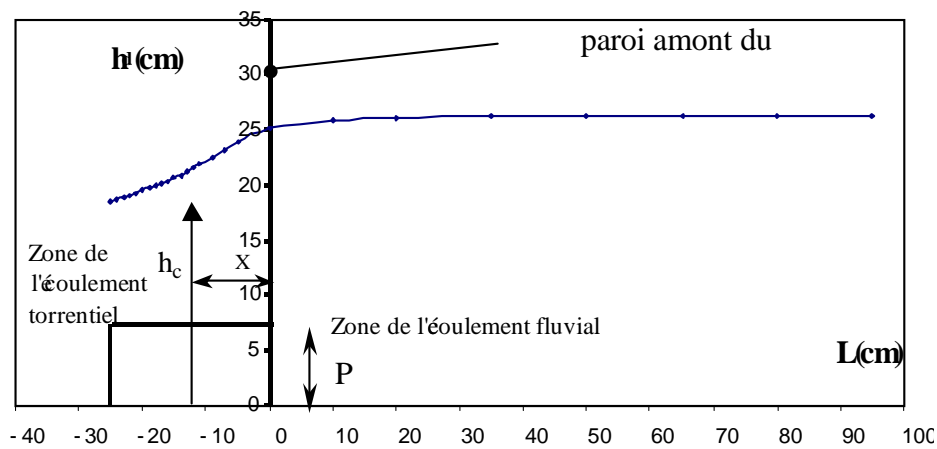


Figure 3.4.f : Profil type de l'écoulement le long du dispositif d'où $\theta = 71^\circ$, $P = 8,136$ cm, $m = 0,713293$, $h_c = 21,66$ cm, $Q = 10,63$ l/s

Les figures 3.4.a à 3.4.f présentent les profils en long de l'écoulement des dispositifs testés, elles présentent tous la variation de la profondeur déversée en fonction de la distance h_d : $h_d = f(L)$ avec h_d et L en cm.

On remarque pour les différents profils que :

- La valeur de débit maximale varie d'un dispositif à un autre et sa selon la hauteur du dispositif, son ouverture θ ainsi que sa hauteur de pelle.
- La valeur de débit maximale s'observe pour le dispositif de petit angle d'ouverture $\theta = 45^\circ$, la hauteur géométrique maximale h_0 d'où $h_0 = 43,259$ cm y compris la hauteur de pelle qui est de l'ordre de 10,259 cm.
- Cette variation de débit nous mène à des hauteurs critiques différentes, qui sont proportionnelles avec la variation du débit. La hauteur critique varie entre 21,66 cm pour la grande angle d'ouverture $\theta = 71^\circ$ et petite hauteur de pelle $P = 8,136$ cm et 33,41 cm pour $\theta = 45^\circ$, $P = 10,233$ cm.

L'observation des profils conduits aux plusieurs remarques :

- La profondeur critique h_c sépare deux zones différentes de l'écoulement, à l'aval règne l'écoulement torrentiel, et à l'amont c'est la zone de l'écoulement fluvial.
- Le passage d'un régime à un autre se fait graduellement le long du dispositif.
- La diminution des profondeurs se fait progressivement.
- Pour le même débit la diminution de l'angle θ augmente la valeur de profondeur critique et augmente la distance x . Cette remarque est importante pour le choix de section de contrôle.

III.5. Grandeurs mesurées et appareillage de mesure

III.5.1. Grandeurs mesurées

Nous avons déjà évoqué, dans le deuxième chapitre de notre mémoire un certain nombre de grandeurs à déterminer ou à mesurer tel que : la profondeur de déversement h_d , la hauteur relative de déversement h_d^* , le débit Q , la hauteur relative de pelle P^* , le paramètre adimensionnels ψ ,...etc. certain de ces grandeurs ne sont pas accessible par un mesurage directe comme P^* ψ et d'autre paramètres.

Le débit et la profondeur de déversement sont mesurés directement par des appareils. Ces mesures nous permis de déduire toutes les autres variables et paramètre par exemple la hauteur d'eau permet de calculer la hauteur relative de déversement, la

hauteur de pelle relative et de déduire le paramètre ψ d'autre part le débit nous permis de vérifier la validité de la relation du débit issu du développement théorique.

Le choix des grandeurs mesurées dépend non seulement des points de mesure mais aussi des moyens de mesure afin de minimiser au maximum les erreurs.

En fin, le choix des grandeurs mesurées dépend des objectifs et des technologies disponibles et de leur fiabilité.

III.5.2. Appareillage de mesure

III.5.2.1. Mesure de la profondeur

Le débit Q d'un écoulement à surface libre est déterminé à partir du mesurage de la hauteur d'eau h_d .

Lors de nos essais, la mesure de la profondeur de l'écoulement à l'amont du dispositif testé est un élément important dans l'évaluation du débit écoulé. Cette profondeur correspond également, dans le cas qui intéresse notre étude, à la profondeur déversée en travers de l'échancrure du dispositif. Plus la mesure de la profondeur s'effectue avec précision et plus l'évaluation du débit est acceptable. Il est donc recommandé de procéder aux mesures de la profondeur par un appareillage aussi précis que possible.

Compte tenu des performances des instruments de mesure de hauteur d'eau utilisable nous avons opté dans le cas des essais que nous avons effectués, un limnimètre à vernier à double précision, gradué au $1/10^{\text{ème}}$. Il s'agit donc d'un limnimètre dont la précision est tout à fait requise pour la nature des essais envisagés.

La hauteur d'eau déversée est mesurée dans le chenal d'amenée à l'amont du dispositif et à une distance suffisante pour avoir un plan d'eau stable.

De plus, la géométrie des dispositifs testés a pour particularité de rendre quasi horizontal le plan d'eau à l'amont du dispositif, éliminant toute perturbation de la surface libre. Ceci contribue sans doute à une meilleure précision dans la lecture des profondeurs au moyen du limnimètre utilisé.

La figure 3.10 montre le schéma simplifié du limnimètre utilisé, représenté également sur la photographie 12.

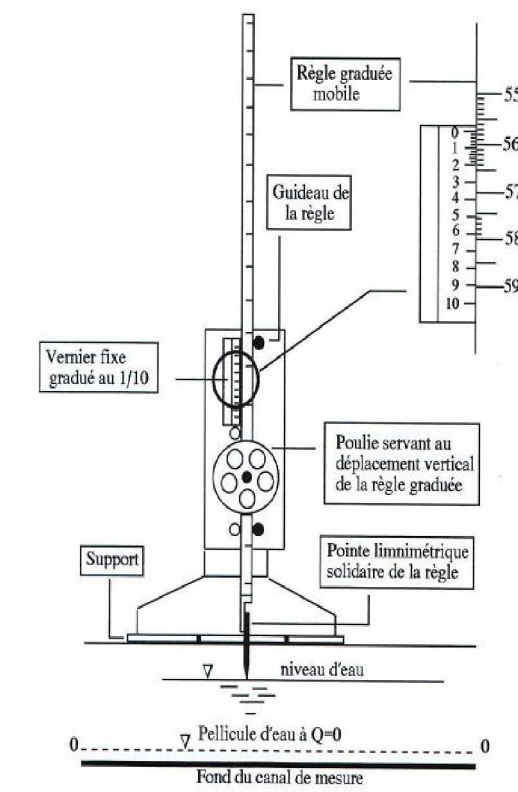


Figure 3.10 : Schéma détaillé du limnimètre à vernier utilisé.



Photographie 12: Vue de profil du limnimètre à vernier utilisé.

Le limnimètre est formé d'une règle métallique profilée en "U" et graduée sur une seule face. Elle est munie, à sa partie inférieure d'une pointe verticale, appelée pointe limnimétrique, dont le rôle est d'effleurer la surface de l'eau.

Après avoir alimenté le canal de mesure avec un débit volume Q quelconque, la pompe d'alimentation est arrêtée. Le canal se vide au fur et à mesure et une fine pellicule d'eau demeure au fond du canal. Dans cette position, nous procédons à la lecture de la graduation sur la règle, coïncidant avec l'origine O du vernier. Cette graduation correspond alors au "Zéro" du limnimètre et toutes les profondeurs obtenues à différents débits volumes Q sont mesurées par rapport à cette origine.

Le vernier est gradué en 50 parties égales et à chaque millimètre de la règle correspond une graduation de $49/50$ de mm. L'erreur absolue commise sur la lecture est donc de :

$$(1 - 49/50) = 0,02 \text{ mm}$$

Il faut cependant signaler que cette erreur absolue est liée à l'utilisation de l'appareil et ne correspond pas à l'erreur commise sur la mesure de la profondeur dans le canal de mesure si aucune perturbation n'affecte la surface libre de l'écoulement.

La lecture sur le limnimètre s'effectue en deux étapes : On procède d'abord à la lecture de la graduation sur la règle, située immédiatement en haut du zéro du vernier, puis on effectue la lecture du nombre de cinquantièmes en face de la division qui coïncide ou qui est la plus rapprochée d'une division de la règle. Un exemple est donné par le détail du vernier représenté sur la figure 3.10 qui montre, dans la position indiquée, que la mesure correspond à 55,72 mm.

III.5.2.2. Mesure du débit Q

La mesure du débit volume Q écoulé par le canal doit être mesuré et comparé avec celui calculé par la formule du débit du dispositif étudié, dans le cas où celle-ci peut être déterminée. Etant donné que notre étude s'intéresse à la mesure des débits dans les canaux ouverts, la mesure du débit volume doit donc être déterminée avec la plus grande précaution et précision possible. A cet effet, nous avons opté pour un débitmètre à ultrasons, dont la précision est de l'ordre de 0,1 à 0,2 l/s. Cet appareil est représenté sur la photographie 13.



Photographie 13 : Vue du débitmètre à ultrasons inséré dans la conduite d'alimentation du canal de mesures.

Le débitmètre à ultrasons utilisé est constitué de trois parties distinctes.

- Une règle graduée dotée d'une chaînette inoxydable. La règle graduée sert à fixer la position désirée des sondes de l'appareil (transducteurs), tandis que la chaînette sert à maintenir l'ensemble contre la conduite d'alimentation. La distance entre les sondes est dictée par l'appareil lui-même.
- Deux sondes identiques (transducteurs), placées à l'extérieur de la conduite d'alimentation et maintenues fixes grâce à la règle graduée et à la chaînette. Chacun des transducteurs joue le rôle d'émetteur et de récepteur des ondes ultrasonores. Les transducteurs sont placés dans un plan horizontal à la canalisation, en évitant les points bas et haut de celle-ci. En effet, le point haut, sujet à une éventuelle cavitation, risque de fausser les calculs de l'unité électronique. Le point bas de la canalisation risque également de fausser le calcul de l'unité électronique car il est sujet à d'éventuels dépôts solides.
- Un tableau numérique à cristaux liquides (unité électronique) qui affiche la valeur du débit écoulé par la conduite d'alimentation. L'affichage peut être obtenu, selon la préférence, en m^3/s ou en l/s . L'appareil affiche également la valeur de la vitesse moyenne de l'écoulement dans la conduite d'alimentation.
- Deux câbles, transmettant les signaux émis, relient entre- eux les sondes et le tableau d'affichage numérique.

L'affichage du débit sur le tableau d'affichage numérique est tributaire de la valeur du diamètre intérieur de la conduite d'alimentation, de son épaisseur ainsi que de la nature du matériau la constituant. Ce sont des valeurs que l'utilisateur doit introduire dans le programme du logiciel de calcul du débitmètre. Le mode de calcul utilisé par l'unité électronique est le principe du mode de transit. Le transducteur convertit une énergie électrique en une énergie mécanique sous forme de vibrations d'un cristal piézo-électrique qui émet des pulsations lorsqu'il fonctionne en mode émission. Inversement, lorsqu'il fonctionne en mode réception, le transducteur convertit la pulsation en énergie électrique. Les pulsations sont traitées et transformées en valeurs numériques (débit, vitesse, volume...).

L'un des avantages certains du débitmètre à ultrasons est d'avoir la capacité de mesurer le débit écoulé sans perturbation de l'écoulement dans la conduite d'alimentation. Les sondes se fixent sur la conduite sans pénétration à l'intérieur.

L'un des inconvénients que nous pouvons observer, lors de l'utilisation du débitmètre à ultrasons, est sa sensibilité aux vibrations de la conduite d'alimentation engendrées par le fonctionnement de la pompe.

III.6. Procédure expérimentale

Avant d'entamer la procédure expérimentale, il est nécessaire de rappeler l'objectif principal de cette partie de notre étude. Il s'agit donc de tester les dispositifs de mesure de débit que nous avons décrits précédemment, dans le but d'en définir l'expression du débit s'y écoulant.

Pour ce faire, nous installons dans le canal de mesures un dispositif de caractéristiques géométriques connues. Après avoir procédé à la meilleure étanchéité possible entre les parois du dispositif et celles du canal, nous faisons fonctionner la pompe à un débit donné par manipulation de la vanne de réglage du débit. Après une certaine durée, l'écoulement peut être considéré comme étant permanent. Ses caractéristiques ne varient ni dans l'espace ni dans le temps.

Après cette première étape, nous procédons à la mesure de la profondeur de l'écoulement à l'amont du dispositif testé, grâce au limnimètre à vernier. L'analyse des résultats des nombreux essais que nous avons effectués, a montré que l'écoulement est quasi parallèle au fond du canal. A la profondeur ainsi mesurée, correspond une valeur du débit écoulé que le débitmètre à ultrasons nous indique sur le tableau d'affichage numérique.

Cette opération se répète en modifiant le débit par manipulation de la vanne de réglage du débit. Nous obtenons ainsi, pour le même dispositif testé, un échantillon de valeurs des profondeurs mesurées à l'amont du dispositif ainsi que les valeurs des débits qui leur correspondent.

Les manipulations ci-dessus indiquées sont reproduites pour les six (06) dispositifs concernés par nos essais. Le débit volume Q ainsi mesuré varie dans la large gamme :

$$0,783 \text{ l/s} \leq Q \leq 23,67 \text{ l/s}$$

Tandis que la profondeur de déversement h_d est telle que :

$$6,52 \text{ cm} \leq h_d \leq 31,036 \text{ cm}$$

Les essais que nous avons effectués nous ont permis d'obtenir un échantillon de 122 couples de valeurs (Q, h_d) et sur lesquels s'est reposée l'interprétation de nos résultats. Le tableau 3.2 indique la gamme utilisée des débits volumes Q ainsi que celle des profondeurs mesurées h_d pour chacun des dispositifs testés.

Tableau 3.2 : Gamme des débits et des profondeurs utilisées pour chaque dispositif testé.

<i>Dispositif</i>		<i>Nombre de mesures</i>	<i>Gamme des débits (l/s)</i>	<i>Gamme des profondeurs (cm)</i>
θ (°)	P (cm)			
45°	10,259	23	1,75 ≤ Q ≤ 23,67	11,01 ≤ h _d ≤ 31,04
	8,232	19	1,68 ≤ Q ≤ 18,50	10,87 ≤ h _d ≤ 28,18
60°	10,233	20	1,35 ≤ Q ≤ 12,10	8,69 ≤ h _d ≤ 20,72
	8,232	20	0,78 ≤ Q ≤ 12,02	7,01 ≤ h _d ≤ 20,69
71°	10,268	20	0,82 ≤ Q ≤ 12,27	6,52 ≤ h _d ≤ 19,06
	8,136	20	0,88 ≤ Q ≤ 10,63	6,75 ≤ h _d ≤ 18,09

III.7. Résultats expérimentaux

III.7.1. Introduction

Cette partie de notre étude se propose de présenter les résultats des essais effectués sur les différents dispositifs testés. Ces résultats comportent la relation *hauteur déversée – débit écoulé*, coefficient de débit μ des dispositifs.

Les tableaux (3.3.a à 3.3.f) regroupent les mesures expérimentales brutes que nous avons effectuées sur les six dispositifs que nous avons précédemment décrits ainsi que les paramètres calculés.

Tableau 3.3.a : Valeurs des paramètres mesurés Q et h_d , P^* et M_d calculés
 $\theta = 45^\circ$ $P = 10,259$ cm

Q (m ³ /s)	h_d (m)	P^*	M_d
0,00175	0,11008	1,07300907	0,15561987
0,00196667	0,11538	1,12467102	0,16311247
0,00263333	0,12962	1,26347597	0,18324353
0,00341667	0,14362	1,39994151	0,20303530
0,00525	0,17042	1,66117555	0,24092241
0,00611667	0,1811	1,76527927	0,25602070
0,00643333	0,18462	1,7995906	0,26099692
0,00676667	0,18836	1,8360464	0,26628415
0,00728333	0,1941	1,89199727	0,27439877
0,0079	0,20046	1,95399162	0,28338989
0,00811667	0,20262	1,9750463	0,28644348
0,00868333	0,2081	2,02846281	0,29419054
0,00916667	0,2127	2,07330149	0,30069355
0,0099	0,21928	2,1374403	0,30999569
0,01043333	0,22386	2,18208402	0,31647042
0,01088333	0,22770	2,21951457	0,32189902
0,01176667	0,23482	2,28891705	0,33196455
0,01356667	0,24856	2,42284823	0,35138876
0,01598333	0,26536	2,58660688	0,37513889
0,01656667	0,26928	2,62481723	0,38068058
0,01838333	0,28078	2,73691393	0,39693811
0,02031667	0,29194	2,84569646	0,41271498
0,02366667	0,31036	3,02524613	0,43875530

Il ressort du tableau 3.3.a que les paramètres adimensionnels h_d ainsi que la hauteur relative de pelle P^* augmente au fur et à mesure que le débit Q ainsi que de la profondeur déversée h_d , augmente. La valeur de P^* varie entre $1,07 \leq P^* \leq 3,02$ et le paramètre M_d varié dans l'intervalle limité entre $0,155 \leq \psi \leq 0,439$.

Tableau 3.3.b : Valeurs des paramètres mesurés Q et h_d , P^* et M_d calculés ;
 $\theta = 45^\circ$ $P = 8,232$ cm

Q (m ³ /s)	h_d (m)	P^*	M_d
0,00168333	0,10868	1,3202138	0,15364069
0,00195	0,11524	1,39990282	0,16291455
0,00253333	0,12784	1,55296404	0,18072715
0,00291667	0,13504	1,64042760	0,19090577
0,00431667	0,15784	1,91739553	0,22313808
0,00531667	0,17144	2,08260447	0,24236438
0,00616667	0,18214	2,21258503	0,25749095
0,00665	0,18752	2,27793975	0,26509664
0,0072	0,19354	2,35106900	0,2736071
0,00788333	0,20070	2,43804665	0,28372918
0,00858333	0,20788	2,52526725	0,29387953
0,00918333	0,21314	2,58916424	0,30131558
0,00973333	0,21840	2,65306122	0,30875163
0,01103333	0,22970	2,79033042	0,32472642
0,01183333	0,23628	2,87026239	0,33402855
0,01325	0,24736	3,00485909	0,34969233
0,0146	0,25654	3,11637512	0,36267007
0,0164	0,26884	3,26579203	0,38005856
0,0185	0,28184	3,42371234	0,39843663

Comme pour le dispositif précédent, l'augmentation du débit Q et de la profondeur h_d est proportionnelle avec les paramètres adimensionnels.

Tableau 3.3.c : Valeurs des paramètres mesurés Q et h_d , P^* et M_d calculés ;
 $\theta = 60^\circ$ $P = 10,233$ cm

Q (m ³ /s)	h_d (m)	P^*	M_d
0,00135	0,08688	0,84901788	0,17119517
0,00156667	0,09214	0,90042021	0,18155989
0,0018	0,09724	0,95025897	0,19160933
0,00198333	0,10096	0,98661194	0,19893951
0,00228333	0,10678	1,04348676	0,21040769
0,00245	0,10976	1,07260823	0,21627972
0,00281667	0,11598	1,13339197	0,2285361
0,00316667	0,12156	1,18792143	0,23953137
0,00365	0,12856	1,25632757	0,25332472
0,00398333	0,13326	1,3022574	0,26258596
0,00443333	0,13890	1,3573732	0,27369946
0,00496667	0,14536	1,4205023	0,28642875
0,00658333	0,16252	1,58819506	0,32024217
0,00688333	0,16552	1,61751197	0,3261536
0,00745	0,17080	1,66910974	0,33655773
0,00793333	0,17500	1,71015343	0,34483374
0,00843333	0,17940	1,75315157	0,35350384
0,009	0,18410	1,7990814	0,36276509
0,00995	0,19152	1,87159191	0,37738604
0,0121	0,20716	2,02443076	0,40820433

Tableau 3.3.d : Valeurs des paramètres mesurés Q et h_d , P^* et M_d calculés ;
 $\theta = 60^\circ$ $P = 8,232$ cm

Q (m ³ /s)	h_d (m)	P^*	M_d
0,00078333	0,07014	0,85204082	0,13820936
0,00138333	0,08774	1,06584062	0,17288978
0,00148333	0,09038	1,09791059	0,17809185
0,00183333	0,09790	1,18926142	0,19290984
0,00201667	0,10190	1,23785228	0,20079176
0,00226667	0,10658	1,2947036	0,21001360
0,00266667	0,11372	1,38143829	0,22408281
0,00295	0,11834	1,43756074	0,23318643
0,00411667	0,13534	1,64407191	0,26668456
0,00436667	0,13830	1,68002915	0,27251718
0,00555	0,15222	1,84912536	0,29994624
0,00586667	0,15562	1,8904276	0,30664586
0,00625	0,15950	1,93756074	0,31429132
0,00665	0,16364	1,98785228	0,32244910
0,0073	0,16972	2,06171040	0,33442961
0,00791667	0,17530	2,12949466	0,34542488
0,00871667	0,18218	2,21307094	0,35898177
0,00975	0,19038	2,31268222	0,37513970
0,01076667	0,19810	2,40646259	0,39035179
0,01201667	0,20694	2,51384840	0,40777082

Tableau 3.3.e : Valeurs des paramètres mesurés Q et h_d , P^* et M_d calculés ;
 $\theta = 71^\circ$ $P = 10,268$ cm

Q (m ³ /s)	h_d (m)	P^*	M_d
0,00081667	0,06522	0,63517725	0,15877464
0,00116667	0,07512	0,7315933	0,18287567
0,00136667	0,07994	0,77853526	0,19460970
0,00161667	0,08554	0,83307363	0,20824260
0,0019	0,09098	0,88605376	0,22148600
0,00216667	0,09580	0,93299571	0,23322003
0,00248333	0,10134	0,98694975	0,24670687
0,00291667	0,10810	1,05278535	0,26316373
0,00335	0,11410	1,11121932	0,27777041
0,00375	0,11942	1,16303078	0,29072167
0,00398333	0,12214	1,18952084	0,29734337
0,00451667	0,12832	1,24970783	0,31238825
0,00473333	0,13082	1,27405532	0,31847437
0,00591667	0,14306	1,39326062	0,34827200
0,00708333	0,15348	1,49474094	0,37363894
0,00846667	0,16442	1,60128555	0,40027179
0,00975	0,17390	1,69361122	0,42335035
0,01143333	0,18522	1,80385664	0,45090829
0,01186667	0,18820	1,83287885	0,45816294
0,01226667	0,19064	1,85664199	0,46410299

Tableau 3.3.f : Valeurs des paramètres mesurés Q et h_d , P^* et M_d calculés ;
 $\theta = 71^\circ$ $P = 8.136$ cm

Q (m ³ /s)	h_d (m)	P^*	M_d
0,00088333	0,06752	0,82989184	0,16437387
0,00118333	0,07558	0,92895772	0,18399551
0,00136667	0,07988	0,98180924	0,19446363
0,0016	0,08534	1,04891839	0,20775572
0,00181667	0,08964	1,10176991	0,21822384
0,0021	0,09498	1,16740413	0,23122379
0,00256667	0,10286	1,26425762	0,25040723
0,00281667	0,10654	1,30948869	0,25936599
0,00316667	0,11172	1,37315634	0,27197643
0,00365	0,11824	1,45329400	0,28784902
0,00433333	0,12648	1,55457227	0,30790887
0,00471667	0,13086	1,60840708	0,31857175
0,00538333	0,13794	1,69542773	0,33580763
0,00586667	0,14286	1,75589971	0,34778511
0,00628333	0,14686	1,80506391	0,35752290
0,00686667	0,15198	1,86799410	0,36998727
0,00763333	0,15830	1,94567355	0,38537298
0,00816667	0,16308	2,00442478	0,39700963
0,00906667	0,16960	2,08456244	0,41288223
0,01063333	0,18086	2,22295969	0,44029410

Au regard de l'ensemble des résultats consignés dans les tableaux (3.3.a à 3.3.f), nous pouvons confirmer que le débit Q et la hauteur déversée h_d varient proportionnellement avec les autres variables adimensionnels. Les valeurs de P^* varient dans une gamme $0,635 \leq P^* \leq 3,42$. En ce qui concerne le paramètre M_d sa valeur, varie cependant en croissance dans la gamme $0,318 \leq M_d \leq 0,464$ ce qui confirme de ce qui à été mentionné dans le développement théorique que $0 \leq M_d \leq 0,50$.

III.7.2. Hauteur relative de déversement

Comme a été déjà mentionné lors de notre étude théorique, la hauteur relative de déversement h_d^* est le rapport entre la hauteur de déversement h_d mesuré à l'amont du dispositif et la profondeur critique dans la section de contrôle triangulaire.

$$D'où : h_d^* = h_d/h_c$$

Pour le cas de notre dispositif de mesure (triangulaire) la profondeur critique est connue universellement sous la forme :

$$h_c = \left[\frac{2Q^2}{g m^2} \right]^{1/5}$$

III.7.2.1 Calcul de la hauteur relative de déversement

Le calcul de la hauteur relative de déversement expérimentale est possible en connaissant le débit expérimental véhiculé par l'appareil de mesure.

Les valeurs de $h_{d\ the}^*$ sont mesurées à partir de la formule (2.7) :

Avec :

$$h_d^{*-1} \approx 0,1004\psi^{1,0787} + 0,7368$$

D'où :

$$\Psi = M_d / (1 + P^*)$$

Nous présentons dans la figure 3.6 la variation théorique et expérimentale de la hauteur relative de déversement pour tous les dispositifs testés.

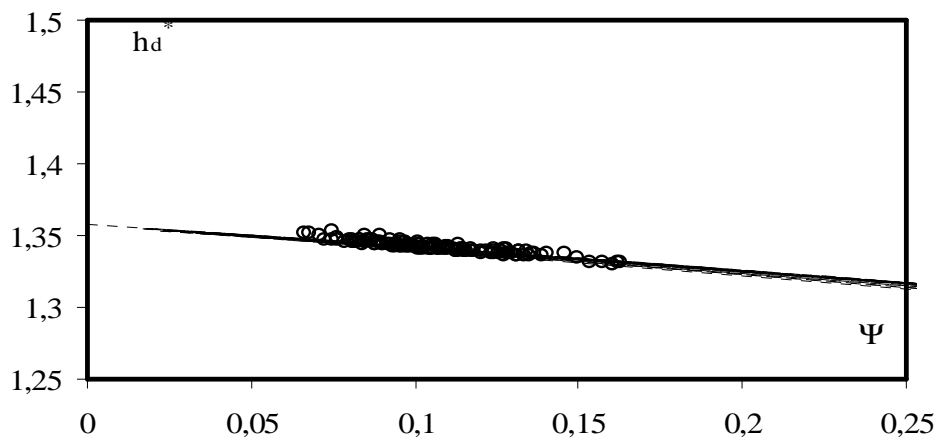


Figure 3.6 : Variation de la hauteur relative de déversement en fonction du paramètre adimensionnel Ψ .(- -)Courbe théorique tracée selon la relation (2.7), (ooo)points expérimentaux

La figure 3.6 montre que la valeur de la hauteur relative de déversement h_d^* diminue au fur et à mesure que la valeur du paramètre adimensionnels Ψ augmente.

Les valeurs expérimentales de Ψ limite sont : $0,05 \leq \psi \leq 0,20$, tandis que les valeurs expérimentales de h_d^* varient dans l'intervalle limité : $1,33 \leq h_d^* \leq 1,3523$.

Les tableaux 3.4.a à 3.4.f rassemblent les valeurs calculées des hauteurs relatives de déversement théoriques et expérimentales ainsi que les écarts entre eux, tandis que

les figures 3.7a à 3.7f représentent les variations théoriques et expérimentales de la hauteur relative de déversement pour tous les dispositifs.

Tableau 3.4.a : Valeurs des hauteurs relatives de déversement théoriques et expérimentales et les écarts entre eux.

$\theta = 45^\circ$; $P = 10.232 \text{ cm}$

$h_d \text{ exp.}^{*-1}$	$h_d \text{ thé}^{*-1}$	Ecart (%)
0,74214591	0,74294747	0,10788989
0,74189811	0,74309788	0,16145424
0,74218610	0,74346908	0,17256699
0,74337614	0,74379341	0,05609908
0,74391901	0,74432381	0,05438458
0,74416626	0,74450790	0,04588883
0,74486604	0,74456564	-0,04034496
0,74497848	0,74462550	-0,04740477
0,74454172	0,74471448	0,02319843
0,74474159	0,74480922	0,00908006
0,74481990	0,74484052	0,00276793
0,74504929	0,74491800	-0,01762511
0,74490276	0,74498100	0,01050251
0,74513944	0,74506805	-0,00958218
0,74537570	0,74512661	-0,03343010
0,74528819	0,74517447	-0,01526073
0,74560497	0,74526039	-0,04623631
0,74565944	0,74541650	-0,03259033
0,74578558	0,74559179	-0,02599144
0,74554258	0,74563045	0,01178397
0,74539424	0,74573935	0,04627791
0,74615641	0,74583906	-0,04255040
0,74605628	0,74599199	-0,00861896

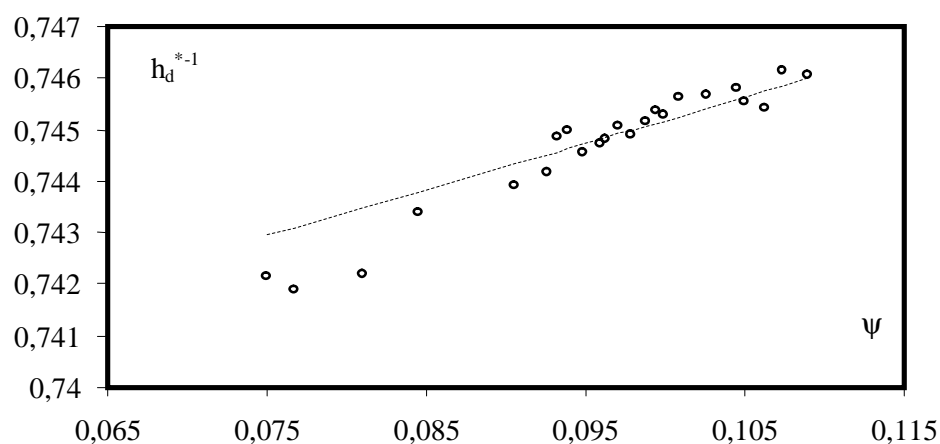


Figure 3.7.a : Variation théorique et expérimentale de h_d^{*-1} , en fonction du paramètre adimensionnel Ψ ($\theta = 45^\circ$, $P = 10.259 \text{ cm}$).

Tableau 3.4.b : Valeurs des hauteurs relatives de déversement théoriques et expérimentales et les écarts entre eux.

$\theta = 45^\circ$; $P = 8.232 \text{ cm}$

$h_d \text{ exp.}^{*-1}$	$h_d \text{ thé}^{*-1}$	Ecart (%)
0,74011792	0,74216937	0,27641249
0,74027502	0,74231518	0,27483827
0,74095643	0,74257040	0,21734879
0,74212111	0,74270328	0,07838437
0,74271951	0,74307263	0,04752194
0,74323493	0,74326196	0,00363706
0,74233059	0,74339749	0,14351687
0,74312789	0,74346164	0,04489102
0,74326684	0,74353051	0,03546084
0,74322290	0,74360866	0,05187720
0,74239012	0,74368322	0,17387888
0,74390534	0,74373558	-0,02282479
0,74307817	0,74378614	0,09518444
0,74285525	0,74388906	0,13897373
0,74267427	0,74394568	0,17090143
0,74223149	0,74403597	0,24252630
0,74399249	0,74410637	0,01530485
0,74374858	0,74419499	0,05998592
0,74447233	0,74428223	-0,02554126

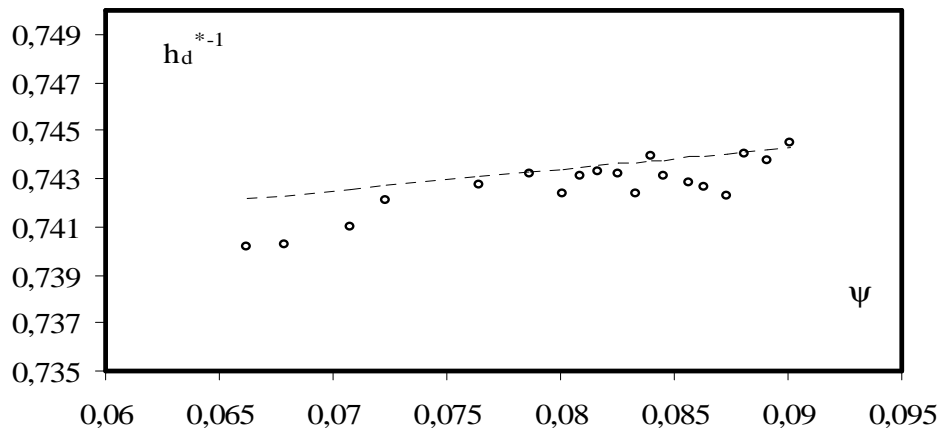


Figure 3.7.b : Variation théorique et expérimentale de h_d^{*-1} , en fonction du paramètre adimensionnel ψ ($\theta = 45^\circ$, $P = 8,232 \text{ cm}$).

Tableau 3.4.c : Valeurs des hauteurs relatives de déversement théoriques et expérimentales et les écarts entre eux.

$\theta = 60^\circ$; $P = 10,233 \text{ cm}$

$h_d \text{ exp.}^{*-1}$	$h_d \text{ thé}^{*-1}$	Ecart (%)
0,74218157	0,74450818	0,31250268
0,74274357	0,74477340	0,27254241
0,74397873	0,74501777	0,13946477
0,74491276	0,74518860	0,03701672
0,74513383	0,74544415	0,04162899
0,74562216	0,74556977	-0,00702657
0,74611805	0,74582131	-0,03978667
0,74601355	0,74603548	0,00293963
0,74663398	0,74628999	-0,04609326
0,74592527	0,74645265	0,07065120
0,74694114	0,74663972	-0,04036998
0,74692597	0,74684381	-0,01100058
0,74776992	0,74733886	-0,05768034
0,74742137	0,74741905	-0,00031061
0,74760313	0,74755601	-0,00630281
0,74823962	0,74766133	-0,07734724
0,74795202	0,74776836	-0,02456052
0,74806560	0,74787914	-0,02493189
0,74853406	0,74804697	-0,06511513
0,74834992	0,74837490	0,00333762

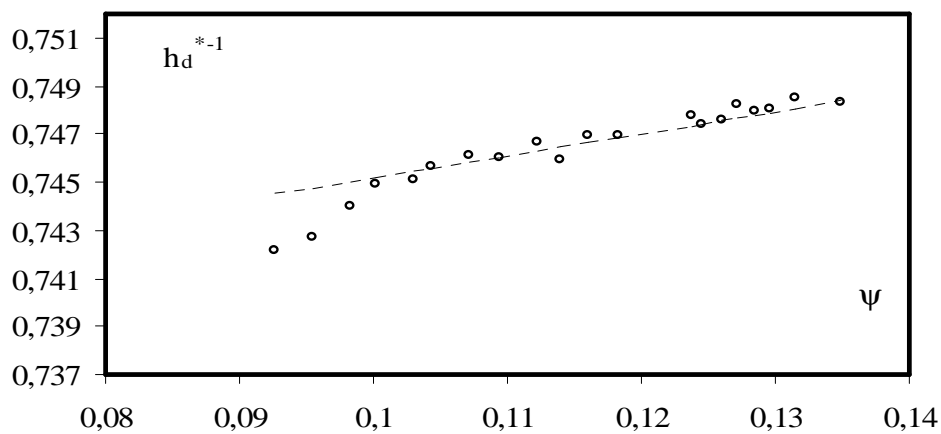


Figure 3.7.c : Variation théorique et expérimentale de h_d^{*-1} , en fonction du paramètre adimensionnel ψ ($\theta = 60^\circ$, $P = 10.233 \text{ cm}$).

Tableau 3.4.d : Valeurs des hauteurs relatives de déversement théoriques et expérimentales et les écarts entre eux.

$\theta = 60^\circ$; $P = 8,232 \text{ cm}$

$h_d \text{ exp.}^{*-1}$	$h_d \text{ thé}^{*-1}$	Écarts (%)
0,73945092	0,74290825	0,46537845
0,74211221	0,74371227	0,21514496
0,74083183	0,74381927	0,40163463
0,74440683	0,74410746	-0,04023263
0,74297796	0,74425148	0,17111365
0,74434764	0,74441248	0,00871014
0,74446985	0,74464373	0,02335188
0,74489269	0,74478484	-0,01447994
0,74419814	0,74525379	0,14165013
0,74564877	0,74532823	-0,04300630
0,74566189	0,74565367	-0,00110253
0,74574032	0,74572749	-0,00172027
0,74625592	0,74580925	-0,05989027
0,74565109	0,74589371	0,03252692
0,74626417	0,74601280	-0,03369483
0,74633103	0,74611725	-0,02865205
0,74633867	0,74624007	-0,01321311
0,74692500	0,74637851	-0,07321875
0,74686912	0,74650156	-0,04923709
0,74707745	0,74663453	-0,05932325

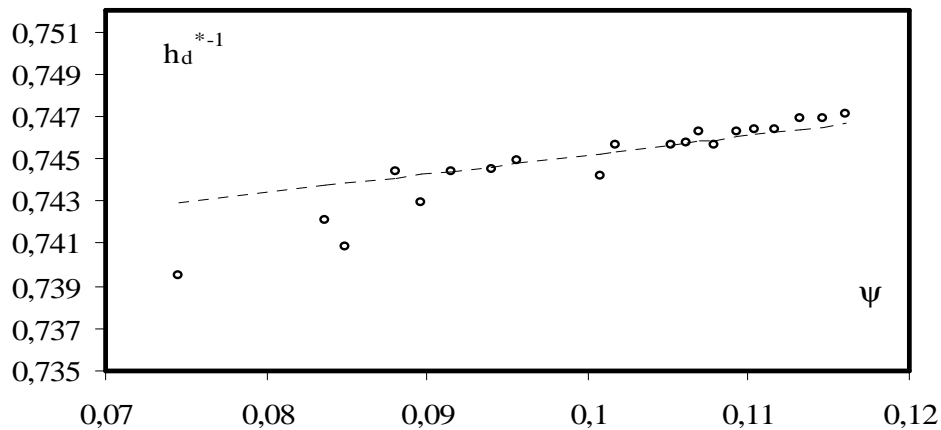


Figure 3.7.d : Variation théorique et expérimentale de h_d^{*-1} , en fonction du paramètre adimensionnel ψ ($\theta = 60^\circ$, $P = 8.232 \text{ cm}$).

Tableau 3.4.e : Valeurs des hauteurs relatives de déversement théoriques et expérimentales et les écarts entre eux.

$\theta = 71^\circ$; $P = 10,268 \text{ cm}$

$h_d \text{ exp.}^{*-1}$	$h_d \text{ thé}^{*-1}$	Ecart (%)
0,74302282	0,74491417	0,25390177
0,74402606	0,74568402	0,22234084
0,74484501	0,74603024	0,15887239
0,74446444	0,74641131	0,26083010
0,74665593	0,74676136	0,01411761
0,74733676	0,74705618	-0,03755852
0,74610186	0,74737853	0,17082066
0,74592307	0,74774981	0,24429846
0,74695991	0,74806066	0,14714703
0,74662143	0,74832271	0,22734543
0,74783495	0,74845206	0,08245210
0,74851047	0,74873500	0,02998828
0,74809664	0,74884534	0,09998003
0,74795873	0,74935408	0,18620706
0,74921816	0,74974990	0,07092284
0,75109584	0,75013309	-0,12834364
0,75139323	0,75044120	-0,12686224
0,75187610	0,75078313	-0,14557670
0,75106391	0,75086882	-0,02598158
0,75134882	0,75093771	-0,05474676

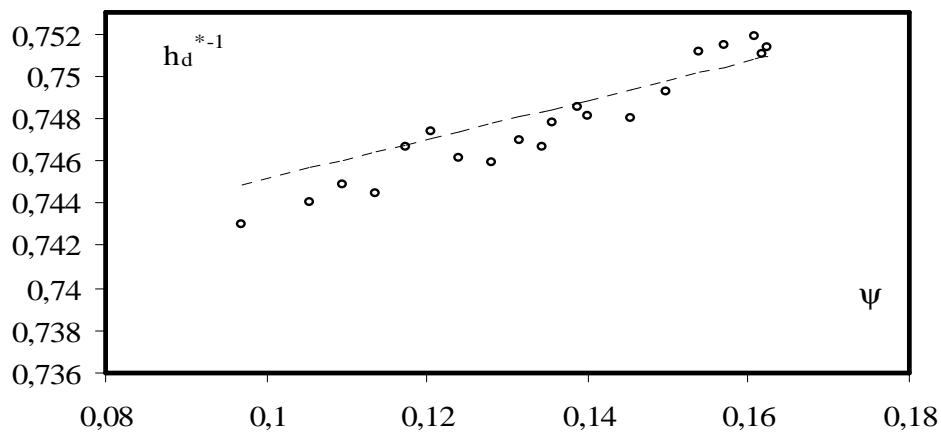


Figure 3.7.e : Variation théorique et expérimentale de h_d^{*-1} , en fonction du paramètre adimensionnel ψ ($\theta = 71^\circ$, $P = 10.268 \text{ cm}$).

Tableau 3.4.f: Valeurs des hauteurs relatives de déversement théoriques et expérimentales et les écarts entre eux.

$\theta = 71^\circ$; $P = 8,136 \text{ cm}$

$h_d \text{ exp.}^{*-1}$	$h_d \text{ thé}^{*-1}$	Ecart (%)
0,74059782	0,74426061	0,49213840
0,74370545	0,74475983	0,14157273
0,74540448	0,74500660	-0,05340645
0,74312243	0,74530230	0,29248202
0,74434327	0,74552238	0,15815904
0,74442434	0,74578126	0,18194574
0,74484564	0,74613675	0,17303864
0,74635681	0,74629286	-0,00856928
0,74589041	0,74650282	0,08203684
0,74596377	0,74675203	0,10555845
0,74691640	0,74704520	0,01724186
0,74681352	0,74719200	0,05065423
0,74695648	0,74741719	0,06163985
0,74646755	0,74756549	0,14686870
0,74634139	0,74768145	0,17922819
0,74726899	0,74782420	0,07424388
0,74846206	0,74799217	-0,06281954
0,74641824	0,74811356	0,22661291
0,74837320	0,74827182	-0,01354811
0,74798047	0,74852694	0,07300591

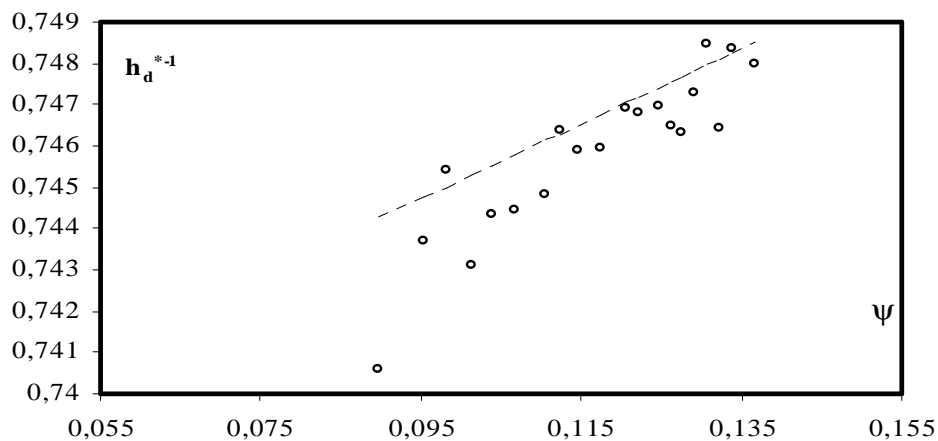


Figure 3.7.f : Variation théorique et expérimentale de h_d^{*-1} , en fonction du paramètre adimensionnel ψ ($\theta = 71^\circ$, $P = 8.136 \text{ cm}$).

Il ressort ainsi des tableaux 3.4.a à 3.4.f que les écarts entre les valeurs expérimentales et calculées du hauteur relative de déversement h_d^{*-1} , des dispositifs testés, sont très acceptables et les figures 3.7.a à 3.7.f indiquent clairement que les hauteurs

expérimentales forment un nuage de points par rapport aux ceux calculées par la relation (2.7). Au regard de nos résultats, nous pouvons ainsi conclure à la fiabilité de la relation (2.7) qui permet, d'évaluer la hauteur relative de déversement du dispositif que nous avons testé.

L'écart relatif maximal observé est de l'ordre de 0,493% et ne s'obtient que pour la plus petite valeur de $\psi = 0.05$ est associée à la valeur de $P^* = 0,8299$.

Cette remarque nous permet de conclure la fiabilité de la relation théorique approchée vu l'écart admissible entre les résultats.

III.7.3. Charge totale de déversement

Comme pour la hauteur relative h_d^* , la charge totale relative de déversement H_d^* est ainsi liée au paramètre adimensionnel ψ . Nous rappelons que la charge totale relative H_d^* de déversement,

$$H_d^* = H_d / h_c .$$

III.7.3.1. Calcul de la charge totale relative de déversement

L'évaluation de la charge totale de déversement que nous avons effectué précédemment dans le développement théorique s'exprime par la relation (2.12)

$$H_d^{*-1} \approx 0,0768\psi + 0,7368$$

Cette relation sera confrontée, dans cette section de notre étude, aux valeurs issues de l'expérimentation des dispositifs considérés. On présentera dans la figure qui suit la variation expérimentale et théorique de la charge totale relative de déversement en fonction du paramètre ψ .

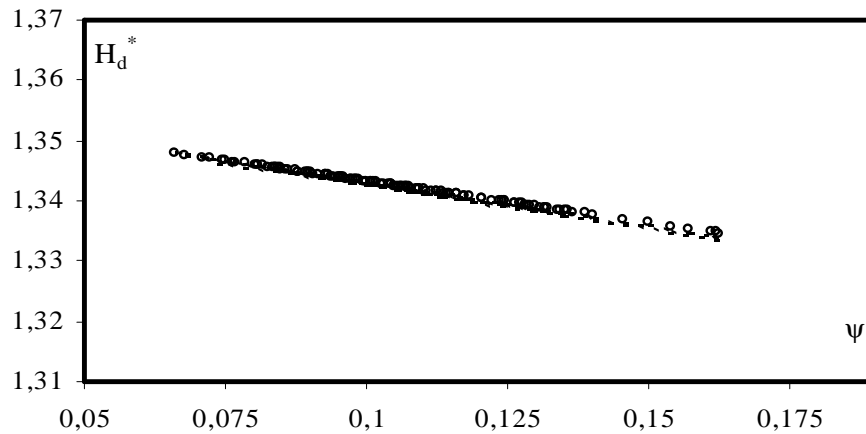


Figure 3.8 : Variation théorique et expérimentale de la charge totale relative de déversement en fonction du paramètre ψ .
 (---) Courbe théorique tracée selon la relation (2.11), (○○○) points expérimentaux

Nous pouvons ainsi constater que $H_{d \text{ exp}}^*$ se comporte de la même façon que $H_{d \text{ thé}}^*$ c'est-à-dire qu'il diminue quasi linéairement lorsque ψ augmente dans la gamme de ψ et que le paramètre ψ est limité expérimentalement à : $0,05 \leq \psi \leq 0,2$

Les résultats de calcul des valeurs de H_d^{*-1} théoriques et expérimentales pour tous les dispositifs testés avec les hauteurs d'eau déversées mesurées lors des essais, sont regroupés dans les tableaux 3.5.a à 3.5.f.

Tableau3.5.a : Valeurs expérimentale et théorique des charges totales relatives de déversement calculée et h_d mesuré.

$\theta = 45^\circ$; $P = 10.232 \text{ cm}$

$H_d \text{ exp.}^{*-1}$	$H_d \text{ thé}^{*-1}$	h_d
1,34668284	1,35722041	0,11008
1,34644594	1,35018362	0,11538
1,34586337	1,34321943	0,12962
1,34535672	1,33632671	0,14362
1,34453260	1,32950436	0,17042
1,34424781	1,32275132	0,18110
1,34415861	1,31606654	0,18462
1,34406622	1,30944898	0,18836
1,34392897	1,30289764	0,19410
1,34378299	1,29641153	0,20046
1,34373481	1,28998968	0,20262
1,34361558	1,35082032	0,20810
1,34351872	1,34448030	0,21270
1,34338499	1,33819951	0,21928
1,34329511	1,33197714	0,22386
1,34322169	1,32581236	0,22770
1,34308998	1,31970439	0,23482
1,34285098	1,31365243	0,24856
1,34258311	1,30765573	0,26536
1,34252410	1,30171353	0,26928
1,34235799	1,29582509	0,28078
1,34220608	1,35135135	0,29194
1,34197338	1,34553283	0,31036

Tableau3.5.b : Valeurs expérimentale et théorique des charges totales relatives de déversement calculée et h_d mesuré.

$\theta = 45^\circ$; $P = 8.232 \text{ cm}$

$H_d \text{ exp.}^{*-1}$	$H_d \text{ thé}^{*-1}$	h_d
1,34791677	1,33976420	0,10868
1,34768442	1,33404482	0,11524
1,34727901	1,32837407	0,12784
1,34706854	1,32275132	0,13504
1,34648567	1,31717597	0,15784
1,34618806	1,31164743	0,17144
1,34597550	1,30616510	0,18214
1,34587502	1,30072841	0,18752
1,34576725	1,35180101	0,19354
1,34564506	1,34642472	0,20070
1,34552860	1,34109103	0,20788
1,34544689	1,33579942	0,21314
1,34536805	1,33054941	0,21840
1,34520769	1,32534051	0,22970
1,34511957	1,32017223	0,23628
1,34497916	1,31504410	0,24736
1,34486980	1,30995566	0,25654
1,34473226	1,30490645	0,26884
1,34459702	1,35218668	0,28184

Tableau3.5.c : Valeurs expérimentale et théorique des charges totales relatives de déversement calculée et h_d mesuré.

$\theta = 60^\circ$; $P = 10,233 \text{ cm}$

$H_d \text{ exp.}^{*-1}$	$H_d \text{ thé}^{*-1}$	h_d
1,34424739	1,34719015	0,08688
1,34383817	1,34223040	0,09214
1,34346222	1,33730705	0,09724
1,34320002	1,33241967	0,10096
1,34280870	1,32756790	0,10678
1,34261673	1,32275132	0,10976
1,34223310	1,31796957	0,11598
1,34190725	1,31322227	0,12156
1,34152096	1,30850905	0,12856
1,34127459	1,35252110	0,13326
1,34099173	1,34785422	0,13890
1,34068370	1,34321943	0,14536
1,33993904	1,33861641	0,16252
1,33981873	1,33404482	0,16552
1,33961346	1,32950436	0,17080
1,33945580	1,32499470	0,17500
1,33929570	1,32051553	0,17940
1,33913017	1,31606654	0,18410
1,33887970	1,31164743	0,19152
1,33839135	1,35281385	0,20716

Tableau3.5.d : Valeurs expérimentale et théorique des charges totales relatives de déversement calculée et h_d mesuré.

$\theta = 60^\circ$; $P = 8,232 \text{ cm}$

$H_d \text{ exp.}^{*-1}$	$H_d \text{ thé}^{*-1}$	h_d
1,34674469	1,34843581	0,07014
1,34548327	1,34408602	0,08774
1,34531641	1,33976420	0,09038
1,34486811	1,33547009	0,09790
1,34464467	1,33120341	0,10190
1,34439535	1,32696391	0,10658
1,34403808	1,32275132	0,11372
1,34382054	1,31856540	0,11834
1,34310009	1,31440589	0,13534
1,34298607	1,35307227	0,13830
1,34248867	1,34894941	0,15222
1,34237608	1,34485159	0,15562
1,34225147	1,34077860	0,15950
1,34212288	1,33673020	0,16364
1,34194173	1,33270618	0,16972
1,34178304	1,32870631	0,17530
1,34159665	1,32473038	0,18218
1,34138684	1,32077817	0,19038
1,34120058	1,31684948	0,19810
1,34099957	1,35330206	0,20694

Tableau3.5.e : Valeurs expérimentale et théorique des charges totales relatives de déversement calculée et h_d mesuré.

$\theta = 71^\circ$; $P = 10,268 \text{ cm}$

$H_d \text{ exp.}^{*-1}$	$H_d \text{ thé}^{*-1}$	h_d
1,34362148	1,34940626	0,06522
1,34244236	1,34553283	0,07512
1,34191522	1,34168157	0,07994
1,34133717	1,33785230	0,08554
1,34080808	1,33404482	0,09098
1,34036384	1,33025896	0,09580
1,33987951	1,32649452	0,10134
1,33932344	1,32275132	0,10810
1,33885929	1,31902919	0,11410
1,33846897	1,35350772	0,11942
1,33827663	1,34981529	0,12214
1,33785665	1,34614295	0,12832
1,33769314	1,34249053	0,13082
1,33694114	1,33885788	0,14306
1,33635816	1,33524484	0,15348
1,33579553	1,33165125	0,16442
1,33534431	1,32807694	0,17390
1,33484481	1,32452178	0,18522
1,33471983	1,32098559	0,18820
1,33461942	1,35369287	0,19064

Tableau3.5.f : Valeurs expérimentale et théorique des charges totales relatives de déversement calculée et h_d mesuré.

$\theta = 71^\circ$; $P = 8,136 \text{ cm}$

$H_d \text{ exp.}^{*-1}$	$H_d \text{ thé}^{*-1}$	h_d
1,34463052	1,35018362	0,06752
1,34385908	1,34669252	0,07558
1,34347939	1,34321943	0,07988
1,34302578	1,33976420	0,08534
1,34268913	1,33632671	0,08964
1,34229412	1,33290680	0,09498
1,34175344	1,32950436	0,10286
1,34151661	1,32611924	0,10654
1,34119867	1,32275132	0,11172
1,34082215	1,35401280	0,11824
1,34038035	1,35082032	0,12648
1,34015959	1,34764285	0,13086
1,33982153	1,34448030	0,13794
1,33959927	1,34133255	0,14286
1,33942569	1,33819951	0,14686
1,33921224	1,33508108	0,15198
1,33896144	1,33197714	0,15830
1,33878042	1,32888760	0,16308
1,33854470	1,32581236	0,16960
1,33816539	1,35427952	0,18086

Au regard des résultats des tableaux précédents on constate que H_{dexp}^{*-1} règne au tours d'une valeur moyenne pour les différentes valeurs de P^* et θ Ces valeurs sont regroupées dans le tableau suivant :

Tableau 3.6 : Valeurs moyenne de la charge totale relative de déversement

$H_d moy^{*-1}$	θ	P
1,3438	45°	10.232
1,3459	45°	8.232
1,3411	60°	10.2.33
1,3432	60°	8.232
1,3385	71°	10.268
1,3409	71°	8.136

On remarque d'après les résultats conçus dans le tableau 3.6 que la charge totale relative de déversement diminue avec l'accroissement de la hauteur de pelle et pour le même angle d'ouverture de l'échancrure, par contre augmente proportionnellement avec l'accroissement de θ c'est-à-dire que pour une hauteur de pelle plus petite on aura une valeur maximale de H_d^{*-1} avec θ maximale.

III.7.4 Coefficient de débit du dispositif et expression du débit

Comme nous l'a indiqué la recherche bibliographique que nous avons effectué sur les déversoirs et les appareils de mesure du débit de forme diverses, la relation exprimant le débit se rapporte en règle générale au débit unitaire écoulé par le canal d'amenée de forme rectangulaire.

III.7.4.1 Vitesse d'approche de l'écoulement négligée

Nous rappelons que lorsque la vitesse d'approche est négligée, la charge totale de déversement est assimilée à la hauteur de déversement, soit $H_d \approx h_d$. Le débit volume Q écoulé par le dispositif s'écrit :

$$Q = \frac{1}{2}(0,1004\psi^{1,0787} + 0,7368)^{5/2} m \sqrt{2g} h_d^{5/2}$$

Le coefficient de débit s'écrit d'après la relation 2.14

$$\mu_o \approx \frac{1}{2}(0,1004\psi^{1,0787} + 0,7368)^{5/2}$$

La relation du coefficient de débit μ_o montre qu'il n'est fonction que du paramètre adimensionnel ψ . Nous présentons dans les tableaux 3.7.a à 3.7.f nous rassemblerons les résultats de nos essais et de nos calculs concernant les valeurs de μ_o , μ_{the} et les écarts entre eux. Dans la figure 3.10 nous présentons la variation théorique et expérimentale de μ_o en fonction de ψ .

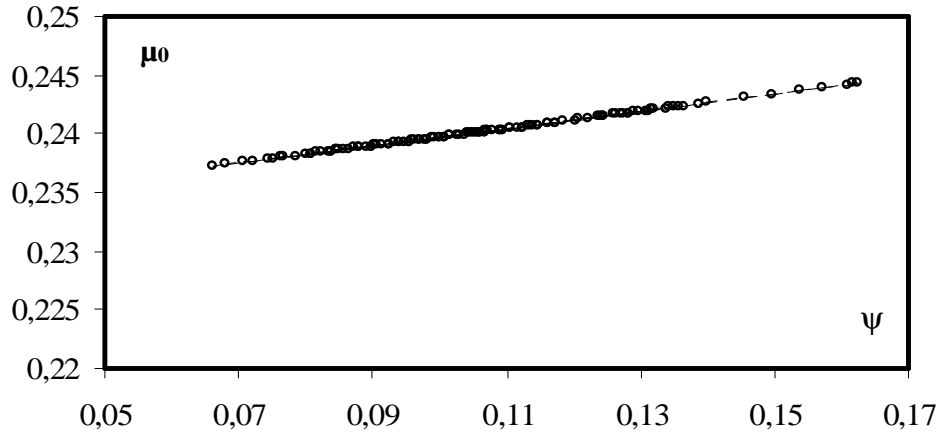


Figure 3.10 : Variation du coefficient de débit μ_o en fonction du paramètre ψ .
 (---) Courbe théorique tracée selon la relation (2.16), (ooo) points expérimentaux

On constate d'après la figure 3.10 que les valeurs de μ_{exp} forment un nuage de point par rapport à la courbe théorique, dans l'intervalle réduit de ψ d'où $0,06 \leq \psi \leq 0,17$

Et μ_{exp} varie dans la gamme de $0,235 \leq \mu \leq 0,245$.

III.7.4.2 Vitesse d'approche de l'écoulement non négligée

Dans le cas où la vitesse d'approche de l'écoulement n'est pas négligée, l'expression théorique du coefficient de débit du dispositif étudié ainsi que celle du débit volume Q écoulé s'exprime comme suit :

$$\mu = \mu_o(1 + \mu_o^2 \psi^2)^{5/2}$$

D'où μ_o est le coefficient de débit sans vitesse d'approche

$$Q = \mu_o(1 + \mu_o^2 \psi^2)^{5/2} m \sqrt{2g} h_d^{5/2}$$

Sur la figure 3.11 nous allons représenter les valeurs expérimentales et théoriques du coefficient de débit en fonction de ψ .

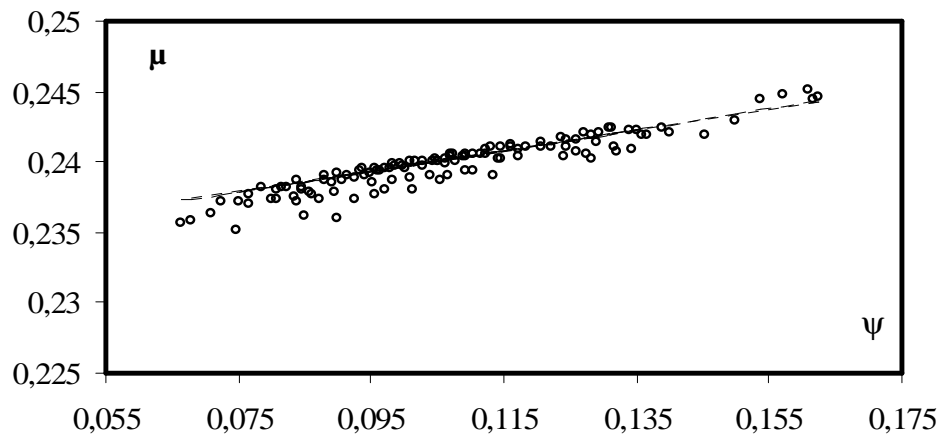


Figure 3.11 : Variation du coefficient de débit en fonction du paramètre ψ .
 (---) Courbe théorique tracée selon la relation (2.28), (○○○) points expérimentaux

L'effet de la vitesse d'approche de l'écoulement sur le coefficient de débit du dispositif testé s'exprime par une légère diminution entre les résultats expérimentaux et théoriques d'où on remarque que cette diminution n'est pas vraiment significative.

Sur la figure 3.12 nous allons présenter les écarts relatifs sur le coefficient de débit dans la totalité des résultats.

Les tableaux 3.7.a à 3.7.f rassemblent tous les valeurs de μ que se soit avec ou sans vitesse d'approche et l'écart qui est due à l'effet de la vitesse d'approche.

Ces résultats seront confrontés avec ceux issues de l'expérimentation pour pouvoir valider l'expression théorique que nous avons développée lors de la deuxième partie.

Tableau 3.7.a : Valeurs des coefficients de débit théoriques μ_0 , μ_{the} et les écarts entre eux.

$\theta = 45^\circ$; $P = 10.232 \text{ cm}$

μ_0	$\mu_{thé}$	E(%)
0,23788402	0,23807372	0,07968121
0,23800444	0,23820314	0,08341562
0,23830178	0,23852357	0,09298594
0,23856175	0,23880476	0,10175926
0,23898728	0,23926706	0,11693411
0,23913508	0,23942823	0,12244084
0,23918145	0,23947886	0,12419351
0,23922951	0,23953138	0,12602310
0,23930099	0,23960953	0,12876739
0,23937711	0,23969283	0,13172092
0,23940225	0,23972037	0,13270376
0,23946452	0,23978860	0,13515253
0,23951516	0,23984413	0,13715975
0,23958513	0,23992091	0,13995691
0,23963220	0,23997261	0,14185408
0,23967069	0,24001490	0,14341419
0,23973978	0,24009088	0,14623554
0,23986535	0,24022913	0,15143101
0,24000639	0,24038468	0,15737055
0,24003750	0,24041903	0,15869550
0,24012516	0,24051589	0,16245777
0,24020542	0,24060468	0,16594006
0,24032857	0,24074109	0,17135208

On peut tirer du tableau 3.7.a que les valeurs du coefficient de débit μ_0 sont légèrement inférieures aux valeurs de μ_{the} cette différence se traduit par l'effet de la vitesse d'approche sur le coefficient de débit et qui se traduit par l'écart relative qui est de l'ordre de 0,17 % pour la plus grande valeur de ψ , débit et h_d max. cette remarque se répercute pour tous les autres dispositifs dont nous avons testé au laboratoire.

Tableau3.7.b : Valeurs des coefficients de débit théoriques μ_0 , μ_{the} et les écarts entre eux.

$\theta = 45^\circ$; $P= 8.232 \text{ cm}$

μ_0	μ_{the}	E(%)
0,23726166	0,23740810	0,06168280
0,23737822	0,23753234	0,06488688
0,23758230	0,23775035	0,07068229
0,23768860	0,23786413	0,07379414
0,23798422	0,23818140	0,08278304
0,23813585	0,23834460	0,08758408
0,23824441	0,23846165	0,09110098
0,23829582	0,23851713	0,09278914
0,2383510	0,23857674	0,09461809
0,23841364	0,23864445	0,09671471
0,23847341	0,23870910	0,09873570
0,23851539	0,23875454	0,10016700
0,23855592	0,23879844	0,10155847
0,23863846	0,23888791	0,10442017
0,23868387	0,23893717	0,10601079
0,23875630	0,23901580	0,10857184
0,23881278	0,23907717	0,11058910
0,23888389	0,23915450	0,11315435
0,23895390	0,23923071	0,11570739
0,23726166	0,23740810	0,06168280

Tableau3.7.c : Valeurs des coefficients de débit théoriques μ_0 , μ_{the} et les écarts entre eux.

$\theta = 60^\circ$; $P= 10,233 \text{ cm}$

μ_0	μ_{the}	E(%)
0,2391353	0,23942847	0,12244913
0,23934833	0,23966132	0,13060027
0,23954471	0,23987655	0,13833787
0,23968205	0,24002739	0,14387633
0,23988759	0,24025364	0,15236024
0,23998866	0,24036512	0,15661818
0,24019114	0,24058887	0,16531768
0,24036361	0,24077993	0,17290706
0,24056866	0,24100764	0,18214395
0,24069976	0,24115355	0,18817159
0,2408506	0,24132171	0,19522375
0,24101522	0,24150563	0,20306417
0,24141481	0,24195368	0,22271686
0,24147958	0,24202652	0,22598527
0,24159022	0,2421511	0,23162216
0,24167532	0,24224703	0,23600332
0,24176182	0,24234465	0,24049805
0,24185137	0,24244584	0,24519455
0,24198708	0,24259939	0,25239597
0,24225237	0,24290035	0,26676695

Tableau3.7.d : Valeurs des coefficients de débit théoriques μ_0 , μ_{the} et les écarts entre eux.

$\theta = 60^\circ$; $P = 8,232$ cm

μ_0	$\mu_{thé}$	E(%)
0,23785263	0,23804002	0,07872095
0,23849670	0,23873430	0,09952841
0,23858249	0,23882723	0,10247539
0,23881365	0,23907812	0,11062044
0,23892922	0,23920384	0,11480434
0,23905846	0,23934465	0,11957109
0,23924416	0,23954739	0,12658321
0,23935752	0,23967139	0,13095782
0,23973447	0,24008504	0,14601787
0,23979434	0,24015093	0,14848237
0,24005618	0,24043967	0,15949398
0,24011561	0,24050533	0,16204582
0,24018143	0,24057813	0,16489529
0,24024943	0,24065340	0,16786421
0,24034534	0,24075968	0,17209532
0,24042947	0,24085301	0,17584872
0,24052843	0,24096292	0,18031357
0,24064000	0,24108700	0,18541207
0,24073919	0,24119748	0,19000306
0,24084641	0,24131704	0,19502631

Tableau3.7.e : Valeurs des coefficients de débit théoriques μ_0 , μ_{the} et les écarts entre eux.

$\theta = 71^\circ$; $P = 10,268$ cm

μ_0	$\mu_{thé}$	E(%)
0,23946144	0,23978522	0,13503086
0,24008062	0,24046667	0,16054096
0,24035939	0,24077525	0,17271924
0,24066644	0,24111644	0,18663049
0,24094871	0,24143127	0,19987820
0,24118659	0,24169750	0,21138444
0,24144685	0,24198971	0,22433093
0,24174683	0,24232772	0,23971600
0,24199815	0,24261192	0,25298768
0,24221014	0,24285237	0,26445340
0,24231482	0,24297135	0,27020655
0,24254389	0,24323225	0,28300648
0,24263326	0,24333425	0,28807838
0,24304556	0,24380635	0,31204882
0,24336664	0,24417575	0,33136496
0,24367771	0,24453510	0,35062102
0,24392801	0,24482531	0,36650285
0,24420597	0,24514867	0,38454425
0,24427565	0,24522992	0,38913403
0,24433168	0,24529531	0,39284416

Tableau 3.7.f : Valeurs des coefficients de débit théoriques μ_0 , $\mu_{\text{thé}}$ et les écarts entre eux.

$\theta = 71^\circ$; $P = 8,136 \text{ cm}$

μ_0	$\mu_{\text{thé}}$	E(%)
0,23893655	0,23921182	0,11507206
0,23933742	0,23964939	0,13017701
0,23953573	0,23986669	0,13797931
0,23977349	0,24012797	0,14762159
0,23995053	0,24032304	0,15500508
0,24015889	0,24055320	0,16391696
0,24044518	0,24087045	0,17655379
0,24057097	0,24101021	0,18224950
0,24074021	0,24119861	0,19005043
0,24094118	0,24142287	0,19951949
0,24117773	0,24168757	0,21095048
0,24129623	0,24182048	0,21679295
0,24147808	0,24202483	0,22590908
0,24159788	0,24215972	0,23201460
0,24169158	0,24226537	0,23684513
0,24180696	0,24239564	0,24285975
0,24194276	0,24254922	0,25003315
0,24204093	0,24266040	0,25528195
0,24216896	0,24280561	0,26220692
0,24237543	0,24304030	0,27356498

Comme pour les dispositifs précédents l'écart relatif maximal sur le coefficient de débit est de l'ordre de 0,3928 % cette unique valeur est obtenue pour le débit maximal qui est $Q = 12.27 \text{ l/s}$ pour $\theta = 71^\circ$ et $P = 10,268 \text{ cm}$. Ce qui mène à dire que la plus petite ouverture et grande hauteur de pelle influe sur le coefficient de débit à cause de la hauteur de pelle qui bloque l'écoulement ce qui empêche l'augmentation de la hauteur de déversement à un certain niveau et le permet de diminuer l'effet de la vitesse d'approche.

Nous avons donc confronté les résultats des mesures expérimentales du coefficient de débit μ_{exp} à ceux théoriques calculés par la relation (2.28). Nous présentons, dans les tableaux 3.8.a à 3.8.f, les résultats de nos essais et de nos calculs.

Tableau 3.8.a : Valeurs des coefficients de débit théoriques, expérimentales et $\Delta\mu/\mu$ (%).

$\theta = 45^\circ$; $P= 10.232$ cm

$\mu_{thé}$	μ_{exp}	$\Delta\mu/\mu$ (%)
0,23807372	0,23724291	0,34897299
0,23820314	0,23704493	0,48622630
0,23852357	0,23727503	0,52344456
0,23880476	0,23822731	0,24180531
0,23926706	0,23866248	0,25268119
0,23942823	0,23886083	0,23698302
0,23947886	0,23942276	0,02342590
0,23953138	0,23951313	0,00761843
0,23960953	0,23916223	0,18667870
0,23969283	0,23932277	0,15438962
0,23972037	0,23938569	0,13961427
0,23978860	0,23957005	0,09114349
0,23984413	0,23945227	0,16337793
0,23992091	0,23964253	0,11603327
0,23997261	0,23983253	0,05837644
0,24001490	0,23976214	0,10531272
0,24009088	0,24001699	0,03077377
0,24022913	0,24006083	0,07005869
0,24038468	0,24016237	0,09248156
0,24041903	0,23996679	0,18810607
0,24051589	0,23984744	0,27792451
0,24060468	0,24046103	0,05970668
0,24074109	0,24038036	0,14984021

Au regard des résultats consignées dans le tableau 3.8.a que le coefficient de débit expérimentale varie dans une gamme très limitée : $0,237 \leq \mu \leq 0,24$ cet intervalle est pareil à celui du coefficient de débit théorique. Concernant l'écart maximal commis sur le coefficient de débit est de l'ordre de 0,48% cette valeur est obtenue pour les faibles valeurs de débit.

Tableau 3.8.b : Valeurs des coefficients de débit théoriques, expérimentales et $\Delta\mu/\mu$ (%).

$\theta = 45^\circ$; $P= 8.232$ cm

$\mu_{thé}$	μ_{exp}	$\Delta\mu/\mu$ (%)
0,23740810	0,23562550	0,75085676
0,23753234	0,23575056	0,75012199
0,23775035	0,23629345	0,61278538
0,23786413	0,23722310	0,26949535
0,23818140	0,23770159	0,20144724
0,23834460	0,23811420	0,09666851
0,23846165	0,23739053	0,44918054
0,23851713	0,23802847	0,20487480
0,23857674	0,23813976	0,18316275
0,23864445	0,23810456	0,22623188
0,23870910	0,23743813	0,53243753
0,23875454	0,23865151	0,04315243
0,23879844	0,23798866	0,33910822
0,23888791	0,23781021	0,45113003
0,23893717	0,23766539	0,53226454
0,23901580	0,23731132	0,71312808
0,23907717	0,23872141	0,14880453
0,23915450	0,23852581	0,26288208
0,23923071	0,23910651	0,05191591
0,23740810	0,23562550	0,75085676

Tableau 3.8.c : Valeurs des coefficients de débit théoriques, expérimentales et $\Delta\mu/\mu$ (%).

$\theta = 60^\circ$; $P= 10,233$ cm

$\mu_{thé}$	μ_{exp}	$\Delta\mu/\mu$ (%)
0,23942847	0,23727141	0,90092130
0,23966132	0,23772084	0,80967616
0,23987655	0,23871038	0,48615337
0,24002739	0,23946031	0,23625932
0,24025364	0,23963801	0,25624171
0,24036512	0,24003082	0,13907835
0,24058887	0,24043012	0,06598582
0,24077993	0,24034595	0,18024326
0,24100764	0,24084597	0,06708091
0,24115355	0,24027485	0,36437383
0,24132171	0,24109375	0,09446533
0,24150563	0,24108151	0,17561630
0,24195368	0,24176309	0,07877494
0,24202652	0,24148146	0,22521050
0,24215110	0,24162829	0,21590088
0,24224703	0,24214291	0,04297964
0,24234465	0,24191029	0,17923314
0,24244584	0,24200215	0,18300602
0,24259939	0,24238120	0,08993971
0,24290035	0,24223215	0,27508853

Tableau 3.8.d : Valeurs des coefficients de débit théoriques, expérimentales et $\Delta\mu/\mu$ (%).

$\theta = 60^\circ$; $P= 8,232$ cm

$\mu_{thé}$	μ_{exp}	$\Delta\mu/\mu$ (%)
0,23804002	0,23509499	1,23719672
0,23873430	0,23721598	0,63598878
0,23882723	0,23619413	1,10251359
0,23907812	0,23905393	0,01011981
0,23920384	0,23790843	0,54154913
0,23934465	0,23900641	0,14131898
0,23954739	0,23910452	0,18487880
0,23967139	0,23944418	0,09480146
0,24008504	0,23888641	0,49925054
0,24015093	0,24005224	0,04109164
0,24043967	0,24006280	0,15674203
0,24050533	0,24012593	0,15775204
0,24057813	0,24054120	0,01534935
0,24065340	0,24005411	0,24902520
0,24075968	0,24054785	0,08798196
0,24085301	0,24060173	0,10432918
0,24096292	0,24060789	0,14733708
0,24108700	0,24108072	0,00260423
0,24119748	0,24103564	0,06709885
0,24131704	0,24120376	0,04694156

Tableau 3.8.e : Valeurs des coefficients de débit théoriques, expérimentales et $\Delta\mu/\mu$ (%).

$\theta = 71^\circ$; $P= 10,268$ cm

$\mu_{thé}$	μ_{exp}	$\Delta\mu/\mu$ (%)
0,23978522	0,23794434	0,76772156
0,24046667	0,23874835	0,71457561
0,24077525	0,23940586	0,56874190
0,24111644	0,23910018	0,83621610
0,24143127	0,24086367	0,23509794
0,24169750	0,24141312	0,11766022
0,24198971	0,24041707	0,64987885
0,24232772	0,24027307	0,84788219
0,24261192	0,24110889	0,61951973
0,24285237	0,24083585	0,83034772
0,24297135	0,24181565	0,47565271
0,24323225	0,24236210	0,35774819
0,24333425	0,24202725	0,53712155
0,24380635	0,24191572	0,77546593
0,24417575	0,24293536	0,50799055
0,24453510	0,24446033	0,03057908
0,24482531	0,24470238	0,05020892
0,24514867	0,24509571	0,02160610
0,24522992	0,24443435	0,32442023
0,24529531	0,24466623	0,25645895

Tableau 3.8.f : Valeurs des coefficients de débit théoriques, expérimentales et

 $\Delta\mu/\mu$ (%). $\theta = 71^\circ$; $P= 8,136$ cm

$\mu_{thé}$	μ_{exp}	$\Delta\mu/\mu(\%)$
0,23921182	0,23600765	1,33946996
0,23964939	0,23849123	0,48327286
0,23986669	0,23985567	0,00459399
0,24012797	0,23802410	0,87614639
0,24032304	0,23900290	0,54932162
0,24055320	0,23906798	0,61741620
0,24087045	0,23940637	0,60782637
0,24101021	0,24062251	0,16086396
0,24119861	0,24024678	0,39462683
0,24142287	0,24030585	0,46268062
0,24168757	0,24107379	0,25395863
0,24182048	0,24099078	0,34310599
0,24202483	0,24110613	0,37958950
0,24215972	0,24071177	0,59793105
0,24226537	0,24061009	0,68325368
0,24239564	0,24135839	0,42791559
0,24254922	0,24232291	0,09330317
0,24266040	0,24067202	0,81940791
0,24280561	0,24225099	0,22842203
0,24304030	0,24193330	0,45548081

Ainsi, les écarts relatifs, figurant dans la dernière colonne du tableau 3.8.a à 3.8.f, sont très révélateurs de la fiabilité de la relation (2.28) destinée au calcul du débit μ du dispositif que nous avons étudié.

Ainsi, les écarts relatifs, figurant dans la dernière colonne des tableaux 3.8.a à 3.8.f sont très révélateurs de la fiabilité de la relation (2.28) destinée au calcul du coefficient de débit μ du dispositif que nous avons étudié.

Pour montrer la fiabilité et la validité des mesures expérimentales, il est nécessaire de déterminer les erreurs relatives commises sur l'estimation du coefficient de débit μ .

Les erreurs relatives commises sur l'estimation de μ sont liées à celles du débit volume Q , mesuré à l'aide du débitmètre à ultrasons, ainsi qu'à celles des profondeurs h_d mesurées au moyen du limnimètre à vernier. Nous pouvons écrire :

$$\frac{\Delta\mu}{\mu} = \frac{\Delta Q}{Q} + \frac{5}{2} \frac{\Delta h_d}{h_d} \quad (3.1)$$

Le calcul des erreurs relatives commises sur la mesure du coefficient de débit μ se fera sur la base de conditions les plus contraignantes qui sont :

- $\Delta Q = 0,11/s$: Erreur absolue de $1/10^{\text{ème}}$ de litre/seconde attribuée au débitmètre à ultrasons.

- $\Delta h_d = 0,02 \text{ mm}$: Erreur absolue de $2/100^{\text{ème}}$ de millimètre attribuée au limnimètre à vernier à double précision. Lors de nos essais, la mise en place dans le canal des dispositifs testés a contribué à la tranquillisation du plan d'eau dans le canal. La surface libre de l'écoulement, à l'endroit où nous avons mesuré les profondeurs h_d , n'a été caractérisée par aucune perturbation. Nous pouvons donc estimer que l'erreur absolue commise sur la mesure de la profondeur h_d n'est due qu'à celle du limnimètre utilisé.

Pour chacune des valeurs d'angle d'ouverture θ et la hauteur de pelle P , nous avons estimé les erreurs relatives sur la mesure du coefficient de débit μ par application de la relation (3.1). Les résultats de nos calculs sont consignés dans les tableaux 3.9.a à 3.9.f.

Tableau 3.9.a : Valeurs des écarts relatifs des coefficients de débit théoriques, expérimentales selon la relation (3.1).

$\theta = 45^\circ$; $P = 10.232 \text{ cm}$

$\Delta\mu/\mu$ (%)	$\Delta h_d/h_d$	$\Delta Q/Q$	$\Delta\mu/\mu$ (%) selon la formule
0,34897299	0,000182	0,000908	5,759707
0,48622630	0,000173	0,000867	5,128081
0,52344456	0,000154	0,000771	3,836043
0,24180531	0,000139	0,000696	2,961643
0,25268119	0,000117	0,000587	1,934101
0,23698302	0,000110	0,000552	1,662486
0,02342590	0,000108	0,000542	1,581487
0,00761843	0,000106	0,000531	1,504377
0,18667870	0,000103	0,000515	1,398758
0,15438962	0,000100	0,000499	1,290765
0,13961427	0,000099	0,000494	1,256710
0,09114349	0,000096	0,000481	1,175658
0,16337793	0,000094	0,000470	1,114416
0,11603327	0,000091	0,000456	1,032903
0,05837644	0,000089	0,000447	0,980802
0,10531272	0,000088	0,000439	0,940795
0,03077377	0,000085	0,000426	0,871151
0,07005869	0,000080	0,000402	0,757217
0,09248156	0,000075	0,000377	0,644494
0,18810607	0,000074	0,000371	0,622190
0,27792451	0,000071	0,000356	0,561779
0,05970668	0,000069	0,000343	0,509334
0,14984021	0,000064	0,000322	0,438646

Tableau3.9.b : Valeurs des écarts relatifs des coefficients de débit théoriques, expérimentales selon la relation (3.1).

$\theta = 45^\circ$; $P= 8.232 \text{ cm}$

$\Delta\mu/\mu$ (%)	$\Delta h_d/h_d$	$\Delta Q/Q$	$\Delta\mu/\mu$ (%) selon la formule
0,75085676	0,000184	0,000920	5,986601
0,75012199	0,000174	0,000868	5,171593
0,61278538	0,000156	0,000782	3,986480
0,26949535	0,000148	0,000741	3,465597
0,20144724	0,000127	0,000634	2,348280
0,09666851	0,000117	0,000583	1,910042
0,44918054	0,000110	0,000549	1,649073
0,20487480	0,000107	0,000533	1,530423
0,18316275	0,000103	0,000517	1,414723
0,22623188	0,000100	0,000498	1,293412
0,53243753	0,000096	0,000481	1,189101
0,04315243	0,000094	0,000469	1,112388
0,33910822	0,000092	0,000458	1,050291
0,45113003	0,000087	0,000435	0,928112
0,53226454	0,000085	0,000423	0,866232
0,71312808	0,000081	0,000404	0,774930
0,14880453	0,000078	0,000390	0,704422
0,26288208	0,000074	0,000372	0,628355
0,05191591	0,000071	0,000355	0,558281

Tableau3.9.c : Valeurs des écarts relatifs des coefficients de débit théoriques, expérimentales selon la relation (3.1).

$\theta = 60^\circ$; $P= 10.233 \text{ cm}$

$\Delta\mu/\mu$ (%)	$\Delta h_d/h_d$	$\Delta Q/Q$	$\Delta\mu/\mu$ (%) selon la formule
0,90092130	0,000230	0,001151	7,464958
0,80967616	0,000217	0,001085	6,437244
0,48615337	0,000206	0,001028	5,606975
0,23625932	0,000198	0,000990	5,091541
0,25624171	0,000187	0,000937	4,426387
0,13907835	0,000182	0,000911	4,127187
0,06598582	0,000172	0,000862	3,593407
0,18024326	0,000165	0,000823	3,199027
0,06708091	0,000156	0,000778	2,778618
0,36437383	0,000150	0,000750	2,547981
0,09446533	0,000144	0,000720	2,291636
0,17561630	0,000138	0,000688	2,047820
0,07877494	0,000123	0,000615	1,549753
0,22521050	0,000121	0,000604	1,482992
0,21590088	0,000117	0,000585	1,371556
0,04297964	0,000114	0,000571	1,289076
0,17923314	0,000111	0,000557	1,213641
0,18300602	0,000109	0,000543	1,138270
0,08993971	0,000104	0,000522	1,031132
0,27508853	0,000097	0,000483	0,850582

Tableau3.9.d : Valeurs des écarts relatifs des coefficients de débit théoriques, expérimentales selon la relation (3.1).

 $\theta = 60^\circ$; $P= 8,232 \text{ cm}$

$\Delta\mu/\mu$ (%)	$\Delta h_d/h_d$	$\Delta Q/Q$	$\Delta\mu/\mu$ (%) selon la formule
1,23719672	0,000285	0,001426	12,837243
0,63598878	0,000228	0,001140	7,285902
1,10251359	0,000221	0,001106	6,796895
0,01011981	0,000204	0,001021	5,505618
0,54154913	0,000196	0,000981	5,007745
0,14131898	0,000188	0,000938	4,458678
0,18487880	0,000176	0,000879	3,793968
0,09480146	0,000169	0,000845	3,432082
0,49925054	0,000148	0,000739	2,466094
0,04109164	0,000145	0,000723	2,326230
0,15674203	0,000131	0,000657	1,834649
0,15775204	0,000129	0,000643	1,736675
0,01534935	0,000125	0,000627	1,631348
0,24902520	0,000122	0,000611	1,534314
0,08798196	0,000118	0,000589	1,399323
0,10432918	0,000114	0,000570	1,291680
0,14733708	0,000110	0,000549	1,174673
0,00260423	0,000105	0,000525	1,051904
0,06709885	0,000101	0,000505	0,954032
0,04694156	0,000097	0,000483	0,856339

Tableau3.9.e : Valeurs des écarts relatifs des coefficients de débit théoriques, expérimentales selon la relation (3.1).

 $\theta = 71^\circ$; $P= 10,268 \text{ cm}$

$\Delta\mu/\mu$ (%)	$\Delta h_d/h_d$	$\Delta Q/Q$	$\Delta\mu/\mu$ (%) selon la formule
0,76772156	0,000307	0,001533	12,321562
0,71457561	0,000266	0,001331	8,637989
0,56874190	0,000250	0,001251	7,379620
0,83621610	0,000234	0,001169	6,244019
0,23509794	0,000220	0,001099	5,318115
0,11766022	0,000209	0,001044	4,667577
0,64987885	0,000197	0,000987	4,076184
0,84788219	0,000185	0,000925	3,474825
0,61951973	0,000175	0,000876	3,028896
0,83034772	0,000167	0,000837	2,708536
0,47565271	0,000164	0,000819	2,551397
0,35774819	0,000156	0,000779	2,252987
0,53712155	0,000153	0,000764	2,150897
0,77546593	0,000140	0,000699	1,725091
0,50799055	0,000130	0,000652	1,444342
0,03057908	0,000122	0,000608	1,211512
0,05020892	0,000115	0,000575	1,054393
0,02160610	0,000108	0,000540	0,901630
0,32442023	0,000106	0,000531	0,869264
0,25645895	0,000105	0,000525	0,841445

Tableau 3.9.f : Valeurs des écarts relatifs des coefficients de débit théoriques, expérimentales selon la relation (3.1).

 $\theta = 71^\circ$; $P = 8,136 \text{ cm}$

$\Delta\mu/\mu$ (%)	$\Delta h_d/h_d$	$\Delta Q/Q$	$\Delta\mu/\mu$ (%) selon la formule
1,33946996	0,000296	0,001481	11,394807
0,48327286	0,000265	0,001323	8,516859
0,00459399	0,000250	0,001252	7,379667
0,87614639	0,000234	0,001172	6,308589
0,54932162	0,000223	0,001116	5,560366
0,61741620	0,000211	0,001053	4,814547
0,60782637	0,000194	0,000972	3,944714
0,16086396	0,000188	0,000939	3,597227
0,39462683	0,000179	0,000895	3,202649
0,46268062	0,000169	0,000846	2,782013
0,25395863	0,000158	0,000791	2,347224
0,34310599	0,000153	0,000764	2,158350
0,37958950	0,000145	0,000725	1,893833
0,59793105	0,000140	0,000700	1,739545
0,68325368	0,000136	0,000681	1,625558
0,42791559	0,000132	0,000658	1,489210
0,09330317	0,000126	0,000632	1,341629
0,81940791	0,000123	0,000613	1,255150
0,22842203	0,000118	0,000590	1,132422
0,45548081	0,000111	0,000553	0,968085

Il ressort ainsi des tableaux 3.9.a à 3.9.f que les écarts relatifs obtenus sur le coefficient de débit μ , par application de la relation (3.1) sont nettement supérieurs à ceux obtenus entre μ_{exp} et μ_{the} . Les tableaux 3.9.a à 3.9.f mettent également en évidence l'effet prépondérant des erreurs systématiques sur l'estimation du coefficient de débit μ pour les gammes réduites des profondeurs déversées h_d . Pour ces gammes, l'effet de la tension superficielle peut jouer un rôle considérable en influençant la valeur de μ . Cependant, au regard des résultats consignés dans les tableaux 3.9.a à 3.9.f, nous pouvons confirmer la validité de la relation (2.28), et ceci pour toute la gamme testée des dispositifs.

- Expression du débit écoulé par le dispositif testé

L'évaluation du coefficient de débit μ que nous avons effectué précédemment et qui s'exprime par la relation (2.28), permet aisément d'établir la relation liant le débit écoulé par le dispositif et la hauteur de déversement h_d .

Pour définir le débit Q s'écoulant au travers de l'échancrure du dispositif testé, il suffit pour cela de le calculer par la relation (2.29).

C'est la relation (2.29) qui sera confrontée, dans cette partie de notre étude, aux valeurs issues de l'expérimentation des appareils testés. Pour cela, nous considérons les valeurs des débits Q ainsi que celles des profondeurs déversées h_d consignées dans les tableaux 3.3.a à 3.3.f.

Les résultats de tous nos calculs sont consignés dans les tableaux 3.10.a à 3.10.f et dans lequel nous avons indiqué les écarts relatifs exprimés en %. Ceci permet d'apprécier le degré de fiabilité que peut atteindre la relation (2.29). Au tableau 3.10.a à 3.10.f, est associée les figures 3.12.a à 3.12.f représentant la variation de Q_{the} en fonction Q_{exp} ce qui permet de mieux préciser leurs écarts. Toutes les courbes ont été ajustées selon la méthode des moindres carrés linéaires et les coefficients de corrélation qui leurs correspondent ont été évalués et indiqués.

Tableau 3.10.a Valeurs des débits théoriques, expérimentales et $\Delta Q/Q$ (%).

$\theta = 45^\circ$; $P = 10.232 \text{ cm}$

$Q_{\text{thé}}$	Q_{exp}	$\Delta Q/Q$ (%)
0,00175613	0,00175000	0,34897299
0,00197628	0,00196667	0,48622630
0,00264719	0,00263333	0,52344456
0,00342495	0,00341667	0,24180531
0,00526330	0,00525000	0,25268119
0,00613120	0,00611667	0,23698302
0,00643484	0,00643333	0,02342590
0,00676718	0,00676667	0,00761843
0,00729696	0,00728333	0,18667870
0,00791222	0,00790000	0,15438962
0,00812801	0,00811667	0,13961427
0,00869125	0,00868333	0,09114349
0,00918167	0,00916667	0,16337793
0,00991150	0,00990000	0,11603327
0,01043943	0,01043333	0,05837644
0,01089481	0,01088333	0,10531272
0,01177029	0,01176667	0,03077377
0,01357618	0,01356667	0,07005869
0,01599813	0,01598333	0,09248156
0,01659789	0,01656667	0,18810607
0,01843457	0,01838333	0,27792451
0,02032880	0,02031667	0,05970668
0,02370218	0,02366667	0,14984021

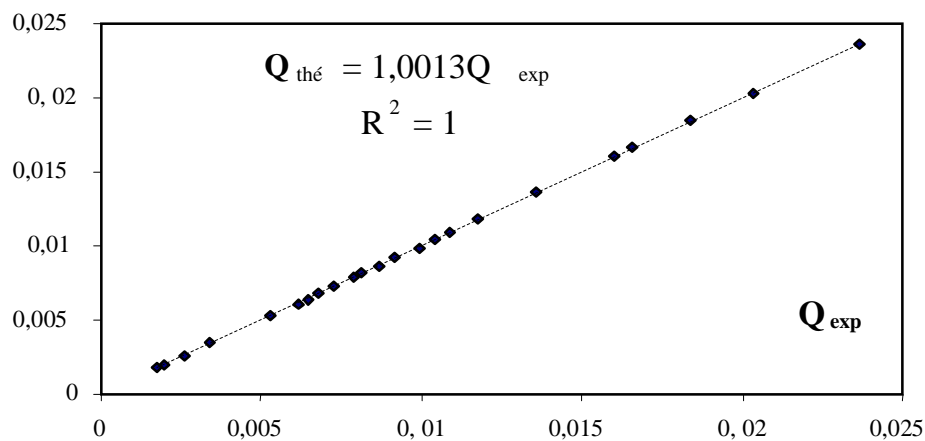


Figure 3.12.a: Variation expérimentale et théorique du débit pour

$\theta = 45^\circ$; $P = 10.232 \text{ cm}$

Tableau 3.10.b Valeurs des débits théoriques, expérimentales et $\Delta Q/Q$ (%).

$\theta = 45^\circ$; $P = 8.232 \text{ cm}$

$Q_{\text{thé}}$	Q_{exp}	$\Delta Q/Q$ (%)
0,00169607	0,00168333	0,75085676
0,00196474	0,00195000	0,75012199
0,00254895	0,00253333	0,61278538
0,00292455	0,00291667	0,26949535
0,00432538	0,00431667	0,20144724
0,00532181	0,00531667	0,09666851
0,00619449	0,00616667	0,44918054
0,00666365	0,00665000	0,20487480
0,00721321	0,00720000	0,18316275
0,00790121	0,00788333	0,22623188
0,00862928	0,00858333	0,53243753
0,00918730	0,00918333	0,04315243
0,00976645	0,00973333	0,33910822
0,01108333	0,01103333	0,45113003
0,01189666	0,01183333	0,53226454
0,01334517	0,01325000	0,71312808
0,01462176	0,01460000	0,14880453
0,01644323	0,01640000	0,26288208
0,01850961	0,01850000	0,05191591
0,00169607	0,00168333	0,75085676

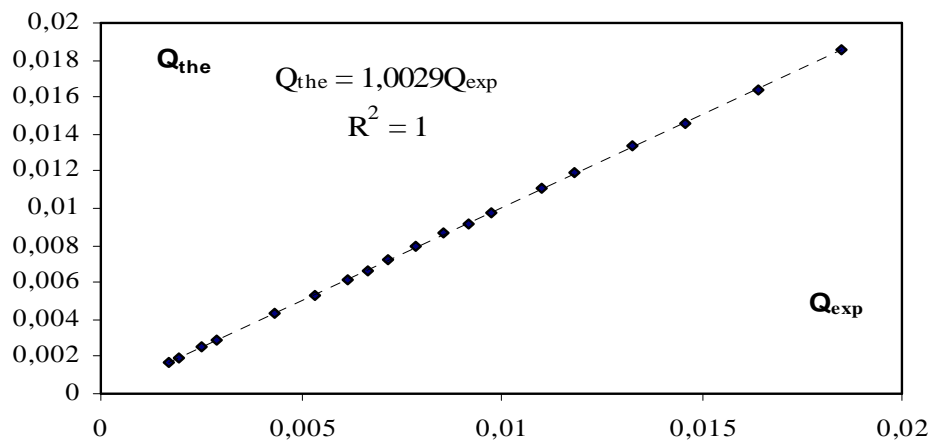


Figure 3.12.b: Variation expérimentale et théorique du débit pour

$\theta = 45^\circ$; $P = 8.232 \text{ cm}$

Tableau 3.10.c Valeurs des débits théoriques, expérimentales et $\Delta Q/Q$ (%).

$\theta = 60^\circ$; $P = 10,233 \text{ cm}$

$Q_{\text{thé}}$	Q_{exp}	$\Delta Q/Q$ (%)
0,00136227	0,00135000	0,90092130
0,00157946	0,00156667	0,80967616
0,00180879	0,00180000	0,48615337
0,00198803	0,00198333	0,23625932
0,00228920	0,00228333	0,25624171
0,00245341	0,00245000	0,13907835
0,00281853	0,00281667	0,06598582
0,00317238	0,00316667	0,18024326
0,00365245	0,00365000	0,06708091
0,00399790	0,00398333	0,36437383
0,00443753	0,00443333	0,09446533
0,00497540	0,00496667	0,17561630
0,00658852	0,00658333	0,07877494
0,00689887	0,00688333	0,22521050
0,00746612	0,00745000	0,21590088
0,00793674	0,00793333	0,04297964
0,00844848	0,00843333	0,17923314
0,00901650	0,00900000	0,18300602
0,00995896	0,00995000	0,08993971
0,01213338	0,01210000	0,27508853

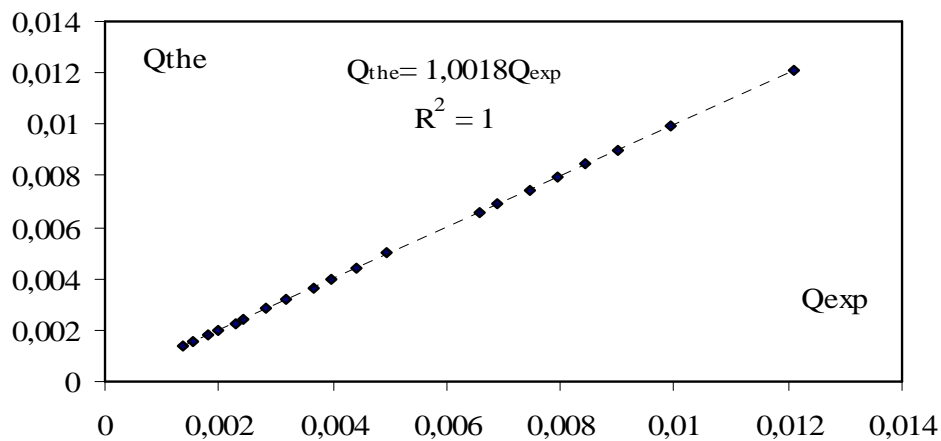


Figure 3.12.c: Variation expérimentale et théorique du débit pour

$\theta = 60^\circ$; $P = 10,233 \text{ cm}$

Tableau 3.10.d Valeurs des débits théoriques, expérimentales et $\Delta Q/Q$ (%).

$\theta = 60^\circ$; $P = 8,232 \text{ cm}$

$Q_{\text{thé}}$	Q_{exp}	$\Delta Q/Q$ (%)
0,00079315	0,00078333	1,23719672
0,00139219	0,00138333	0,63598878
0,00149987	0,00148333	1,10251359
0,00183352	0,00183333	0,01011981
0,00202765	0,00201667	0,54154913
0,00226987	0,00226667	0,14131898
0,00267161	0,00266667	0,18487880
0,00295280	0,00295000	0,09480146
0,00413732	0,00411667	0,49925054
0,00436846	0,00436667	0,04109164
0,00555871	0,00555000	0,15674203
0,00587594	0,00586667	0,15775204
0,00625096	0,00625000	0,01534935
0,00666660	0,00665000	0,24902520
0,00730643	0,00730000	0,08798196
0,00792493	0,00791667	0,10432918
0,00872953	0,00871667	0,14733708
0,00975025	0,00975000	0,00260423
0,01077390	0,01076667	0,06709885
0,01202231	0,01201667	0,04694156

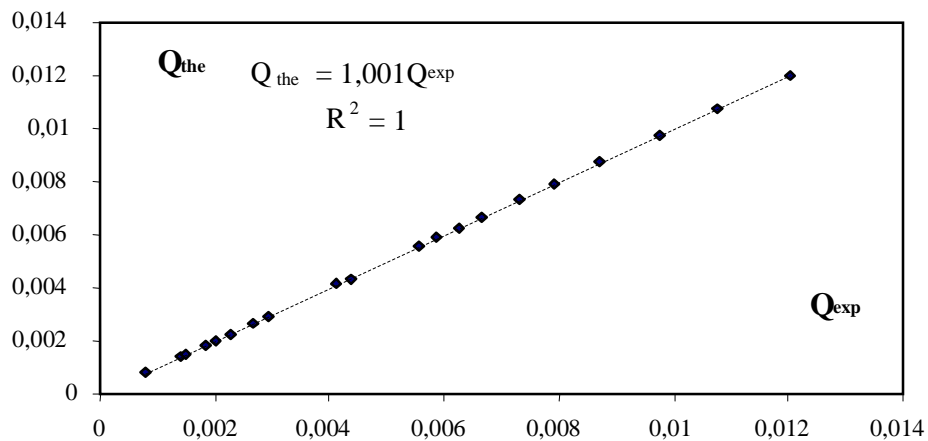


Figure 3.12.d: Variation expérimentale et théorique du débit pour

$\theta = 60^\circ$; $P = 8,232 \text{ cm}$

Tableau 3.10.e Valeurs des débits théoriques, expérimentales et $\Delta Q/Q$ (%).

$\theta = 71^\circ$; $P = 10,268 \text{ cm}$

$Q_{\text{thé}}$	Q_{exp}	$\Delta Q/Q$ (%)
0,00082298	0,00081667	0,76772156
0,00117506	0,00116667	0,71457561
0,00137448	0,00136667	0,56874190
0,00163030	0,00161667	0,83621610
0,00190448	0,00190000	0,23509794
0,00216922	0,00216667	0,11766022
0,00249958	0,00248333	0,64987885
0,00294161	0,00291667	0,84788219
0,00337088	0,00335000	0,61951973
0,00378140	0,00375000	0,83034772
0,00400237	0,00398333	0,47565271
0,00453288	0,00451667	0,35774819
0,00475889	0,00473333	0,53712155
0,00596291	0,00591667	0,77546593
0,00711950	0,00708333	0,50799055
0,00846926	0,00846667	0,03057908
0,00975490	0,00975000	0,05020892
0,01143580	0,01143333	0,02160610
0,01190529	0,01186667	0,32442023
0,01229821	0,01226667	0,25645895

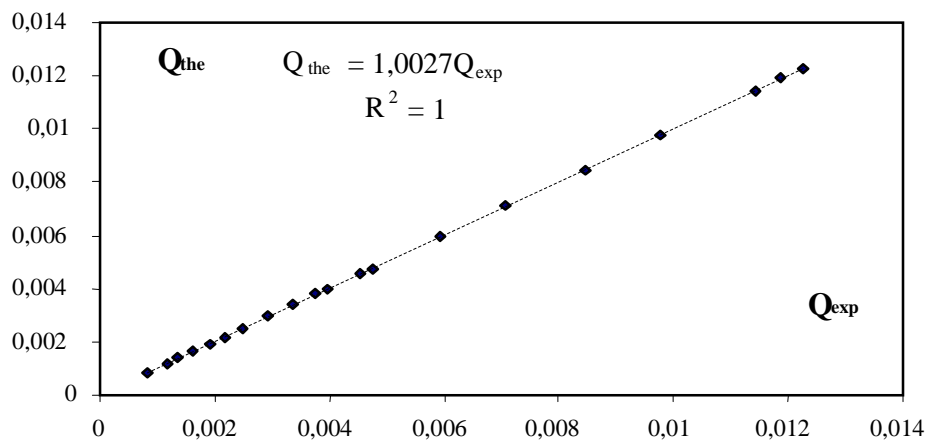


Figure 3.12.e: Variation expérimentale et théorique du débit pour

$\theta = 71^\circ$; $P = 10,268 \text{ cm}$

Tableau 3.10.f Valeurs des débits théoriques, expérimentales et $\Delta Q/Q$ (%).

$\theta = 71^\circ$; $P = 8,136$ cm

$Q_{\text{thé}}$	Q_{exp}	$\Delta Q/Q$ (%)
0,00089533	0,00088333	1,33946996
0,00118908	0,00118333	0,48327286
0,00136673	0,00136667	0,00459399
0,00161414	0,00160000	0,87614639
0,00182670	0,00181667	0,54932162
0,00211305	0,00210000	0,61741620
0,00258236	0,00256667	0,60782637
0,00282120	0,00281667	0,16086396
0,00317921	0,00316667	0,39462683
0,00366697	0,00365000	0,46268062
0,00434437	0,00433333	0,25395863
0,00473291	0,00471667	0,34310599
0,00540385	0,00538333	0,37958950
0,00590196	0,00586667	0,59793105
0,00632656	0,00628333	0,68325368
0,00689618	0,00686667	0,42791559
0,00764046	0,00763333	0,09330317
0,00823414	0,00816667	0,81940791
0,00908742	0,00906667	0,22842203
0,01068199	0,01063333	0,45548081

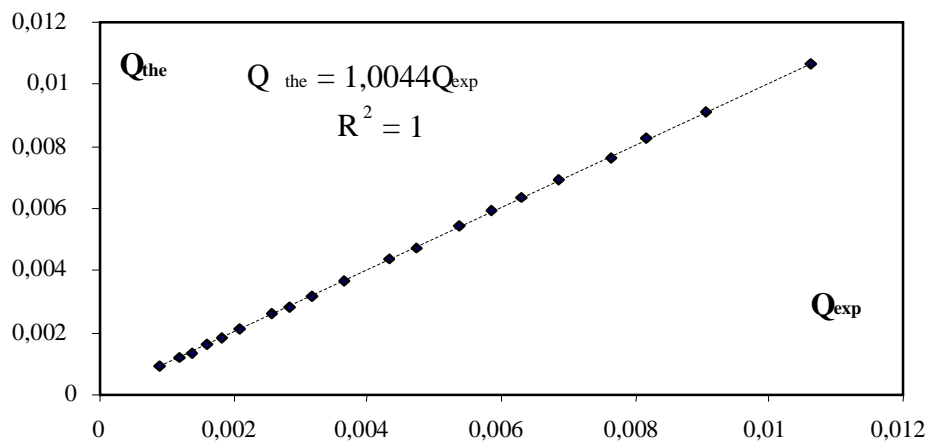


Figure 3.12.f: Variation expérimentale et théorique du débit pour

$\theta = 71^\circ$, $P = 8,136$ cm

Il ressort ainsi des tableaux 3.10.a à 3.10.f et des figures 3.12.a à 3.12.f que les écarts entre les valeurs expérimentales et théoriques du débit, s'écoulant par les dispositifs testés, sont très acceptables. Les figures 3.12.a à 3.12.f indiquent clairement que les débits unitaires expérimentaux et calculés en application de la relation (2.29) suit la

première bissectrice, avec un coefficient de corrélation dans tous les cas égal à 1. Au regard de nos résultats, nous pouvons ainsi conclure à la fiabilité de la relation (2.29) qui permet, avec une excellente approximation, d'évaluer le débit unitaire s'écoulant par l'échancrure du dispositif que nous avons testé.

Nos résultats montrent également la fiabilité de la relation (2.29), concernant l'ensemble des dispositifs testés et n'indiquent aucune restriction sur l'application de cette relation. Les erreurs sur le débit sont les mêmes commises sur le coefficient de débit.

III.8. CONCLUSION

Le troisième chapitre de notre travail a eu pour objectif l'étude d'un nouveau type d'appareil semi modulaire destiné à la mesure des débits dans les canaux à ciel ouverts. Notre choix s'est porté sur un élément de forme triangulaire à paroi épaisse et d'angle d'ouverture constant. Il est muni d'une hauteur de pelle.

Les essais expérimentaux ont consisté à tester 06 dispositifs de diverses valeurs de θ (45° , 60° , 71°) et de hauteurs de pelle P (10.232, 8.232, 10.233, 8.232, 10.268, 8.136) dont le but est principalement la validité de la relation (2.29), l'expression du débit écoulé par l'échancrure de l'appareil. Cela a nécessité l'estimation expérimentale du coefficient de débit.

Les essais ont été menés sous la gamme $0,783 \text{ l/s} \leq Q \leq 23.671 \text{ l/s}$ des débits volumes, correspondant à la gamme $6,52 \text{ cm} \leq h_d \leq 31.036 \text{ cm}$ de la profondeur déversée. Se qui conduit à des valeurs de Ψ allons jusqu'à 0,2 ces valeurs qui peuvent atteignent une valeur maximale de l'ordre de 0,5 théoriquement.

Dans un souci d'une meilleure précision des mesures, les débits volumes ont été déterminés par un débitmètre à ultrasons. Les profondeurs déversées ont été mesurées au moyen d'un limnimètre à vernier à double précision. La mise en place des dispositifs testés dans le canal d'amenée n'a provoqué aucune perturbation de la surface, contribuant ainsi dans la précision des mesures des profondeurs h_d et ceci pour toute la gamme des débits ci-dessus indiquée.

Les résultats obtenus expérimentalement ont permis de vérifier et de valider les relations issues du développement théorique traduit par les erreurs admissibles commises systématiquement lors des essais.