

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA
FACULTE DES SCIENCES ET DES SCIENCES DE L'INGENIEUR
DEPARTEMENT D'HYDRAULIQUE ET GENIE CIVIL



N° d'ordre :

N° de série :

Mémoire
EN VUE D'OBTENTION DU DIPLOME DE MAGISTER
Spécialité : HYDRAULIQUE
Option: AMENAGEMENT HYDRAULIQUE EN ZONES ARIDES

Présenté par :

M^r : LAHRECH ABDELMALEK

THEME

ETUDE DES CARACTERISTIQUES HYDRAULIQUES
DANS LES CANAUX HERBACES (ROSEAUX)

Soutenu le : **11 /10/ 2012**

Devant le jury d'examen :

Président : MESSAÏTFA Amar	Professeur	U.KASDI MERBAH Ouargla.
Examineur : KRIKER Abdelouahed	Professeur	U.KASDI MERBAH Ouargla.
Examineur : SAKER Mohammed Lakhdar	M.C.A.	U.KASDI MERBAH Ouargla.
Encadreur : BOUTOUTAOU Djamel	M.C.A.	U.KASDI MERBAH Ouargla.
Invité : MECHRI Laïd	M.A.A	U.KASDI MERBAH Ouargla.

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail à:

Ma mère et à la mémoire de mon père,

mes frères et mes sœurs,

toute ma famille, particulièrement à ma chère fiancée

Meriem

mes collègues d'étude,

et tous ceux qui ont été à mes cotés dans les moments difficiles.

LAHRECH ABDELMALEK

REMERCIEMENTS

Tout d'abord nous remercions infiniment le bon dieu puissant de la bonne santé, la volonté et la patience qu'il nous a donnée tout le long de nos études.

Nous présentons nos sincères remerciements avec nos profonds respects à notre encadreur, Docteur [BOUTOUTAOU DJAMEL](#) pour son suivi, sa patience, ses conseils et son aide, tout au long de la réalisation de ce modeste travail.

Nos vifs remerciements à [MECHRI LAÏD](#) pour sa collaboration et Pour des discussions aussi intéressantes que fructueuses. Ses précieux conseils ont grandement contribué à la réalisation de ce travail.

Un merci spécial va à notre chère enseignant Professeur [KRIKER ABDELOUAHED](#) pour son aide, tout au long de la réalisation de ce modeste travail.

Nos remerciements vont également au personnel du département d'hydraulique et génie civil, particulièrement [A. LAHRAOUA](#), [L. BOUAFIA](#).

En fin, nous voudrions remercier nos familles qui n'on jamais cessé de crois en nous et de nous encourager à continuer.

Résumé

La plupart des canaux à ciel ouvert agricoles, dont les drains dans le Sud d'Algérie sont envahis par le roseau commun. Ce mauvais état ne permet d'évacuer que 20 % de leur capacité maximale [1]. L'insouciance des services chargés du drainage et l'abondance du réseau par les fellahs à contribuer l'apparition de ce problème majeur, car les herbes ont bloquées l'écoulement des eaux dans les drains ce qui à diminuer l'efficacité de ces drains et contribuer à la remonté du niveau de la nappe phréatique. Ceci perturbe l'environnement de cette région et met en péril la pérennité de son agriculture oasisienne [2].

Les conséquences liées à cette croissance végétale sont de plusieurs aspects. On peut citer les impacts hydrauliques, liées à l'augmentation de la rugosité et à la diminution de la section d'écoulement. Ceci se traduit par une influence sur les lignes d'eau, les vitesses d'écoulement et structure de drain.

Cette étude développe une analyse expérimentale et numérique de la structure d'un écoulement à surface libre pleinement développé, dans un canal rectangulaire à ciel ouvert dont la section mouillée présente un fort contraste transversal de rugosité. La rugosité est créée par des cannes du roseau collées, à espaces réguliers, sur une plaque en bois mise dans un canal à ciel ouvert.

Le dimensionnement d'un canal de drainage découvert herbacé, pour maintenir la capacité d'écoulement optimal du lit ne peut concevoir sans la connaissance le comportement des paramètres physiques du roseau sur les caractéristiques hydrauliques de ce canal. A cette fin, nous proposons en les commentant différentes relations qui permettent de déterminer ces caractéristiques.

MOTS CLES : Vitesse, rugosité, canal, roseau, drains.

Abstract

Most agricultural open channels, which drains into the South of Algeria are invaded by common reed. It is bad that can evacuate 20% of their maximum capacity [1]. The carelessness of the Administration of drainage network and drop by the fellahs to help the appearance of this major problem, because herbs have blocked water flow in drains which reduce the effectiveness of these drains and contribute to the back of the level of groundwater. This disrupts the environment of this region and threatens the sustainability of its oasis agriculture [2].

The consequences of this plant growth are several aspects. There may be mentioned hydraulic impacts, related to the increase of the roughness and the decrease in the flow section. This translates into an influence on the water lines, flow velocities and drain structure.

This thesis presents an experimental and numerical analysis of the structure of a free surface flow fully developed, in a rectangular channel open with a wet section presents a strong contrast transverse roughness. The roughness is created by the reed canes glued, regularly spaced, on a wooden plaque set in an open channel.

The sizing of a drainage channel discovered grass, to maintain optimal flow capacity of the bed can not conceive without knowing the behaviour of physical parameters of the reed on the hydraulic characteristics of this channel. To this end, we propose various relationships by commenting that determine these characteristics.

KEYWORDS: Velocitie, roughness, channel, reed, drains.

خلاصة

تغزو معظم القنوات الفلاحية المفتوحة على الهواء الطلق ومن بينها قنوات الصرف الفلاحي مساحات كثيفة من أعشاب القصب المحبة للماء. هذه الحالة السيئة لا تسمح إلا بتصريف نسبة 20% من سعتها القصوى [1]. إن تجاهل الإدارة المكلفة بتسيير شبكات الصرف الفلاحي، وتخلي الفلاحين عنها ساهم في ظهور هذه المشكلة العويصة لأن هذه الأعشاب تعيق جريان المياه في القنوات مما تخفض فعاليتها وتساهم في تصاعد المياه الجوفية القريبة من السطح. هذه الظاهرة تجعل التوازن البيئي لهذه المنطقة مختلا وتحدد استدامة الزراعة الواحاتية [2].

يترتب عن نمو هذه الأعشاب عواقب عديدة. نذكر منها العواقب الهيدروليكية المرتبطة بتزايد الخشونة وتناقص مقطع الجريان. وهذا يترجم بالتأثير على ارتفاع خطوط المياه وسرعة جرياتها.

تقدم هذه الرسالة تحليلا تجريبيا وعدديا لبنية جريان حر في قناة مستطيلة ذات سطح مبلل عالي الخشونة، شكلت من أعواد القصب ملصقة بلوحة مستوية على مسافات منتظمة.

إن تحديد أبعاد قناة الصرف الفلاحي بوجود أعشاب القصب مع احتفاظها بسعة جرياتها المثلى لا يمكن تصوره دون معرفة سلوك الخصائص الفيزيائية لأعشاب القصب على الخصائص الهيدروليكية للقناة. لهذا نعرض مختلف العلاقات التي تسمح بتحديد هذه الخصائص.

كلمات مفاتيح: سرعة، قناة، الخشونة، أعشاب القصب، قنوات الصرف الفلاحي.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	1
CHAPITRE I	
STRUCTURE DES ECOULEMENTS DANS LES CANAUX HERBACES	4
ASPECTS BIBLIOGRAPHIQUES	
I-1-Hydraulique des canaux découverts:.....	4
I-1-1- Ecoulement à surface libre:.....	4
I-1-2- Rappel de quelques notions d'hydraulique:.....	5
I-2- Les différents types de canaux:	7
I-2-1-Définition :.....	7
I-2-2- Les canaux naturels	7
I-2-3- Les canaux artificiels	8
I-2-4- Géométrie des canaux	8
I-3- Ecoulement dans les canaux :.....	9
I-3-1- Type d'écoulement :.....	9
I-3-1-1- Variabilité dans le temps	9
I-3-1-2- Variabilité dans l'espace:.....	10
I-3-2- Régime d'écoulement	11
I-4- Approches expérimentales des écoulements en présence de la végétation:.....	13
I-4-1- Végétation (flexible) submergée	13
I-4-2- Végétation (rigide et flexible) Non- submergée.....	14
CHAPITRE II	
DESCRIPTIF DU ROSEAU ET METHODE DE CALCUL HYDRAULIQUE DU	18
SYSTEME DE DRAINAGE AGRICOLE DE LA VALLEE D'OUARGLA	
II-1- Roseau commun :.....	18
II-1-1-Définition:.....	18
II-1-2-Description.....	19
II-1-3-Impact et propagation:.....	20
II-1-4-Méthodes de gestion	21
II-2-Calcul hydraulique du système de drainage agricole de la vallée d'Ouargla :.....	22
CHAPITRE III	
DISPOSITIF EXPERIMENTAL ET TECHNIQUE DE MESURE	25

III-1- Dispositif expérimental	25
III-2- Principe de mesure.....	26
III-2-1- Mesure du débit :.....	26
III-2-2- Mesure des hauteurs d'eau	27
III-3- Etude expérimentale de l'effet du roseau sur l'écoulement	28
III-3-1- Etude de l'effet du roseau à diamètre ($\varnothing = 4$ mm) sur l'écoulement :.....	29
III-3-1-1- Essais avec densités (02 unités / décimètre carrée):.....	29
III-3-1-2- Essais avec densités (04 unités / décimètre carrée):.....	30
III-3-1-3- Essais avec densités (06 unités / décimètre carrée):.....	31
III-3-1-4- Essais avec densités (08 unités / décimètre carrée):.....	32
III-3-2- Etude de l'effet du roseau à diamètre ($\varnothing = 6$ mm) sur l'écoulement :.....	33
III-3-2-1- Essais avec densités (02 unités / décimètre carrée):.....	33
III-3-2-2- Essais avec densités (04 unités / décimètre carrée):.....	34
III-3-2-3- Essais avec densités (06 unités / décimètre carrée):.....	35
III-3-2-4- Essais avec densités (08 unités / décimètre carrée):.....	36
III-3-3- Etude de l'effet du roseau à diamètre ($\varnothing = 8$ mm) sur l'écoulement :.....	37
III-3-3-1- Essais avec densités (02 unités / décimètre carrée):.....	37
III-3-3-2- Essais avec densités (04 unités / décimètre carrée):.....	38
III-3-3-3- Essais avec densités (06 unités / décimètre carrée):.....	39
III-3-3-4- Essais avec densités (08 unités / décimètre carrée):.....	40
III-3-4- Etude de l'effet du roseau à diamètre ($\varnothing = 10$ mm) sur l'écoulement :.....	41
III-3-4-1- Essais avec densités (02 unités / décimètre carrée):.....	41
III-3-4-2- Essais avec densités (04 unités / décimètre carrée):.....	42
III-3-4-3- Essais avec densités (06 unités / décimètre carrée):.....	43
III-3-4-4- Essais avec densités (08 unités / décimètre carrée):.....	44

CHAPITRE IV

RESULTATS ET DISCUSSIONS

IV-1- Variations de la hauteur d'eau en présence du roseau:.....	45
IV-1-1- Variation de la hauteur d'eau pour des essais à diamètre $\varnothing = 4$ mm :.....	45
IV-1-1-1- Variation de la hauteur d'eau à débit $Q= 1.11$ (l/s) :.....	46
IV-1-1-1-1- Densité = 2Unités/dm ²	46
IV-1-1-1-2- Densité = 4Unités/dm ²	46
IV-1-1-1-3- Densité = 6Unités/dm ²	46
IV-1-1-1-4- Densité = 8Unités/dm ²	46
IV-1-1-2- Variation de la hauteur d'eau à débit $Q= 1.51$ (l/s) :.....	47
IV-1-1-2-1- Densité = 2Unités/dm ²	47
IV-1-1-2-2- Densité = 4Unités/dm ²	47
IV-1-1-2-3- Densité = 6Unités/dm ²	48
IV-1-1-2-4- Densité = 8Unités/dm ²	48
IV-1-1-3- Variation de la hauteur d'eau à débit $Q= 1.98$ (l/s) :.....	48
IV-1-1-3-1- Densité = 2Unités/dm ²	49
IV-1-1-3-2- Densité = 4Unités/dm ²	49
IV-1-1-3-3- Densité = 6Unités/dm ²	49
IV-1-1-3-4- Densité = 8Unités/dm ²	49
IV-1-1-4- Variation de la hauteur d'eau à débit $Q= 2.54$ (l/s) :.....	50
IV-1-1-4-1- Densité = 2Unités/dm ²	50
IV-1-1-4-2- Densité = 4Unités/dm ²	50
IV-1-1-4-3- Densité = 6Unités/dm ²	51
IV-1-1-4-4- Densité = 8Unités/dm ²	51
IV-1-2- Variation de la hauteur d'eau pour des essais à diamètre $\varnothing = 6$ mm :.....	52
IV-1-2-1- Variation de la hauteur d'eau à débit $Q= 1.11$ (l/s) :.....	52
IV-1-2-1-1- Densité = 2Unités/dm ²	52
IV-1-2-1-2- Densité = 4Unités/dm ²	52
IV-1-2-1-3- Densité = 6Unités/dm ²	53
IV-1-2-1-4- Densité = 8Unités/dm ²	53
IV-1-2-2- Variation de la hauteur d'eau à débit $Q= 1.51$ (l/s) :.....	53
IV-1-2-2-1- Densité = 2Unités/dm ²	54
IV-1-2-2-2- Densité = 4Unités/dm ²	54
IV-1-2-2-3- Densité = 6Unités/dm ²	54
IV-1-2-2-4- Densité = 8Unités/dm ²	54
IV-1-2-3- Variation de la hauteur d'eau à débit $Q= 1.98$ (l/s) :.....	55

IV-1-2-3-1- Densité = 2Unités/dm ²	55
IV-1-2-3-2- Densité = 4Unités/dm ²	55
IV-1-2-3-3- Densité = 6Unités/dm ²	56
IV-1-2-3-4- Densité = 8Unités/dm ²	56
IV-1-2-4- Variation de la hauteur d'eau à débit Q= 2.54 (l/s) :.....	56
IV-1-2-4-1- Densité = 2Unités/dm ²	57
IV-1-2-4-2- Densité = 4Unités/dm ²	57
IV-1-2-4-3- Densité = 6Unités/dm ²	57
IV-1-2-4-4- Densité = 8Unités/dm ²	57
IV-1-3- Variation de la hauteur d'eau pour des essais à diamètre Ø = 8 mm :.....	58
IV-1-3-1- Variation de la hauteur d'eau à débit Q= 1.11 (l/s) :.....	58
IV-1-3-1-1- Densité = 2Unités/dm ²	58
IV-1-3-1-2- Densité = 4Unités/dm ²	59
IV-1-3-1-3- Densité = 6Unités/dm ²	59
IV-1-3-1-4- Densité = 8Unités/dm ²	59
IV-1-3-2- Variation de la hauteur d'eau à débit Q= 1.51 (l/s) :.....	60
IV-1-3-2-1- Densité = 2Unités/dm ²	60
IV-1-3-2-2- Densité = 4Unités/dm ²	60
IV-1-3-2-3- Densité = 6Unités/dm ²	61
IV-1-3-2-4- Densité = 8Unités/dm ²	61
IV-1-3-3- Variation de la hauteur d'eau à débit Q= 1.98 (l/s) :.....	61
IV-1-3-3-1- Densité = 2Unités/dm ²	62
IV-1-3-3-2- Densité = 4Unités/dm ²	62
IV-1-3-3-3- Densité = 6Unités/dm ²	62
IV-1-3-3-4- Densité = 8Unités/dm ²	62
IV-1-3-4- Variation de la hauteur d'eau à débit Q= 2.54 (l/s) :.....	63
IV-1-3-4-1- Densité = 2Unités/dm ²	63
IV-1-3-4-2- Densité = 4Unités/dm ²	63
IV-1-3-4-3- Densité = 6Unités/dm ²	64
IV-1-3-4-4- Densité = 8Unités/dm ²	64
IV-1-4- Variation de la hauteur d'eau pour des essais à diamètre Ø = 10 mm :.....	65

IV-1-4-1- Variation de la hauteur d'eau à débit $Q= 1.11$ (l/s) :.....	65
IV-1-4-1-1- Densité = 2Unités/dm ²	65
IV-1-4-1-2- Densité = 4Unités/dm ²	65
IV-1-4-1-3- Densité = 6Unités/dm ²	66
IV-1-4-1-4- Densité = 8Unités/dm ²	66
IV-1-4-2- Variation de la hauteur d'eau à débit $Q= 1.51$ (l/s) :.....	66
IV-1-4-2-1- Densité = 2Unités/dm ²	67
IV-1-4-2-2- Densité = 4Unités/dm ²	67
IV-1-4-2-3- Densité = 6Unités/dm ²	67
IV-1-4-2-4- Densité = 8Unités/dm ²	67
IV-1-4-3- Variation de la hauteur d'eau à débit $Q= 1.98$ (l/s) :.....	68
IV-1-4-3-1- Densité = 2Unités/dm ²	68
IV-1-4-3-2- Densité = 4Unités/dm ²	68
IV-1-4-3-3- Densité = 6Unités/dm ²	69
IV-1-4-3-4- Densité = 8Unités/dm ²	69
IV-1-4-4- Variation de la hauteur d'eau à débit $Q= 2.54$ (l/s) :.....	69
IV-1-4-4-1- Densité = 2Unités/dm ²	70
IV-1-4-4-2- Densité = 4Unités/dm ²	70
IV-1-4-4-3- Densité = 6Unités/dm ²	70
IV-1-4-4-4- Densité = 8Unités/dm ²	70
IV-1-5- Conclusion sur les variations de la hauteur d'eau en présence du roseau:.....	71

IV-2- Variation de la vitesse d'écoulement d'eau en présence du roseau :.....	72
IV-2-1- Variation de la vitesse d'écoulement d'eau pour des essais à diamètre $\varnothing = 4 \text{ mm}$:.....	72
IV-2-1-1- Variation de la vitesse d'écoulement d'eau à débit $Q = 1.11 \text{ (l/s)}$:.....	72
IV-2-1-1-1- Densité = 2Unités/dm ²	72
IV-2-1-1-2- Densité = 4Unités/dm ²	72
IV-2-1-1-3- Densité = 6Unités/dm ²	73
IV-2-1-1-4- Densité = 8Unités/dm ²	73
IV-2-1-2- Variation de la vitesse d'écoulement d'eau à débit $Q = 1.51 \text{ (l/s)}$:.....	73
IV-2-1-2-1- Densité = 2Unités/dm ²	74
IV-2-1-2-2- Densité = 4Unités/dm ²	74
IV-2-1-2-3- Densité = 6Unités/dm ²	74
IV-2-1-2-4- Densité = 8Unités/dm ²	74
IV-2-1-3- Variation de la vitesse d'écoulement d'eau à débit $Q = 1.98 \text{ (l/s)}$:.....	75
IV-2-1-3-1- Densité = 2Unités/dm ²	75
IV-2-1-3-2- Densité = 4Unités/dm ²	75
IV-2-1-3-3- Densité = 6Unités/dm ²	76
IV-2-1-3-4- Densité = 8Unités/dm ²	76
IV-2-1-4- Variation de la vitesse d'écoulement d'eau à débit $Q = 2.54 \text{ (l/s)}$:.....	76
IV-2-1-4-1- Densité = 2Unités/dm ²	77
IV-2-1-4-2- Densité = 4Unités/dm ²	77
IV-2-1-4-3- Densité = 6Unités/dm ²	77
IV-2-1-4-4- Densité = 8Unités/dm ²	77
IV-2-2- Variation de la vitesse d'écoulement d'eau pour des essais à diamètre $\varnothing = 6 \text{ mm}$:.....	78
IV-2-2-1- Variation de la vitesse d'écoulement d'eau à débit $Q = 1.11 \text{ (l/s)}$:.....	78
IV-2-2-1-1- Densité = 2Unités/dm ²	78
IV-2-2-1-2- Densité = 4Unités/dm ²	79
IV-2-2-1-3- Densité = 6Unités/dm ²	79

IV-2-2-1-4- Densité = 8Unités/dm ²	79
IV-2-2-2- Variation de la vitesse d'écoulement d'eau à débit Q= 1.51 (l/s) :.....	80
IV-2-2-2-1- Densité = 2Unités/dm ²	80
IV-2-2-2-2- Densité = 4Unités/dm ²	80
IV-2-2-2-3- Densité = 6Unités/dm ²	81
IV-2-2-2-4- Densité = 8Unités/dm ²	81
IV-2-2-3- Variation de la vitesse d'écoulement d'eau à débit Q= 1.98 (l/s) :.....	81
IV-2-2-3-1- Densité = 2Unités/dm ²	82
IV-2-2-3-2- Densité = 4Unités/dm ²	82
IV-2-2-3-3- Densité = 6Unités/dm ²	82
IV-2-2-3-4- Densité = 8Unités/dm ²	82
IV-2-2-4- Variation de la vitesse d'écoulement d'eau à débit Q= 2.54 (l/s) :.....	83
IV-2-2-4-1- Densité = 2Unités/dm ²	83
IV-2-2-4-2- Densité = 4Unités/dm ²	83
IV-2-2-4-3- Densité = 6Unités/dm ²	84
IV-2-2-4-4- Densité = 8Unités/dm ²	84
IV-2-3- Variation de la vitesse d'écoulement d'eau pour des essais à diamètre Ø = 8 mm :.....	85
IV-2-3-1- Variation de la vitesse d'écoulement d'eau à débit Q= 1.11 (l/s) :.....	85
IV-2-3-1-1- Densité = 2Unités/dm ²	85
IV-2-3-1-2- Densité = 4Unités/dm ²	85
IV-2-3-1-3- Densité = 6Unités/dm ²	85
IV-2-3-1-4- Densité = 8Unités/dm ²	86
IV-2-3-2- Variation de la vitesse d'écoulement d'eau à débit Q= 1.51 (l/s) :.....	86
IV-2-3-2-1- Densité = 2Unités/dm ²	86
IV-2-3-2-2- Densité = 4Unités/dm ²	87
IV-2-3-2-3- Densité = 6Unités/dm ²	87
IV-2-3-2-4- Densité = 8Unités/dm ²	87
IV-2-3-3- Variation de la vitesse d'écoulement d'eau à débit Q= 1.98 (l/s) :.....	88
IV-2-3-3-1- Densité = 2Unités/dm ²	88
IV-2-3-3-2- Densité = 4Unités/dm ²	88
IV-2-3-3-3- Densité = 6Unités/dm ²	89
IV-2-3-3-4- Densité = 8Unités/dm ²	89
IV-2-3-4- Variation de la vitesse d'écoulement d'eau à débit Q= 2.54 (l/s) :.....	89

IV-2-3-4-1- Densité = 2Unités/dm ²	90
IV-2-3-4-2- Densité = 4Unités/dm ²	90
IV-2-3-4-3- Densité = 6Unités/dm ²	90
IV-2-3-4-4- Densité = 8Unités/dm ²	90
IV-2-4- Variation de la vitesse d'écoulement d'eau pour des essais à diamètre Ø = 10 mm :.....	91
IV-2-4-1- Variation de la vitesse d'écoulement d'eau à débit Q= 1.11 (l/s) :.....	91
IV-2-4-1-1- Densité = 2Unités/dm ²	91
IV-2-4-1-2- Densité = 4Unités/dm ²	92
IV-2-4-1-3- Densité = 6Unités/dm ²	92
IV-2-4-1-4- Densité = 8Unités/dm ²	92
IV-2-4-2- Variation de la vitesse d'écoulement d'eau à débit Q= 1.51 (l/s) :.....	93
IV-2-4-2-1- Densité = 2Unités/dm ²	93
IV-2-4-2-2- Densité = 4Unités/dm ²	93
IV-2-4-2-3- Densité = 6Unités/dm ²	94
IV-2-4-2-4- Densité = 8Unités/dm ²	94
IV-2-4-3- Variation de la vitesse d'écoulement d'eau à débit Q= 1.98 (l/s) :.....	94
IV-2-4-3-1- Densité = 2Unités/dm ²	95
IV-2-4-3-2- Densité = 4Unités/dm ²	95
IV-2-4-3-3- Densité = 6Unités/dm ²	95
IV-2-4-3-4- Densité = 8Unités/dm ²	95
IV-2-4-4- Variation de la vitesse d'écoulement d'eau à débit Q= 2.54 (l/s) :.....	96
IV-2-4-4-1- Densité = 2Unités/dm ²	96
IV-2-4-4-2- Densité = 4Unités/dm ²	96
IV-2-4-4-3- Densité = 6Unités/dm ²	97
IV-2-4-4-4- Densité = 8Unités/dm ²	97
IV-2-5- Conclusion sur les variations de la vitesse d'écoulement d'eau en présence du roseau:.....	98

IV-3-1- Variation du coefficient de Manning pour des essais à diamètre $\varnothing = 4 \text{ mm}$:.....	99
IV-3-1-1- Variation du coefficient de Manning à débit $Q= 1.11 \text{ (l/s)}$:.....	99
IV-3-1-1-1- Densité = 2Unités/dm ²	99
IV-3-1-1-2- Densité = 4Unités/dm ²	99
IV-3-1-1-3- Densité = 6Unités/dm ²	99
IV-3-1-1-4- Densité = 8Unités/dm ²	100
IV-3-1-2- Variation du coefficient de Manning à débit $Q= 1.51 \text{ (l/s)}$:.....	100
IV-3-1-2-1- Densité = 2Unités/dm ²	100
IV-3-1-2-2- Densité = 4Unités/dm ²	101
IV-3-1-2-3- Densité = 6Unités/dm ²	101
IV-3-1-2-4- Densité = 8Unités/dm ²	101
IV-3-1-3- Variation du coefficient de Manning à débit $Q= 1.98 \text{ (l/s)}$:.....	102
IV-3-1-3-1- Densité = 2Unités/dm ²	102
IV-3-1-3-2- Densité = 4Unités/dm ²	102
IV-3-1-3-3- Densité = 6Unités/dm ²	103
IV-3-1-3-4- Densité = 8Unités/dm ²	103
IV-3-1-4- Variation du coefficient de Manning à débit $Q= 2.54 \text{ (l/s)}$:.....	103
IV-3-1-4-1- Densité = 2Unités/dm ²	104
IV-3-1-4-2- Densité = 4Unités/dm ²	104
IV-3-1-4-3- Densité = 6Unités/dm ²	104
IV-3-1-4-4- Densité = 8Unités/dm ²	104
IV-3-2- Variation du coefficient de Manning pour des essais à diamètre $\varnothing = 6 \text{ mm}$:.....	105
IV-3-2-1- Variation du coefficient de Manning à débit $Q= 1.11 \text{ (l/s)}$:.....	105
IV-3-2-1-1- Densité = 2Unités/dm ²	105
IV-3-2-1-2- Densité = 4Unités/dm ²	106
IV-3-2-1-3- Densité = 6Unités/dm ²	106
IV-3-2-1-4- Densité = 8Unités/dm ²	106
IV-3-2-2- Variation du coefficient de Manning à débit $Q= 1.51 \text{ (l/s)}$:.....	107
IV-3-2-2-1- Densité = 2Unités/dm ²	107
IV-3-2-2-2- Densité = 4Unités/dm ²	107
IV-3-2-2-3- Densité = 6Unités/dm ²	108
IV-3-2-2-4- Densité = 8Unités/dm ²	108
IV-3-2-3- Variation du coefficient de Manning à débit $Q= 1.98 \text{ (l/s)}$:.....	108

IV-3-2-3-1- Densité = 2Unités/dm ²	109
IV-3-2-3-2- Densité = 4Unités/dm ²	109
IV-3-2-3-3- Densité = 6Unités/dm ²	109
IV-3-2-3-4- Densité = 8Unités/dm ²	109
IV-3-2-4- Variation du coefficient de Manning à débit Q= 2.54 (l/s) :.....	110
IV-3-2-4-1- Densité = 2Unités/dm ²	110
IV-3-2-4-2- Densité = 4Unités/dm ²	110
IV-3-2-4-3- Densité = 6Unités/dm ²	111
IV-3-2-4-4- Densité = 8Unités/dm ²	111
IV-3-3- Variation du coefficient de Manning pour des essais à diamètre Ø = 8 mm :.....	112
IV-3-3-1- Variation du coefficient de Manning à débit Q= 1.11 (l/s) :.....	112
IV-3-3-1-1- Densité = 2Unités/dm ²	112
IV-3-3-1-2- Densité = 4Unités/dm ²	112
IV-3-3-1-3- Densité = 6Unités/dm ²	113
IV-3-3-1-4- Densité = 8Unités/dm ²	113
IV-3-3-2- Variation du coefficient de Manning à débit Q= 1.51 (l/s) :.....	113
IV-3-3-2-1- Densité = 2Unités/dm ²	114
IV-3-3-2-2- Densité = 4Unités/dm ²	114
IV-3-3-2-3- Densité = 6Unités/dm ²	114
IV-3-3-2-4- Densité = 8Unités/dm ²	114
IV-3-3-3- Variation du coefficient de Manning à débit Q= 1.98 (l/s) :.....	115
IV-3-3-3-1- Densité = 2Unités/dm ²	115
IV-3-3-3-2- Densité = 4Unités/dm ²	115
IV-3-3-3-3- Densité = 6Unités/dm ²	116
IV-3-3-3-4- Densité = 8Unités/dm ²	116
IV-3-3-4- Variation du coefficient de Manning à débit Q= 2.54 (l/s) :.....	116
IV-3-3-4-1- Densité = 2Unités/dm ²	117
IV-3-3-4-2- Densité = 4Unités/dm ²	117
IV-3-3-4-3- Densité = 6Unités/dm ²	117
IV-3-3-4-4- Densité = 8Unités/dm ²	117
IV-3-4- Variation du coefficient de Manning pour des essais à diamètre Ø = 10 mm :.....	118

IV-3-4-1- Variation du coefficient de Manning à débit $Q= 1.11$ (l/s) :.....	118
IV-3-4-1-1- Densité = 2Unités/dm ²	118
IV-3-4-1-2- Densité = 4Unités/dm ²	119
IV-3-4-1-3- Densité = 6Unités/dm ²	119
IV-3-4-1-4- Densité = 8Unités/dm ²	119
IV-3-4-2- Variation du coefficient de Manning à débit $Q= 1.51$ (l/s) :.....	120
IV-3-4-2-1- Densité = 2Unités/dm ²	120
IV-3-4-2-2- Densité = 4Unités/dm ²	120
IV-3-4-2-3- Densité = 6Unités/dm ²	121
IV-3-4-2-4- Densité = 8Unités/dm ²	121
IV-3-4-3- Variation du coefficient de Manning à débit $Q= 1.98$ (l/s) :.....	121
IV-3-4-3-1- Densité = 2Unités/dm ²	122
IV-3-4-3-2- Densité = 4Unités/dm ²	122
IV-3-4-3-3- Densité = 6Unités/dm ²	122
IV-3-4-3-4- Densité = 8Unités/dm ²	122
IV-3-4-4- Variation du coefficient de Manning à débit $Q= 2.54$ (l/s) :.....	123
IV-3-4-4-1- Densité = 2Unités/dm ²	123
IV-3-4-4-2- Densité = 4Unités/dm ²	123
IV-3-4-4-3- Densité = 6Unités/dm ²	124
IV-3-4-4-4- Densité = 8Unités/dm ²	124
IV-3-5- Conclusion sur les variations du coefficient de Manning en présence du roseau:.....	125
IV-4- Variations du nombre de Reynolds en présence du roseau:.....	126
IV-4-1- Variation du nombre de Reynolds pour des essais à diamètre $\varnothing = 4$ mm :.....	126
IV-4-1-1- Variation du nombre de Reynolds à débit $Q= 1.11$ (l/s) :.....	126
IV-4-1-1-1- Densité = 2Unités/dm ²	126
IV-4-1-1-2- Densité = 4Unités/dm ²	126
IV-4-1-1-3- Densité = 6Unités/dm ²	126
IV-4-1-1-4- Densité = 8Unités/dm ²	127
IV-4-1-2- Variation du nombre de Reynolds à débit $Q= 1.51$ (l/s) :.....	127

IV-4-1-2-1- Densité = 2Unités/dm ²	127
IV-4-1-2-2- Densité = 4Unités/dm ²	128
IV-4-1-2-3- Densité = 6Unités/dm ²	128
IV-4-1-2-4- Densité = 8Unités/dm ²	128
IV-4-1-3- Variation du nombre de Reynolds à débit Q= 1.98 (l/s) :.....	129
IV-4-1-3-1- Densité = 2Unités/dm ²	129
IV-4-1-3-2- Densité = 4Unités/dm ²	129
IV-4-1-3-3- Densité = 6Unités/dm ²	129
IV-4-1-3-4- Densité = 8Unités/dm ²	129
IV-4-1-4- Variation du nombre de Reynolds à débit Q= 2.54 (l/s) :.....	130
IV-4-1-4-1- Densité = 2Unités/dm ²	130
IV-4-1-4-2- Densité = 4Unités/dm ²	130
IV-4-1-4-3- Densité = 6Unités/dm ²	131
IV-4-1-4-4- Densité = 8Unités/dm ²	131
IV-4-2- Variation du nombre de Reynolds pour des essais à diamètre Ø = 6 mm :.....	132
IV-4-2-1- Variation du nombre de Reynolds à débit Q= 1.11 (l/s) :.....	132
IV-4-2-1-1- Densité = 2Unités/dm ²	132
IV-4-2-1-2- Densité = 4Unités/dm ²	132
IV-4-2-1-3- Densité = 6Unités/dm ²	132
IV-4-2-1-4- Densité = 8Unités/dm ²	133
IV-4-2-2- Variation du nombre de Reynolds à débit Q= 1.51 (l/s) :.....	133
IV-4-2-2-1- Densité = 2Unités/dm ²	133
IV-4-2-2-2- Densité = 4Unités/dm ²	133
IV-4-2-2-3- Densité = 6Unités/dm ²	134
IV-4-2-2-4- Densité = 8Unités/dm ²	134
IV-4-2-3- Variation du nombre de Reynolds à débit Q= 1.98 (l/s) :.....	134
IV-4-2-3-1- Densité = 2Unités/dm ²	135
IV-4-2-3-2- Densité = 4Unités/dm ²	135
IV-4-2-3-3- Densité = 6Unités/dm ²	135
IV-4-2-3-4- Densité = 8Unités/dm ²	135
IV-4-2-4- Variation du nombre de Reynolds à débit Q= 2.54 (l/s) :.....	136

IV-4-2-4-1- Densité = 2Unités/dm ²	136
IV-4-2-4-2- Densité = 4Unités/dm ²	136
IV-4-2-4-3- Densité = 6Unités/dm ²	137
IV-4-2-4-4- Densité = 8Unités/dm ²	137
IV-4-3- Variation du nombre de Reynolds pour des essais à diamètre $\varnothing = 8 \text{ mm}$:.....	138
IV-4-3-1- Variation du nombre de Reynolds à débit $Q= 1.11 \text{ (l/s)}$:.....	138
IV-4-3-1-1- Densité = 2Unités/dm ²	138
IV-4-3-1-2- Densité = 4Unités/dm ²	138
IV-4-3-1-3- Densité = 6Unités/dm ²	138
IV-4-3-1-4- Densité = 8Unités/dm ²	139
IV-4-3-2- Variation du nombre de Reynolds à débit $Q= 1.51 \text{ (l/s)}$:.....	139
IV-4-3-2-1- Densité = 2Unités/dm ²	139
IV-4-3-2-2- Densité = 4Unités/dm ²	140
IV-4-3-2-3- Densité = 6Unités/dm ²	140
IV-4-3-2-4- Densité = 8Unités/dm ²	140
IV-4-3-3- Variation du nombre de Reynolds à débit $Q= 1.98 \text{ (l/s)}$:.....	141
IV-4-3-3-1- Densité = 2Unités/dm ²	141
IV-4-3-3-2- Densité = 4Unités/dm ²	141
IV-4-3-3-3- Densité = 6Unités/dm ²	141
IV-4-3-3-4- Densité = 8Unités/dm ²	141
IV-4-3-4- Variation du nombre de Reynolds à débit $Q= 2.54 \text{ (l/s)}$:.....	142
IV-4-3-4-1- Densité = 2Unités/dm ²	142
IV-4-3-4-2- Densité = 4Unités/dm ²	142
IV-4-3-4-3- Densité = 6Unités/dm ²	143
IV-4-3-4-4- Densité = 8Unités/dm ²	143
IV-4-4- Variation du nombre de Reynolds pour des essais à diamètre $\varnothing = 10 \text{ mm}$:.....	144
IV-4-4-1- Variation du nombre de Reynolds à débit $Q= 1.11 \text{ (l/s)}$:.....	144
IV-4-4-1-1- Densité = 2Unités/dm ²	144
IV-4-4-1-2- Densité = 4Unités/dm ²	144
IV-4-4-1-3- Densité = 6Unités/dm ²	144
IV-4-4-1-4- Densité = 8Unités/dm ²	145
IV-4-4-2- Variation du nombre de Reynolds à débit $Q= 1.51 \text{ (l/s)}$:.....	145

IV-4-4-2-1- Densité = 2Unités/dm ²	145
IV-4-4-2-2- Densité = 4Unités/dm ²	146
IV-4-4-2-3- Densité = 6Unités/dm ²	146
IV-4-4-2-4- Densité = 8Unités/dm ²	146
IV-4-4-3- Variation du nombre de Reynolds à débit Q= 1.98 (l/s) :.....	147
IV-4-4-3-1- Densité = 2Unités/dm ²	147
IV-4-4-3-2- Densité = 4Unités/dm ²	147
IV-4-4-3-3- Densité = 6Unités/dm ²	147
IV-4-4-3-4- Densité = 8Unités/dm ²	147
IV-4-4-4- Variation du nombre de Reynolds à débit Q= 2.54 (l/s) :.....	148
IV-4-4-4-1- Densité = 2Unités/dm ²	148
IV-4-4-4-2- Densité = 4Unités/dm ²	148
IV-4-4-4-3- Densité = 6Unités/dm ²	148
IV-4-4-4-4- Densité = 8Unités/dm ²	149
IV-4-5- Conclusion sur les variations du nombre de Reynolds en présence du roseau:.....	149
IV-5- Variation du nombre de Froude en présence du roseau:.....	150
IV-5-1- Variation du nombre de Froude pour des essais à diamètre $\varnothing = 4$ mm :.....	150
IV-5-1-1- Variation du nombre de Froude à débit Q= 1.11 (l/s) :.....	150
IV-5-1-1-1- Densité = 2Unités/dm ²	150
IV-5-1-1-2- Densité = 4Unités/dm ²	150
IV-5-1-1-3- Densité = 6Unités/dm ²	150
IV-5-1-1-4- Densité = 8Unités/dm ²	151
IV-5-1-2- Variation du nombre de Froude à débit Q= 1.51 (l/s) :.....	151
IV-5-1-2-1- Densité = 2Unités/dm ²	151
IV-5-1-2-2- Densité = 4Unités/dm ²	152
IV-5-1-2-3- Densité = 6Unités/dm ²	152
IV-5-1-2-4- Densité = 8Unités/dm ²	152
IV-5-1-3- Variation du nombre de Froude à débit Q= 1.98 (l/s) :.....	153
IV-5-1-3-1- Densité = 2Unités/dm ²	153
IV-5-1-3-2- Densité = 4Unités/dm ²	153
IV-5-1-3-3- Densité = 6Unités/dm ²	153
IV-5-1-3-4- Densité = 8Unités/dm ²	153
IV-5-1-4- Variation du nombre de Froude à débit Q= 2.54 (l/s) :.....	154

IV-5-1-4-1- Densité = 2Unités/dm ²	154
IV-5-1-4-2- Densité = 4Unités/dm ²	154
IV-5-1-4-3- Densité = 6Unités/dm ²	155
IV-5-1-4-4- Densité = 8Unités/dm ²	155
IV-5-2- Variation du nombre de Froude pour des essais à diamètre $\varnothing = 6 \text{ mm}$:.....	156
IV-5-2-1- Variation du nombre de Froude à débit $Q= 1.11 \text{ (l/s)}$:.....	156
IV-5-2-1-1- Densité = 2Unités/dm ²	156
IV-5-2-1-2- Densité = 4Unités/dm ²	156
IV-5-2-1-3- Densité = 6Unités/dm ²	156
IV-5-2-1-4- Densité = 8Unités/dm ²	157
IV-5-2-2- Variation du nombre de Froude à débit $Q= 1.51 \text{ (l/s)}$:.....	157
IV-5-2-2-1- Densité = 2Unités/dm ²	157
IV-5-2-2-2- Densité = 4Unités/dm ²	158
IV-5-2-2-3- Densité = 6Unités/dm ²	158
IV-5-2-2-4- Densité = 8Unités/dm ²	158
IV-5-2-3- Variation du nombre de Froude à débit $Q= 1.98 \text{ (l/s)}$:.....	159
IV-5-2-3-1- Densité = 2Unités/dm ²	159
IV-5-2-3-2- Densité = 4Unités/dm ²	159
IV-5-2-3-3- Densité = 6Unités/dm ²	159
IV-5-2-3-4- Densité = 8Unités/dm ²	159
IV-5-2-4- Variation du nombre de Froude à débit $Q= 2.54 \text{ (l/s)}$:.....	160
IV-5-2-4-1- Densité = 2Unités/dm ²	160
IV-5-2-4-2- Densité = 4Unités/dm ²	160
IV-5-2-4-3- Densité = 6Unités/dm ²	161
IV-5-2-4-4- Densité = 8Unités/dm ²	161
IV-5-3- Variation du nombre de Froude pour des essais à diamètre $\varnothing = 8 \text{ mm}$:.....	162
IV-5-3-1- Variation du nombre de Froude à débit $Q= 1.11 \text{ (l/s)}$:.....	162
IV-5-3-1-1- Densité = 2Unités/dm ²	162
IV-5-3-1-2- Densité = 4Unités/dm ²	162
IV-5-3-1-3- Densité = 6Unités/dm ²	162
IV-5-3-1-4- Densité = 8Unités/dm ²	163
IV-5-3-2- Variation du nombre de Froude à débit $Q= 1.51 \text{ (l/s)}$:.....	163

IV-5-3-2-1- Densité = 2Unités/dm ²	163
IV-5-3-2-2- Densité = 4Unités/dm ²	164
IV-5-3-2-3- Densité = 6Unités/dm ²	164
IV-5-3-2-4- Densité = 8Unités/dm ²	164
IV-5-3-3- Variation du nombre de Froude à débit Q= 1.98 (l/s) :.....	165
IV-5-3-3-1- Densité = 2Unités/dm ²	165
IV-5-3-3-2- Densité = 4Unités/dm ²	165
IV-5-3-3-3- Densité = 6Unités/dm ²	165
IV-5-3-3-4- Densité = 8Unités/dm ²	165
IV-5-3-4- Variation du nombre de Froude à débit Q= 2.54 (l/s) :.....	166
IV-5-3-4-1- Densité = 2Unités/dm ²	166
IV-5-3-4-2- Densité = 4Unités/dm ²	166
IV-5-3-4-3- Densité = 6Unités/dm ²	167
IV-5-3-4-4- Densité = 8Unités/dm ²	167
IV-5-4- Variation du nombre de Froude pour des essais à diamètre Ø = 10 mm :.....	168
IV-5-4-1- Variation du nombre de Froude à débit Q= 1.11 (l/s) :.....	168
IV-5-4-1-1- Densité = 2Unités/dm ²	168
IV-5-4-1-2- Densité = 4Unités/dm ²	168
IV-5-4-1-3- Densité = 6Unités/dm ²	168
IV-5-4-1-4- Densité = 8Unités/dm ²	169
IV-5-4-2- Variation du nombre de Froude à débit Q= 1.51 (l/s) :.....	169
IV-5-4-2-1- Densité = 2Unités/dm ²	169
IV-5-4-2-2- Densité = 4Unités/dm ²	170
IV-5-4-2-3- Densité = 6Unités/dm ²	170
IV-5-4-2-4- Densité = 8Unités/dm ²	170
IV-5-4-3- Variation du nombre de Froude à débit Q= 1.98 (l/s) :.....	171
IV-5-4-3-1- Densité = 2Unités/dm ²	171
IV-5-4-3-2- Densité = 4Unités/dm ²	171
IV-5-4-3-3- Densité = 6Unités/dm ²	171
IV-5-4-3-4- Densité = 8Unités/dm ²	171

IV-5-4-4- Variation du nombre de Froude à débit $Q= 2.54$ (l/s) :.....	172
IV-5-4-4-1- Densité = 2Unités/dm ²	172
IV-5-4-4-2- Densité = 4Unités/dm ²	172
IV-5-4-4-3- Densité = 6Unités/dm ²	173
IV-5-4-4-4- Densité = 8Unités/dm ²	173
IV-5-5- Conclusion sur les variations du nombre de Froude en présence du roseau:.....	174

CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS

175

1- Conclusion générale.....	175
2- Recommandations.....	176

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1. Coupe transversale d'un canal naturel :.....	7
Figure 1.2. Types d'écoulement en fonction du temps :.....	10
Figure 1.3. Schéma représentant les différents régimes d'écoulement :.....	10
Figure 2.1 : Phragmite commun.....	19
Figure 2.2 : disposition des feuilles sur la tige :.....	20
Figure 3.1 : Dispositif expérimental avec le schéma représentatif du montage expérimental.....	25
Figure 3.2 : le déversoir triangulaire en mince paroi dont l'échancrure est de $53^{\circ} 8'$	26
Figure 3.3: Limnimètre :	27
Figure 3.4 : Plaque en bois vide pour éventuelles expérimentations.....	28
Figure 3.5 : Plaque d'essais avec une densité de $2U/dm^2$, ($\varnothing = 4\text{ mm}$).....	29
Figure 3.6 : Plaque d'essais avec une densité de $4U/dm^2$, ($\varnothing = 4\text{ mm}$).....	30
Figure 3.7 : Plaque d'essais avec une densité de $6U/dm^2$, ($\varnothing = 4\text{ mm}$).....	31
Figure 3.8 : Plaque d'essais avec une densité de $8U/dm^2$, ($\varnothing = 4\text{ mm}$).....	32
Figure 3.9 : Plaque d'essais avec une densité de $2U/dm^2$, ($\varnothing = 6\text{ mm}$).....	33
Figure 3.10 : Plaque d'essais avec une densité de $4U/dm^2$, ($\varnothing = 6\text{ mm}$).....	34
Figure 3.11 : Plaque d'essais avec une densité de $6U/dm^2$, ($\varnothing = 6\text{ mm}$).....	35
Figure 3.12 : Plaque d'essais avec une densité de $8U/dm^2$, ($\varnothing = 6\text{ mm}$).....	36
Figure 3.13 : Plaque d'essais avec une densité de $2U/dm^2$, ($\varnothing = 8\text{ mm}$).....	37
Figure 3.14 : Plaque d'essais avec une densité de $4U/dm^2$, ($\varnothing = 8\text{ mm}$).....	38
Figure 3.15 : Plaque d'essais avec une densité de $6U/dm^2$, ($\varnothing = 8\text{ mm}$).....	39
Figure 3.16 : Plaque d'essais avec une densité de $8U/dm^2$, ($\varnothing = 8\text{ mm}$).....	40
Figure 3.17 : Plaque d'essais avec une densité de $2U/dm^2$, ($\varnothing = 10\text{ mm}$).....	41
Figure 3.18 : Plaque d'essais avec une densité de $4U/dm^2$, ($\varnothing = 10\text{ mm}$).....	42
Figure 3.19 : Plaque d'essais avec une densité de $6U/dm^2$, ($\varnothing = 10\text{ mm}$).....	43
Figure 3.20 : Plaque d'essais avec une densité de $8U/dm^2$, ($\varnothing = 10\text{ mm}$).....	44
Figure 4.1 : Ligne d'eau observée à essais avec une densité de $8\text{Unités}/dm^2$, ($\varnothing = 10\text{ mm}$).....	45

Figure (4.2) : Variation de la Hauteur d'eau en fonction de la pente; $H=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 4$ mm) et débit $Q= 1.11$ (L/S).....	47
Figure (4.3) : Variation de la Hauteur d'eau en fonction de la pente; $H=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 4$ mm) et débit $Q= 1.51$ (L/S).....	48
Figure (4.4) : Variation de la Hauteur d'eau en fonction de la pente; $H=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 4$ mm) et débit $Q= 1.98$ (L/S).....	50
Figure (4.5) : Variation de la Hauteur d'eau en fonction de la pente; $H=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 4$ mm) et débit $Q= 2.54$ (L/S).....	51
Figure (4.6) : Variation de la Hauteur d'eau en fonction de la pente; $H=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 6$ mm) et débit $Q= 1.11$ (L/S).....	53
Figure (4.7) : Variation de la Hauteur d'eau en fonction de la pente; $H=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 6$ mm) et débit $Q= 1.51$ (L/S).....	55
Figure (4.8) : Variation de la Hauteur d'eau en fonction de la pente; $H=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 6$ mm) et débit $Q= 1.98$ (L/S).....	56
Figure (4.9) : Variation de la Hauteur d'eau en fonction de la pente; $H=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 6$ mm) et débit $Q= 2.54$ (L/S).....	58
Figure (4.10) : Variation de la Hauteur d'eau en fonction de la pente; $H=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 8$ mm) et débit $Q= 1.11$ (L/S).....	60
Figure (4.11) : Variation de la Hauteur d'eau en fonction de la pente; $H=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 8$ mm) et débit $Q= 1.51$ (L/S).....	61
Figure (4.12) : Variation de la Hauteur d'eau en fonction de la pente; $H=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 8$ mm) et débit $Q= 1.98$ (L/S).....	63
Figure (4.13) : Variation de la Hauteur d'eau en fonction de la pente; $H=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 8$ mm) et débit $Q= 2.54$ (L/S).....	64
Figure (4.14) : Variation de la Hauteur d'eau en fonction de la pente; $H=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 10$ mm) et débit $Q= 1.11$ (L/S).....	66
Figure (4.15) : Variation de la Hauteur d'eau en fonction de la pente; $H=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 10$ mm) et débit $Q= 1.51$ (L/S).....	68
Figure (4.16) : Variation de la Hauteur d'eau en fonction de la pente; $H=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 10$ mm) et débit $Q= 1.98$ (L/S).....	69
Figure (4.17) : Variation de la Hauteur d'eau en fonction de la pente; $H=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 10$ mm) et débit $Q= 2.54$ (L/S).....	71

Figure (4.18) : Variation de la vitesse d'écoulement en fonction de la pente; $V=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 4$ mm) et débit $Q= 1.11$ (L/S).....	73
Figure (4.19) : Variation de la vitesse d'écoulement en fonction de la pente; $V=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 4$ mm) et débit $Q= 1.51$ (L/S).....	75
Figure (4.20) : Variation de la vitesse d'écoulement en fonction de la pente; $V=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 4$ mm) et débit $Q= 1.98$ (L/S).....	76
Figure (4.21) : Variation de la vitesse d'écoulement en fonction de la pente; $V=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 4$ mm) et débit $Q= 2.54$ (L/S).....	78
Figure (4.22) : Variation de la vitesse d'écoulement en fonction de la pente; $V=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 6$ mm) et débit $Q= 1.11$ (L/S).....	80
Figure (4.23) : Variation de la vitesse d'écoulement en fonction de la pente; $V=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 6$ mm) et débit $Q= 1.51$ (L/S).....	81
Figure (4.24) : Variation de la vitesse d'écoulement en fonction de la pente; $V=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 6$ mm) et débit $Q= 1.98$ (L/S).....	83
Figure (4.25) : Variation de la vitesse d'écoulement en fonction de la pente; $V=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 6$ mm) et débit $Q= 2.54$ (L/S).....	84
Figure (4.26) : Variation de la vitesse d'écoulement en fonction de la pente; $V=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 8$ mm) et débit $Q= 1.11$ (L/S).....	86
Figure (4.27) : Variation de la vitesse d'écoulement en fonction de la pente; $V=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 8$ mm) et débit $Q= 1.51$ (L/S).....	88
Figure (4.28) : Variation de la vitesse d'écoulement en fonction de la pente; $V=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 8$ mm) et débit $Q= 1.98$ (L/S).....	89
Figure (4.29) : Variation de la vitesse d'écoulement en fonction de la pente; $V=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 8$ mm) et débit $Q= 2.54$ (L/S).....	91
Figure (4.30) : Variation de la vitesse d'écoulement en fonction de la pente; $V=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 10$ mm) et débit $Q= 1.11$ (L/S).....	93
Figure (4.31) : Variation de la vitesse d'écoulement en fonction de la pente; $V=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 10$ mm) et débit $Q= 1.51$ (L/S).....	94
Figure (4.32) : Variation de la vitesse d'écoulement en fonction de la pente; $V=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 10$ mm) et débit $Q= 1.98$ (L/S).....	96
Figure (4.33) : Variation de la vitesse d'écoulement en fonction de la pente; $V=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 10$ mm) et débit $Q= 2.54$ (L/S).....	97

Figure (4.34) : Variation du coefficient de Manning en fonction de la pente; $n_{eq} = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 4$ mm) et débit $Q = 1.11$ (L/S).....	100
Figure (4.35) : Variation du coefficient de Manning en fonction de la pente; $n_{eq} = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 4$ mm) et débit $Q = 1.51$ (L/S).....	102
Figure (4.36) : Variation du coefficient de Manning en fonction de la pente; $n_{eq} = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 4$ mm) et débit $Q = 1.98$ (L/S).....	103
Figure (4.37) : Variation du coefficient de Manning en fonction de la pente; $n_{eq} = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 4$ mm) et débit $Q = 2.54$ (L/S).....	105
Figure (4.38) : Variation du coefficient de Manning en fonction de la pente; $n_{eq} = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 6$ mm) et débit $Q = 1.11$ (L/S).....	107
Figure (4.39) : Variation du coefficient de Manning en fonction de la pente; $n_{eq} = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 6$ mm) et débit $Q = 1.51$ (L/S).....	108
Figure (4.40) : Variation du coefficient de Manning en fonction de la pente; $n_{eq} = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 6$ mm) et débit $Q = 1.98$ (L/S).....	110
Figure (4.41) : Variation du coefficient de Manning en fonction de la pente; $n_{eq} = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 6$ mm) et débit $Q = 2.54$ (L/S).....	111
Figure (4.42) : Variation du coefficient de Manning en fonction de la pente; $n_{eq} = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 8$ mm) et débit $Q = 1.11$ (L/S).....	113
Figure (4.43) : Variation du coefficient de Manning en fonction de la pente; $n_{eq} = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 8$ mm) et débit $Q = 1.51$ (L/S).....	115
Figure (4.44) : Variation du coefficient de Manning en fonction de la pente; $n_{eq} = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 8$ mm) et débit $Q = 1.98$ (L/S).....	116
Figure (4.45) : Variation du coefficient de Manning en fonction de la pente; $n_{eq} = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 8$ mm) et débit $Q = 2.54$ (L/S).....	118
Figure (4.46) : Variation du coefficient de Manning en fonction de la pente; $n_{eq} = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 10$ mm) et débit $Q = 1.11$ (L/S).....	120
Figure (4.47) : Variation du coefficient de Manning en fonction de la pente; $n_{eq} = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 10$ mm) et débit $Q = 1.51$ (L/S).....	121
Figure (4.48) : Variation du coefficient de Manning en fonction de la pente; $n_{eq} = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 10$ mm) et débit $Q = 1.98$ (L/S).....	123
Figure (4.49) : Variation du coefficient de Manning en fonction de la pente; $n_{eq} = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 10$ mm) et débit $Q = 2.54$ (L/S).....	124

Figure (4.50) : Variation du nombre de Reynolds en fonction de la pente; $Re = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 4$ mm) et débit $Q= 1.11$ (L/S).....	127
Figure (4.51) : Variation du nombre de Reynolds en fonction de la pente; $Re = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 4$ mm) et débit $Q= 1.51$ (L/S).....	128
Figure (4.52) : Variation du nombre de Reynolds en fonction de la pente; $Re = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 4$ mm) et débit $Q= 1.98$ (L/S).....	130
Figure (4.53) : Variation du nombre de Reynolds en fonction de la pente; $Re = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 4$ mm) et débit $Q= 2.54$ (L/S).....	131
Figure (4.54) : Variation du nombre de Reynolds en fonction de la pente; $Re = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 6$ mm) et débit $Q= 1.11$ (L/S).....	133
Figure (4.55) : Variation du nombre de Reynolds en fonction de la pente; $Re = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 6$ mm) et débit $Q= 1.51$ (L/S).....	134
Figure (4.56) : Variation du nombre de Reynolds en fonction de la pente; $Re = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 6$ mm) et débit $Q= 1.98$ (L/S).....	136
Figure (4.57) : Variation du nombre de Reynolds en fonction de la pente; $Re = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 6$ mm) et débit $Q= 2.54$ (L/S).....	137
Figure (4.58) : Variation du nombre de Reynolds en fonction de la pente; $Re = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 8$ mm) et débit $Q= 1.11$ (L/S).....	139
Figure (4.59) : Variation du nombre de Reynolds en fonction de la pente; $Re = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 8$ mm) et débit $Q= 1.51$ (L/S).....	140
Figure (4.60) : Variation du nombre de Reynolds en fonction de la pente; $Re = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 8$ mm) et débit $Q= 1.98$ (L/S).....	142
Figure (4.61) : Variation du nombre de Reynolds en fonction de la pente; $Re = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 8$ mm) et débit $Q= 2.54$ (L/S).....	143
Figure (4.62) : Variation du nombre de Reynolds en fonction de la pente; $Re = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 10$ mm) et débit $Q= 1.11$ (L/S).....	145
Figure (4.63) : Variation du nombre de Reynolds en fonction de la pente; $Re = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 10$ mm) et débit $Q= 1.51$ (L/S).....	146
Figure (4.64) : Variation du nombre de Reynolds en fonction de la pente; $Re = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 10$ mm) et débit $Q= 1.98$ (L/S).....	148
Figure (4.65) : Variation du nombre de Reynolds en fonction de la pente; $Re = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 10$ mm) et débit $Q= 2.54$ (L/S).....	149

Figure (4.66) : Variation du nombre de Froude en fonction de la pente; $Fr = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 4$ mm) et débit $Q = 1.11$ (L/S).....	151
Figure (4.67) : Variation du nombre de Froude en fonction de la pente; $Fr = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 4$ mm) et débit $Q = 1.51$ (L/S).....	152
Figure (4.68) : Variation du nombre de Froude en fonction de la pente; $Fr = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 4$ mm) et débit $Q = 1.98$ (L/S).....	154
Figure (4.69) : Variation du nombre de Froude en fonction de la pente; $Fr = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 4$ mm) et débit $Q = 2.54$ (L/S).....	155
Figure (4.70) : Variation du nombre de Froude en fonction de la pente; $Fr = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 6$ mm) et débit $Q = 1.11$ (L/S).....	157
Figure (4.71) : Variation du nombre de Froude en fonction de la pente; $Fr = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 6$ mm) et débit $Q = 1.51$ (L/S).....	158
Figure (4.72) : Variation du nombre de Froude en fonction de la pente; $Fr = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 6$ mm) et débit $Q = 1.98$ (L/S).....	160
Figure (4.73) : Variation du nombre de Froude en fonction de la pente; $Fr = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 6$ mm) et débit $Q = 2.54$ (L/S).....	161
Figure (4.74) : Variation du nombre de Froude en fonction de la pente; $Fr = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 8$ mm) et débit $Q = 1.11$ (L/S).....	163
Figure (4.75) : Variation du nombre de Froude en fonction de la pente; $Fr = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 8$ mm) et débit $Q = 1.51$ (L/S).....	164
Figure (4.76) : Variation du nombre de Froude en fonction de la pente; $Fr = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 8$ mm) et débit $Q = 1.98$ (L/S).....	166
Figure (4.77) : Variation du nombre de Froude en fonction de la pente; $Fr = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 8$ mm) et débit $Q = 2.54$ (L/S).....	167
Figure (4.78) : Variation du nombre de Froude en fonction de la pente; $Fr = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 10$ mm) et débit $Q = 1.11$ (L/S).....	169
Figure (4.79) : Variation du nombre de Froude en fonction de la pente; $Fr = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 10$ mm) et débit $Q = 1.51$ (L/S).....	170
Figure (4.80) : Variation du nombre de Froude en fonction de la pente; $Fr = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 10$ mm) et débit $Q = 1.98$ (L/S).....	172
Figure (4.2.81) : Variation du nombre de Froude en fonction de la pente; $Fr = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 10$ mm) et débit $Q = 2.54$ (L/S).....	173

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1 : Valeurs du coefficient n de formule de Manning (d'après R.E HORTON - 1916)	7
Tableau 4.1 : Variation de la hauteur d'eau H (cm), pour des essais à diamètre $\varnothing = 4$ mm avec densités = 0 unités/dm ²	45
Tableau 4.2 : Variation de la hauteur d'eau H (cm), pour des essais à diamètre $\varnothing = 6$ mm avec densités = 0 unités/dm ²	52
Tableau 4.3 : Variation de la hauteur d'eau H (cm), pour des essais à diamètre $\varnothing = 8$ mm avec densités = 0 unités/dm ²	58
Tableau 4.4 : Variation de la hauteur d'eau H (cm), pour des essais à diamètre $\varnothing = 10$ mm avec densités = 0 unités/dm ²	65
Tableau 4.5 : Variation de la vitesse d'écoulement V (m/s), pour des essais à diamètre $\varnothing = 4$ mm avec densité = 0 unités/dm ²	72
Tableau 4.6 : Variation de la vitesse d'écoulement V (m/s), pour des essais à diamètre $\varnothing = 6$ mm avec densité = 0 unités/dm ²	78
Tableau 4.7 : Variation de la vitesse d'écoulement V (m/s), pour des essais à diamètre $\varnothing = 8$ mm avec densité = 0 unités/dm ²	85
Tableau 4.8 : Variation de la vitesse d'écoulement V (m/s), pour des essais à diamètre $\varnothing = 10$ mm avec densité = 0 unités/dm ²	91
Tableau 4.9 : Variation du coefficient de Manning neq, pour des essais à diamètre $\varnothing = 4$ mm avec densités = 0unités/dm ²	99
Tableau 4.10 : Variation du coefficient de Manning neq, pour des essais à diamètre $\varnothing = 6$ mm avec densités = 0unités/dm ²	105
Tableau 4.11 : Variation du coefficient de Manning neq, pour des essais à diamètre $\varnothing = 8$ mm avec densités = 0unités/dm ²	112
Tableau 4.12 : Variation du coefficient de Manning neq, pour des essais à diamètre $\varnothing = 10$ mm avec densités = 0unités/dm ²	118

Tableau 4.13 : Variation du nombre de Reynolds Re, pour des essais à diamètre	
∅ = 4 mm avec densités = 0unités/dm ²	126
Tableau 4.14 : Variation du nombre de Reynolds Re, pour des essais à diamètre	
∅ = 6 mm avec densité = 0unités/dm ²	132
Tableau 4.15 : Variation du nombre de Reynolds Re, pour des essais à diamètre	
∅ = 8 mm avec densités = 0unités/dm ²	138
Tableau 4.16 : Variation du nombre de Reynolds Re, pour des essais à diamètre	
∅ = 10 mm avec densité = 0unités/dm ²	144
Tableau 4.17 : Variation du nombre de Froude Fr, pour des essais à diamètre	
∅ = 4 mm avec densités = 0unités/dm ²	150
Tableau 4.18 : Variation du nombre de Froude Fr, pour des essais à diamètre	
∅ = 6 mm avec densités = 0unités/dm ²	156
Tableau 4.19 : Variation du nombre de Froude Fr, pour des essais à diamètre	
∅ = 8 mm avec densités = 0unités/dm ²	162
Tableau 4.20 : Variation du nombre de Froude Fr, pour des essais à diamètre	
∅ = 10 mm avec densités = 0unités/dm ²	168

Liste des symboles

I : la pente du fond de canal en (m/ml).

P : le périmètre mouillé en (m).

S : la section mouillée en (m²).

h : la hauteur d'eau en (m).

h_n : la hauteur normale en (m).

Q : le débit transité en (m³/s).

B : la largeur en miroir en (m).

θ : l'angle du canal par rapport à l'horizontale.

R_h : rayon hydraulique en (m).

Fr : le nombre de Froude adimensionnel.

V : la vitesse moyenne d'écoulement en (m/s).

n : le coefficient de la rugosité en (s/m^{1/3}).

C : le coefficient de Chézy en (m^{1/2}/s).

J_w : la pente de la surface libre en (m/ml).

D_h : profondeur hydraulique en (m).

Re : Le nombre adimensionnel de Reynolds.

F : La force de pression hydrostatique en (N).

L : la distance d'écoulement (m).

g : l'accélération de la pesanteur en (m/s²).

K : le coefficient de Strickler.

ν : La viscosité cinématique en (m²/s).

b : la largeur du canal en (m).

h₀ : la profondeur de la section de contrôle en (m).

INTRODUCTION GENERALE

La modélisation des écoulements à surface libre recouvre des enjeux importants en hydrologie des eaux continentales dans une perspective de meilleure prédiction de la dynamique de ces systèmes.

Pendant que l'homme a continué à exploiter et apprivoiser des cours d'eau avec une demande toujours croissante de l'efficacité technique, il est devenu nécessaire de déterminer quels facteurs affectent l'écoulement de l'eau dans un canal. Typiquement, l'objectif a été donner l'écoulement efficacement, par exemple, pour protéger le logement et la propriété contre les inondations, drainages des terres agricoles ...etc.

Dans ces buts, les canaux composés de la géométrie simple et exempte des obstructions, telles que la végétation, étaient souhaitables. En conséquence, la détermination de la résistance d'écoulement dans de tels canaux a devenu de la clef défis dans la technologie des cours d'eau.

La végétation qui empiète sur le lit mineur des cours d'eau, limitant la section initiale d'écoulement, constitue la problématique étudiée. Les conséquences liées à cette croissance végétale sont de plusieurs ordres. On peut citer les impacts hydrauliques, liées à l'augmentation de la rugosité et à la diminution de la section d'écoulement [3]. Ceci se traduit par une influence sur les lignes d'eau et les vitesses et par un impact sédimentologique et morphologique (remonté de la nappe phréatique et par conséquence salinisation des terres mise en valeurs) [4]. Viennent ensuite des impacts écologiques (fonctionnement de l'écosystème, biodiversité) liées à la modification du milieu et des habitats. Enfin, actuellement inévitable, apparaît l'impact économique [5].

Cette thèse vise à améliorer la fiabilité de la détermination des caractéristiques hydraulique d'écoulement dans les canaux à ciel ouvert. Les objectifs spécifiques tombent dans deux domaines principaux de matière.

- Premièrement, l'objectif de l'étude spécial est dirigé vers adresser les effets de végétation (roseau) dans la contribution à la résistance d'écoulement.
- Deuxièmement, cette recherche adresse les différentes relations entre les caractéristiques hydrauliques d'écoulement, propriétés de canal, et végétation.

Dans ce travail nous présentons les résultats des travaux expérimentaux relatifs à des écoulements à surface libre en canal rectangulaire dont le fond présente un contraste de rugosité suivant la transversale. Le contraste de rugosité est créé par un système de plots de roseaux collés périodiquement au centre du canal.

Ce mémoire est organisé en 4 chapitres.

Dans le chapitre 1 nous présentons une analyse bibliographique dans laquelle nous rappelons, d'une part, quelques notions d'hydraulique des canaux découverts. D'autre part, les principaux résultats expérimentaux consacrés à l'étude des écoulements développés à surface libre en présence de la végétation.

Le chapitre 2 est centré dans sa première partie sur le descriptif du roseau et ces impacts sur l'environnement. La seconde partie est consacrée à la méthode de calcul hydraulique du système de drainage agricole de la vallée de Ouargla, région de Sud d'Algérie.

Dans le chapitre 3, nous présentons le canal d'expérience ainsi que les configurations de rugosité étudiées et la mise en oeuvre de l'expérience.

Le chapitre 4 est consacré à l'interprétation des résultats relatifs à l'expérience. Nous achevons ce mémoire par une conclusion générale dans laquelle nous dressons le bilan de notre contribution, tant sur le plan expérimental que numérique.

CHAPITRE I

STRUCTURE DES ECOULEMENTS DANS LES CANAUX HERBACES ASPECTS BIBLIOGRAPHIQUES

La présente étude bibliographique rappelle, dans sa première partie, quelques notions d'hydraulique des canaux découverts et les équations de base gouvernant les écoulements à surface libre. La seconde partie de cette analyse bibliographique aborde les approches fondées sur des résultats d'expérience relatifs à des écoulements à surface libre dans des canaux, en présence de végétation.

I-1-Hydraulique des canaux découverts :

L'hydraulique est un élément indispensable à la vie. Les observations effectuées sur les écoulements ont produit une somme considérable d'appréciations qualitatives et quantitatives que les progrès de l'informatique ont pu, ces dernières décennies, mettre sous forme numérique. L'hydraulique traite entre autre des écoulements dans les canaux artificiels et naturels ayant une surface libre soumise à la pression atmosphérique [6].

Nous posons dans cette partie les différents types de canaux et les régimes d'écoulement qui y sont associés.

I-1-1- Ecoulement à surface libre:

L'hydraulique à surface libre se distingue de l'hydraulique en charge par l'existence d'une surface libre, c'est-à-dire d'une surface où l'écoulement est en contact direct avec l'air : le gradient de pression ne peut plus être le moteur de l'écoulement, c'est la gravité joue plutôt ce rôle. L'hydraulique fluviale s'intéresse surtout aux écoulements dans les :
– cours d'eau : rivières, fleuves, etc. ;

– systèmes d'évacuation: réseaux d'assainissement pluvial, ainsi qu'aux différents aménagements retenus d'eau, etc.

Ces écoulements se caractérisent par une hauteur d'écoulement petite par rapport à la longueur d'écoulement. On parle d'écoulement filaire ou unidimensionnel (x, t) [7].

I-1-2- Rappel de quelques notions d'hydraulique :

– Section d'écoulement (ou section mouillée) S : partie de la section du canal limitée par les parois et la surface libre.

– périmètre mouillé P : longueur de la surface d'écoulement en contact avec le lit (fond + berges), c'est-à-dire le périmètre de la section d'écoulement moins la largeur au miroir.

– largeur au miroir B : largeur de la section d'écoulement au niveau de la surface libre ; La pression du fluide à cette interface est égale à celle de l'atmosphère.

– hauteur d'écoulement : hauteur moyenne d'eau, par définition:

$$h = \frac{S}{B} ; \quad (1-1)$$

– hauteur normale h_n : c'est la hauteur d'un écoulement permanent uniforme dans un bief. La hauteur normale est fonction du débit Q , de la rugosité K , et de la pente moyenne I ;

– tirant d'eau : profondeur maximale d'une section d'écoulement ;

– régime uniforme : régime d'écoulement le long d'un bief où les caractéristiques d'écoulement (hauteur et vitesse) sont constantes quelle que soit la position le long de la direction d'écoulement. On a ainsi

$$\frac{\partial h}{\partial x} = 0 ; \quad \frac{\partial v}{\partial x} = 0 \quad (1-2)$$

– régime permanent : régime où l'écoulement ne dépend pas du temps. On a ainsi,

$$\frac{\partial h}{\partial t} = 0 ; \quad (1-3)$$

- régime graduellement varié : régime d'écoulement où la variation de hauteur dans la direction d'écoulement est très faible, typiquement si x désigne une longueur d'écoulement et Δh une variation de hauteur, on a

$$\frac{\Delta h}{x} \ll 1 \quad (1-4)$$

Les équations de Saint-Venant ou le calcul différentiel des courbes de remous ne sont valables que pour ce régime ;

– régime rapidement varié : régime d'écoulement où la variation de hauteur dans la direction d'écoulement est très importante, En effet à l'approche d'une singularité ou bien en cas de ressaut hydraulique, l'écoulement peut entrer dans un régime rapidement varié ;

– ressaut hydraulique : variation brutale de hauteur d'eau (passage d'un régime torrentiel à un régime fluvial) ;

– pente : pente moyenne longitudinale $I = \tan \alpha$ d'un bief exprimé en % ou en ‰;

– Rayon hydraulique : c'est la longueur caractéristique

$$R_h = \frac{S}{P} ; \quad (1-5)$$

– Régime torrentiel : régime supercritique ($F_r > 1$), forte vitesse, faible hauteur ;

– Régime fluvial : régime subcritique ($F_r < 1$), faible vitesse, hauteur élevée ;

– Débit Q : flux d'eau par unité de temps à travers la surface d'écoulement ;

– Vitesse moyenne V : vitesse

$$V = \frac{Q}{S} ; \quad (1-6)$$

– Coefficient de rugosité : coefficient traduisant la rugosité des parois (coefficient de Chézy noté C ou de Manning-Strickler noté K) ;

– Lit mineur : lit occupé ordinairement par un cours d'eau par opposition au lit majeur qui correspond à l'emprise maximale historique d'un cours d'eau ou à la plaine inondable. On parle aussi de niveau des plus hautes eaux (PHE) pour désigner la cote maximale atteinte par la surface libre d'un cours d'eau ;

– La berge ou rive: est le talus qui sépare le lit mineur du lit majeur.

– L'étiage: correspond aux plus basses eaux d'un cours d'eau (généralement durant l'été), le débit d'étiage est donc le débit minimal d'un cours d'eau. Le débit de plein

bord est le débit atteint lorsque la rivière sort de son lit mineur. Durant une crue, on parle de débit de pointe pour désigner le débit maximal atteint.

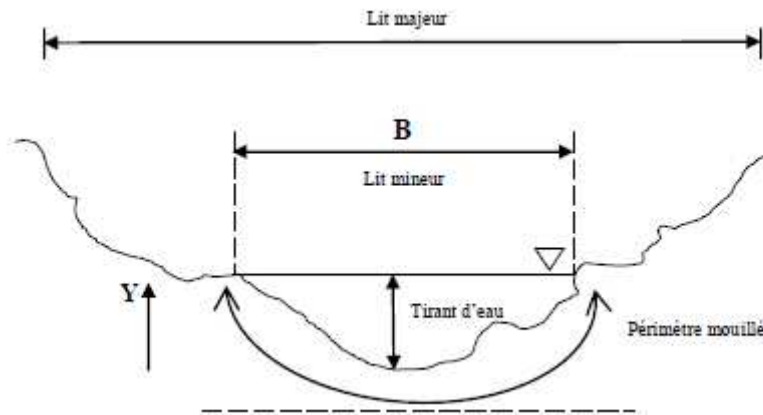


Figure 1.1. Coupe transversale d'un canal naturel [8].

I-2- Les différents types de canaux :

I-2-1-Définition :

On appelle canal un système de transport dans lequel l'eau s'écoule et dont la surface libre est soumise à la pression atmosphérique. L'étude hydraulique d'un canal se pose souvent aux ingénieurs sous la forme suivante :

Pour une pente longitudinale de fond, il faut évacuer un certain débit; la forme et les dimensions du canal sont à déterminer. On distingue deux catégories de canaux :

- 1) les canaux naturels,
- 2) les canaux artificiels.

I-2-2- Les canaux naturels :

Ce sont les cours d'eau qui existent naturellement sur (ou sous) terre; tels que les ruisselets, torrents, rivières, fleuves et estuaires.

Les propriétés géométriques et hydrauliques des canaux naturels sont généralement assez irrégulières. L'application de la théorie hydraulique ne donne que des résultats approximatifs obtenus moyennant certaines hypothèses.

I-2-3- Les canaux artificiels:

Ce sont des cours d'eau réalisés par l'homme sur (ou sous) terre tels que: les canaux découverts construits au ras du sol (canaux de navigation, d'adduction et d'évacuation, d'irrigation et de drainage) ou les canaux couverts dans lesquels les liquides ne remplissent pas toute la section (tunnels hydrauliques, aqueducs, drains, égouts).

Les propriétés hydrauliques des canaux artificiels sont généralement assez régulières. L'application de la théorie hydraulique donne souvent des résultats satisfaisants.

I-2-4- Géométrie des canaux :

La section transversale d'un canal est une section plane normale à la direction de l'écoulement.

Un canal dont la section ne varie pas et dont la pente longitudinale et la rugosité restent constantes, la hauteur d'eau pouvant cependant varier, est appelé canal prismatique; sinon, on l'appelle canal non prismatique.

A part les éléments géométriques d'une section, l'étude hydraulique des canaux prend également en considération les pentes longitudinales du canal, En l'occurrence:

- 1) la pente de fond du canal, I ,
- 2) la pente piézométrique ou pente de la surface libre, J_w .

La valeur de la pente de fond dépend essentiellement de la topographie et de la constitution du terrain. Cette pente, généralement faible, peut être exprimée par :

$$I = \operatorname{tg} \theta = \sin \theta \quad (1-7)$$

θ : l'inclinaison de la pente.

Le périmètre mouillé, P , peut être composé d'un lit immobile (béton, roche) ou d'un lit mobile (granulat).

I-3- Ecoulements dans les canaux :

Les écoulements dans les canaux naturels et artificiels sont des écoulements à surface libre. L'écoulement à surface libre est dû à la pente de fond du canal et non, comme pour les conduites, à la différence de charge entre deux sections.

I-3-1- Type d'écoulement :

Une classification des écoulements peut se faire selon la variation de la profondeur, h ou D_h , en fonction du temps et de l'espace :

$$D_h = f(t, x) \quad (1-8)$$

I-3-1-1- Variabilité dans le temps:

Le mouvement est permanent si les vitesses moyennes, V , et ponctuelles, u , ainsi que la profondeur, h ou D_h , restent invariables dans le temps en grandeur et en direction. Par conséquent, le débit est constant :

$V \times S = Q$ entre les diverses sections du canal sans apport latéral.

Le mouvement est non permanent si la profondeur, $D_h(t)$, ainsi que les autres paramètres varient avec le temps. Par conséquent, le débit n'est pas constant.

En pratique, l'écoulement dans les canaux est rarement permanent. Néanmoins, les variations temporelles sont souvent suffisamment lentes pour que l'écoulement puisse être considéré comme permanent, du moins dans un intervalle de temps relativement court.

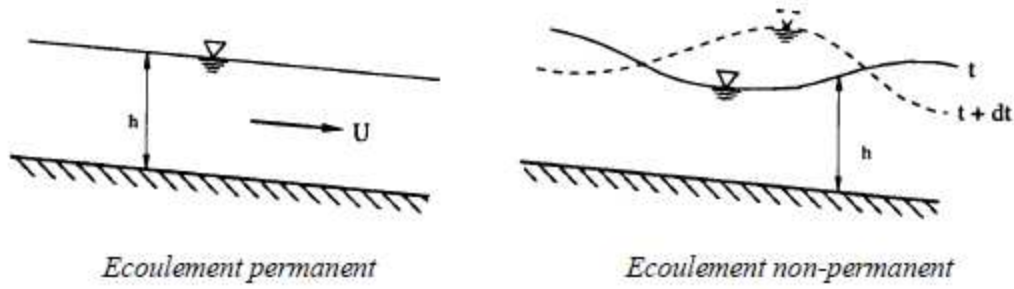


Figure 1.2. Types d'écoulement en fonction du temps [9].

I-3-1-2- Variabilité dans l'espace:

Trois cas sont à envisager :

- a) Le mouvement est uniforme si la profondeur, D_h , ainsi que les autres paramètres, restent invariables dans les diverses sections du canal. La ligne de la pente de fond est donc parallèle à la ligne de la surface libre et l'on a $I = J$
- b) Le mouvement est non uniforme ou varié si la profondeur, $D_h(x)$, ainsi que les autres paramètres, changent d'une section à l'autre. La pente de fond diffère alors de celle de la surface libre, $I \neq J$.

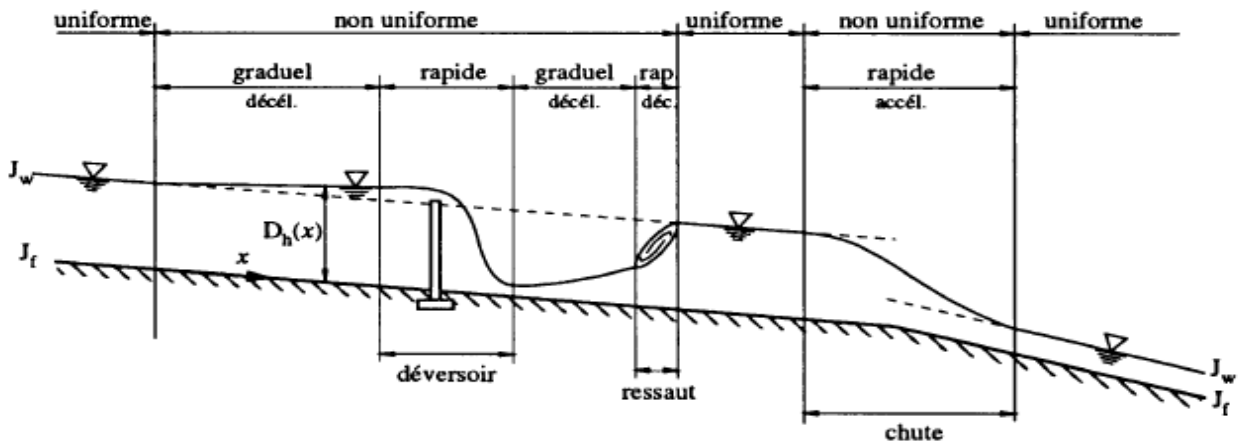
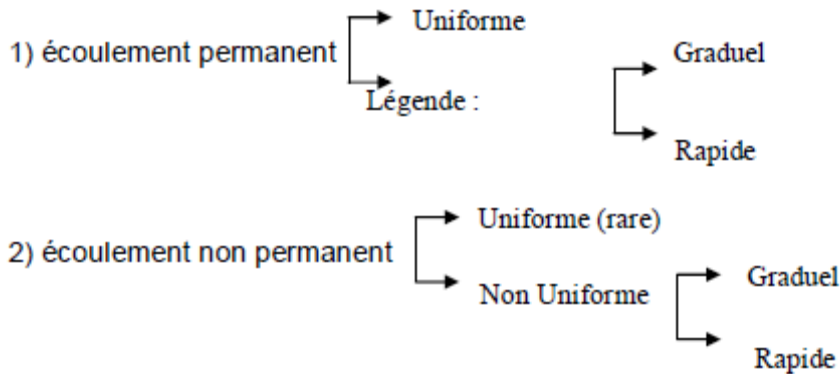


Figure 1.3. Schéma représentant les différents régimes d'écoulement [10].

c) Lorsque le mouvement est rapidement varié, la profondeur $Dh(x)$, ainsi que les autres paramètres changent brusquement, parfois avec des discontinuités. Cela se manifeste en général au voisinage d'une singularité, telle qu'un déversoir, un rétrécissement, un ressaut hydraulique ou une chute brusque.

Les types d'écoulement qu'on rencontre en hydraulique peuvent être résumés ainsi :



I-3-2- Régime d'écoulement :

L'écoulement d'un fluide réel dans un canal à surface libre est le siège des forces suivantes :

- Forces de gravité.
- Forces de frottement (viscosité et rugosité).

Les équations réduites du mouvement font intervenir les coefficients ou nombres adimensionnels suivants :

1) le nombre de Froude, qui est le rapport entre les forces de gravité et celles d'inertie ou:

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{gh}} \quad (1-9)$$

2) le nombre de Reynolds, qui est le rapport entre les forces de frottement et celles d'inertie ou:

$$Re = \frac{VD}{\nu} \quad (1-10)$$

Le rôle du nombre de Reynolds est de permettre le classement des écoulements comme suit:

- écoulement laminaire $Re < 500$
- écoulement turbulent $Re > 2000$
- transition $500 < Re < 2000$

Les expériences avec différents canaux artificiels montrent que l'écoulement est turbulent dès que le nombre de Reynolds, "**Re**", atteint des valeurs voisines **2000**.

Dans la pratique, on ne rencontre en général que des écoulements turbulents, souvent rugueux.

Le rôle du nombre de Froude est de permettre le classement des écoulements comme suit:

- écoulement fluvial $F r < 1$
- écoulement torrentiel $F r > 1$
- écoulement critique $F r = F r c = 1$

Dans la pratique, on rencontre ces trois types d'écoulement. Dans les canaux de géométrie simple, on ne rencontre généralement que des écoulements turbulents où la vitesse ponctuelle, $\mathbf{V}(\mathbf{x}, z)$, diffère très peu de la vitesse moyenne, $\mathbf{V}(\mathbf{x})$. En régime permanent, cette hypothèse permet de considérer ces écoulements comme unidimensionnels [11].

I-4- Approches expérimentales des écoulements en présence de la végétation:

Deux types de végétation sont habituellement définis : rigide (boisées ou arborescents) et flexible (herbacées). Après cette catégorisation, une revue détaillée est donnée pour des écoulements en présence de la végétation submergée et non submergée dans sections distinctes ci-dessous.

I-4-1- Végétation (flexible) submergée

Le type flexible et herbacé de végétation est largement répandu comme recouvrement protecteur dans des voies d'eau, des canaux de dérivation, et des déversoirs agricoles (Ree 1949, Fenzl et Davis 1964, Haber 1982, Samani et Kouwen 2002).

Palmer (1945) a présenté la méthode *de n-UR* reliant n coefficient de Mannig avec le produit de la vitesse moyenne U et le rayon hydraulique R pour différentes pentes de canal et densités de plantes. Kouwen et Unny (1973) ont critiqué l'application de la méthode, depuis leurs expériences sur la rugosité en plastique flexible ont indiqué que la résistance au-dessus d'une telle rugosité est principalement une fonction de la rugosité relative, définie comme rapport de la hauteur de la plante au tirant d'eau, hp / h . Ils ont présenté un paramètre MEI, rigidité à la flexion par unité de superficie, qui reflète la résistance globale à la déformation d'une densité de plants en raison d'un écoulement passant au-dessus de lui. Kouwen et al (1981) ont déclaré que leur méthode de rigidité est capable de déterminer la capacité d'écoulement quand la méthode *de n-UR* décompose, à savoir quand la pente est petite et/ou la végétation est courte et rigide. Ree et Crow (1977) a fourni, cependant, les courbes additionnelles *de n-UR* pour de petites pentes. Temple et al (1987) ont plus loin développé la méthode *de n-UR*. Le potentiel de retard de l'herbe a été représenté en utilisant un index de courbe de retard qui est principalement une fonction de longueur et de densité de tige. Temple (1999) a conclu que bien que des approches alternatives pour prévoir la résistance végétal d'écoulement aient été proposées, la méthode *de n-UR* est demeurée l'outil primaire pour application pratique aux états herbe alignés de canal.

Plus récemment, Escarameia et al. (2002) a présenté une équation de conception, qui relie n à la taille d'herbe en plus $d'UR$.

Plate et Quraishi (1965), Kouwen et al (1969), Temple (1986), Watanabe et Kondo (1990) et El-Hakim et Salama (1992) ont accepté le profil logarithmique de vitesse comme base pour définir des rapports d'écoulement dans le cas de la rugosité flexible. Récemment, Stephan (2002) a étudié trois espèces de végétation aquatique flexible dans des conditions submergées dans une canalisation de laboratoire. Plus tard, la rugosité hydraulique a été définie a basé sur la rugosité équivalente de sable en utilisant une approche modifiée de loi de notation. Basé sur la vitesse des mesures on l'a conclu que la rugosité équivalente calculée de sable est directement proportionnelle à la hauteur de la plante (Stephan 2002).

I-4-2- Végétation (rigide et flexible) Non- submergée

La majorité de recherche sur la résistance végétative d'écoulement est basée sur la théorie et les expériences avec les éléments cylindriques rigides. Li et Shen (1973) ont étudié les effets de la végétation non-submergée grande sur la résistance d'écoulement en étudiant le sillage provoqué par de diverses installations de cylindre. Les résultats expérimentaux ont indiqué que les différents modèles ou groupements des cylindres affectent de manière significative des débits. Cette approche de correction de sillage a été incorporée aux méthodes de Thompson et Roberson (1976) et Jordanova et James (2003). Li et Shen (1973) identifié quatre facteurs qui doivent être considérés en déterminant le coefficient de traînée : 1) les effets de la turbulence d'ouvrir-canal ; 2) l'effet du profil non-uniforme de vitesse ; 3) les effets extérieurs libres ; et 4) l'effet du colmatage. Lindner (1982) a conclu que, dans les canaux à forte densité de végétation, les deux premiers de ces derniers sont d'importance mineure et peuvent être négligés. Petryk et Bosmajian (1975) ont présenté un modèle à l'évaluation n de Manning en fonction du rayon hydraulique et de la densité de végétation pour la végétation rigide non-submergée. Dans le cas de la végétation dense verticalement uniforme, nombre de Manning n augmente proportionnellement à la

puissance de $2/3$ du rayon hydraulique supposant que le cisaillement de frontière de canal est négligeable.

Dans les années 80 un programme de recherche étendu sur les problèmes hydrauliques des canaux environnementaux a été réalisé par quatre universités allemandes. Le but du programme était de développer des méthodes pour déterminer le facteur de frottement et le calcul des débits dans les sections de fleuves avec la pente et densité de la végétation variables. Dans le cadre du programme, plusieurs doctoraux des études, y compris ceux par Lindner (1982), l'Evers (1983), Kaiser (1984), Pasche (1984), Bertram (1985), Rickert (1986), ont été réalisés, et les résultats ont été réunis dans un compte rendu succinct (Rouvé 1987). Une attention particulière a été mise sur les pertes par frottements provoqués par le transfert de quantité de mouvement entre un canal principal et les zones de végétation. En outre, les processus d'écoulement des plaines d'inondation ont été étudiés avec des maquettes en utilisant des éléments rigides de rugosité cylindriques. Une grande partie de la recherche effectuée dans les années 80 en Allemagne plus tard a été incorporée dedans les manuels hydrauliques de conception ont édité par deux associations d'ingénierie (DVWK 1991, BWK 1999, BWK 2000). Dans le cadre du programme de recherche, divers approches pour le calcul des écoulements dans les zones végétalisées. Lindner (1982) a prolongé le travail de Li et de Shen (1973), ayant pour résultat une méthode pour calculer la valeur de C_d coefficient de traînée d'une seule plante dans un groupe, et en outre le coefficient de frottement pour la végétation. L'équation régissant pour f utilise les propriétés physiques aisément mesurables en plus de C_d : distances longitudinales et latérales entre les plantes, et le diamètre des plantes. Sur la base de l'approche et la poursuite des travaux expérimentaux de Lindner, Pasche (1984) et Pasche et Rouvé (1985) ont présenté un processus itératif semi-empirique pour déterminer C_d . Mertens (1989) et approche de Nuding (1991) Lindner simplifiés, supposant qu'une valeur constante de C_d de 1.5 est valide pour la plupart des cas pratiques. En outre, pour lier la surface projetée de plantes plus étroitement aux dimensions réelles de plantes, Nuding (1991) a suggéré une méthode simple pour tenir compte des branches séparément de la tige principale. Récemment, Schumacher (1995),

Becker (1999) et Specht (2002) ont évalué et ont présenté quelques améliorations à ces méthodes. Cependant, toutes ces méthodes traitent fondamentalement des plantes comme cylindres.

Le coefficient de traînée résume la force de pression et de frottement. Le rapport de la traînée de forme à la traînée extérieure dépend de la forme de l'élément et de l'état d'écoulement. Dans l'écoulement entièrement turbulent avec une couche de frontière mince, la traînée de pression chutera sensiblement comparé à l'écoulement laminaire, provoqué par séparation d'écoulement (Schlichting et Gersten 2000). En outre, l'amélioration réduira brusquement la traînée de pression. DVWK (1991) recommande $Cd = 1.5$ pour des calculs pratiques. Pour la comparaison, Klaassen et Zwaard (1974) ont rapporté un coefficient de traînée moyen de 1.5 pour de petits, embranchés arbres fruitiers. Meijer et van Velzen (1999) ont rapporté un coefficient de traînée de 1.8 pour les roseaux feuillus. Études de roseau par James et Al. (2001) valeurs indiquées s'étendant de 1.25 (tige seulement) à 1.75 (plein feuillage), correspondant le nombre de Reynolds dans l'ordre de 5000.

Un nombre considérable de formules ou de modèles de résistance d'écoulement a été développé traitant des plantes simplement en tant que cylindres rigides. Les plantes flexibles embranchées et feuillues sont loin de cette simplification. Vogel (1994) a déclaré que le contribuant principal à la traînée de la plupart des arbres est la traînée des feuilles, si large ou aciculaires. Il a constaté que la reconfiguration ou de transformation des feuilles est un processus critique en produisant de la traînée. En raison d'un manque d'information et en dépit des résultats très faibles, les effets de la flexibilité et la profondeur sur la résistance pour la végétation non-submergée sont universellement ignorés dans la pratique et dans l'analyse théorique (Fathi- Moghadam et Kouwen 1997).

Plusieurs chercheurs ont employé la rigidité de la végétation comme un paramètre indépendant primaire pour rapporter la résistance d'écoulement aux caractéristiques de végétation. Kouwen et Li (1980) ont rapporté la rigidité à la flexion de la végétation par unité

de superficie (MEI) à la hauteur de la plante déviée, et en outre, la résistance d'écoulement. Tsujimoto et al (1996) et Kutija et Hong (1996) ont couplé un modèle numérique avec un modèle décrivant la flexion de la végétation. La flexion a été liée à la rigidité à la flexion de plantes en employant la théorie de faisceau en porte à faux. Fischenich (1996) a fait valoir que la résistance d'écoulement ne peut pas être directement liée à MEI du raisonnement physique et que ce terme est employé simplement comme un substitut pour le secteur de végétation afin d'essayer d'expliquer la déformation de la végétation. Il a en plus noté que MEI est difficile à mesurer dans le domaine et n'a aucune signification pour la grande végétation boisée. Fathi-Moghadam et Kouwen (1997) a conclu que, pour non submergé cas, la densité de la végétation est toujours un paramètre dominant indépendamment des espèces d'arbres ou la forme du feuillage et la distribution. Oplatka's (1998) expérimente sur la résistance d'écoulement des saules flexibles grands dans un réservoir de remorquage a montré à cela avec l'augmentation de la vitesse d'écoulement la perpendiculaire projetée de secteur de plantes pour couler décroît rapidement. Par exemple, à la vitesse de 1 m/s, le secteur projeté était seulement environ 1/4 de la valeur initiale sans l'écoulement.

Freeman et al (2000) fait valoir que les équations, les paramètres, et les méthodes développées par d'autres chercheurs (e.g. Ree et Crow 1977, Kouwen et Li 1980) pour une densité et un colmatage combinés de couverture des sols lourds et les graminées ne produisent pas des résultats satisfaisants. Freeman et al (2000) ont présenté une méthodologie à déterminer les coefficients de résistance d'écoulement dans les cas des arbustes submergés et partiellement submergés et de la végétation boisée. Des données pour développer la méthode ont été extraites à partir de l'étude de Werth (1997), dans lequel une vingtaine d'espèces de plantes naturelles avec des espacements de plantes à la fois homogènes et mixtes ont été étudiées avec et sans feuilles. Malheureusement, une mesure de densité telle que la surface foliaire n'a pas été enregistrée. Des équations empiriques séparées de régression ont été développées pour les cas submergés et partiellement submergés indiquant le module d'élasticité pour être un paramètre critique. Ceci peut être estimé à partir du rapport de la hauteur de la plante non déviée au diamètre H/d de tige, bien que les mesures sur le terrain étaient recommandée (Freeman et al. 2000). L'approche ne prend pas directement dans la considération la déformation des feuilles, comme module de rigidité est une propriété de la tige (s). Il semble ne pas être raisonnable de supposer que E peut être lié seulement à H/d , qui implique que les différences dans la flexibilité entre les espèces sont négligées [12].

CHAPITRE II

DESCRIPTIF DU ROSEAU ET METHODE DE CALCUL HYDRAULIQUE DU SYSTEME DE DRAINAGE AGRICOLE DE LA VALLEE D'OUARGLA

II-1- Roseau commun :

II-1-1-Définition :

Roseau commun (Phragmite commun), la plante d'eau par excellence, hauts épis bruns, souples, dressés sur de grandes hampes à l'automne, persistant une bonne partie de l'hiver. On rencontre le Phragmite commun partout dans le monde, à l'exception de l'Antarctique, notamment dans les milieux humides.

Le Phragmite commun, la plante la plus utilisée pour la phytoépuration, les lagunages individuels et collectifs grâce à ses grandes capacités dépolluantes. Vedette de la filtration et de la fixation des berges, le roseau est encore utilisé aujourd'hui pour la fabrication de canisses et de toits de chaumes. C'est actuellement la plante privilégiée dans les assainissements collectifs et individuels des eaux usées et on la retrouve par conséquent dans des lagunages d'importance. Cette plante, dont les rhizomes possèdent un tissu particulier l'aérenchyme apportent de l'oxygène dans leurs racines, alimentant ainsi en oxygènes les bactéries aérobies responsables de la dégradation d'un grand nombre de molécules, les rendant alors assimilables par la plante qui, en échange, fournira des sucres en plus de l'oxygène dans sa rhizosphère.

II-1-2-Description

Hauteur: généralement 150 à 350 cm.

Tige: dressée, très forte (0.5 à 2 cm de diamètre), non ramifiée et parfois pourprée. Survit dans les eaux stagnantes et mal aérées en raison de la présence d'espaces d'air dans la section aérienne des racines et les rhizomes.

Feuilles : longues et planes, sont disposées alternativement sur la tige. Un appendice est présent là où la base de la feuille attache à la tige. (Voir Figure 2.2)

Fleurs: Inflorescence en forme de fanion ou de plume, d'abord pourprée, devenant rousse et presque brun foncé à maturité (12 à 40 cm de longueur); floraison d'août à septembre

Fruits : blancs, gris ou bruns

Habitat: milieux humides, bordures des fossés, des routes et des champs, sols remaniés. Phragmites est une espèce très rustique et persistante qui peut grandir dans une variété de conditions. Florissant en eau douce ou l'eau saumâtre et peut tolérer la salinité élevée et une large gamme de pH de (04.08 à 08.02). Préfère argiles minérales compacts avec des fluctuations de l'eau s'étendant entre 15 centimètres ci-dessus à 15 centimètres au-dessous de la surface. Ce sont souvent les premières espèces à envahir les sites perturbés, y compris l'irrigation fossés et bords de route. Préfère les eaux calmes depuis jeûne à l'eau qui coule et l'action des vagues peuvent se briser.

Rhizomes: racines sous sol, peuvent se prolonger vers le bas plus de 2 mètres pour atteindre les eaux souterraines profondes, et les rhizomes forment souvent les nattes denses sur la surface de la terre de la laquelle décourager d'autres plantes devenir établi [13].



Figure 2.1 : Phragmite commun [13].



Figure 2.2 : disposition des feuilles sur la tige [13].

II-1-3-Impact et propagation :

Les zones envahies par le phragmite commun sont souvent denses et impénétrables. Le milieu ainsi transformé n'a que peu de valeur pour la faune et la flore des milieux humides. Occasionnellement, quelques espèces animales aquatiques, dont le rat musqué, mangent les rhizomes.

La propagation du phragmite commun à partir de fragments de ses abondants rhizomes favorise un envahissement rapide. De plus, le phragmite commun s'adapte facilement aux périodes d'inondation et d'assèchement tout en tolérant de grands écarts de température. Par conséquent, cette plante très résistante, tolérante et agressive se classe parmi les espèces végétales envahissantes les plus difficiles à contrôler.

Son élimination pose un défi immense et fait d'ailleurs l'objet de plusieurs recherches. À l'échelle provinciale, la situation est hors de contrôle, mais localement vous pouvez contribuer à limiter sa dissémination.

De façon générale, cette plante de la famille des Graminées occupe les lieux ouverts, privilégiant les sols humides comme les marais, les rivages et les fossés. Sa propagation par fragments de rhizome dont la croissance est abondante favorise l’envahissement rapide de cette plante sur les sols remaniés. Le Phragmite commun s’adapte facilement aux périodes d’inondation et d’assèchement et tolère de grands écarts de température. Par conséquent, cette plante envahissante est très agressive et très résistante. L’invasion des phragmites entraîne l’appauvrissement de la diversité biologique tant de la flore que de la faune.

II-1-4-Méthodes de gestion :

Il y a beaucoup de méthodes de gestion qui ont été essayées pour commander Phragmites, incluant brûlure, découpage et fauchage, changeant le niveau de l'eau ou la salinité et l'application des herbicides.

- Bien que la brûlure puisse considérablement réduire la biomasse elle habituellement n'effectue pas le souterrain les rhizomes et le Phragmites peuvent re-accroître de ces rhizomes. La brûlure peut être dangereuse et n'est pas spécifique à l'espèce; cependant, la réduction de la biomasse peut donner à l'autre espèce une occasion pour germer.

- Fauchage ou coupure avant fin juillet où la plupart des réservations de nourriture sont stockées dans plante la partie supérieure, peut frapper le dos de Phragmites, cependant, recroissance des fragments de rhizome continue.

- Le traitement des plantes avec un produit de glyphosate. Le glyphosate tue les feuilles, les tiges et surtout, les rhizomes, cependant, le glyphosate n'est pas spécifique à l'espèce et aura un impact d'autres plantes à feuilles larges.

- L'augmentation de la salinité et de l'action de marée au secteur a montré pour causer un déclin dans Phragmites et une augmentation de l'abondance d'autres plantes originaire.

- Dans tous les cas, la replantation avec des espèces indigènes qui suivent un traitement est recommandée [14].

II-2-Calcul hydraulique du système de drainage agricole de la vallée d'Ouargla :

Le système de drainage doit jouer son rôle de régulateur et de rabattement de la nappe par le captage des eaux et leurs évacuations vers l'exutoire en respectant toutes les conditions d'écoulement, de protection et de stabilité des berges.

La formule principale de calcul pour un écoulement permanent uniforme est la formule de Manning (2-1) :

$$Q = \frac{1}{n} * R^{(2/3)} * i^{(1/2)} * \omega \quad (2-1)$$

Q : Débit véhiculé par le drain en (m³/s)

R : Rayon Hydraulique en (m)

ω : Section mouillée en (m²)

i : Pente en (m/m)

n : Coefficient de rugosité ≈ 0.025 pour les drains dans moyennes conditions [15].

Avec :

$$R = \frac{\omega}{\chi} \quad (2-2)$$

R : Rayon Hydraulique en (m)

ω : Section mouillée en (m²)

χ : Périmètre mouillé en (m)

Pente des fossés : La pente de drainage est généralement comprise entre 0,3 à 3 ‰,

Vitesses admissibles V_{adm} : Afin d'éviter l'affouillement du fond et des parois du drain par l'action dynamique du courant d'eau et le dépôt éventuel du sable, la vitesse moyenne admissible doit être d'environ égale à 0.25 m/s [16].

**Tableau 2.1 : Valeurs du coefficient n de formule de Manning
(d'après R.E HORTON - 1916) [17].**

Nature des surfaces	Etats des parois			
	Parfait	Bon	Assez bon	Mauvais
A) Canaux artificiels				
Ciment lissé	0,010	0,011	0,012	0,013
Mortier de ciment	0,011	0,012	0,013(*)	0,015
Aqueducs en bois raboté	0,010	0,012(*)	0,013	0,014
Aqueducs en bois non raboté	0,011	0,013(*)	0,014	0,015
Canaux revêtus de béton	0,012	0,014(*)	0,016	0,018
Moëllons bruts assemblés au ciment.	0,017	0,020	0,025	0,030
Pierres sèches	0,025	0,030	0,033	0,035
Moëllons dressés	0,013	0,014	0,015	0,017
Aqueducs métalliques à section demi-circulaire, lisses	0,011	0,012	0,013	0,015
Aqueducs métalliques en tôle plissée section demi-circulaire	0,0225	0,025	0,0275	0,030
Canaux et fossés en terre, droits et uniformes	0,017	0,020	0,0225(*)	0,025
Canaux et fossés avec pierres, lisses et uniformes	0,025	0,030	0,033(*)	0,035
Canaux et fossés avec pierres, rugueux et irréguliers	0,035	0,040	0,045	—
Canaux en terre à larges méandres .	0,0225	0,025(*)	0,0275	0,030
Canaux en terre dragués	0,025	0,0275(*)	0,030	0,033
Canaux avec lits de pierres rugueuses, herbes sur les rives de terre	0,025	0,030	0,035(*)	0,040
Canaux à fond en terre, côtés avec pierres	0,028	0,030(*)	0,033(*)	0,035
B) Cours d'eau naturels :				
1) Propres, rives en ligne droite, l'eau au niveau le plus haut, sans gué ou fosse profonde	0,025	0,0275	0,030	0,033
2) Le même que (1) mais avec quelques herbes et pierres	0,030	0,033	0,035	0,040

(*) Valeur utilisée généralement dans les projets.

Tableau 2.1 : Valeurs du coefficient n de formule de Manning (suite et fin).

Nature des surfaces	Etat des parois			
	Parfait	Bon	Assez bon	Mauvais
3) Avec méandres, avec quelques étangs et endroits peu profonds, propres	0,035	0,040	0,045	0,050
4) Le même que (3), l'eau à l'étiage, pente et sections plus faibles	0,040	0,045	0,050	0,055
5) Le même que (3) avec quelques herbes et pierres	0,033	0,035	0,040	0,045
6) Le même que (4) avec pierres .	0,045	0,050	0,055	0,060
7) Zones à eau coulant lentement avec herbes ou fosses très profondes ..	0,050	0,060	0,070	0,080
8) Zones avec beaucoup de mauvaises herbes	0,075	0,100	0,125	0,150

CHAPITRE III

DISPOSITIF EXPERIMENTAL ET TECHNIQUE DE MESURE

III-1- Dispositif expérimental :

Les expériences ont été conduites dans un canal à surface libre représenté sur la figure 3.1. Il s'agit d'un canal de 11 m de long, de section rectangulaire, ayant une largeur de 0.25 m et une hauteur de 0.5 m. La pente du canal étant réglable par un dispositif manuel dit vis écrou. Une boucle de circulation de l'eau est assurée par une électropompe de puissance 3.5 KW et fournissant un débit maximal de 50 l/s. Cette pompe refoule l'eau, à travers une conduite de diamètre intérieur de 150 mm vers le canal. La partie aval du canal est précédée d'une cuve d'une capacité de 6000 L, placée à l'aval du canal. Le réglage du débit est contrôlé par une vanne montée sur la conduite d'alimentation.

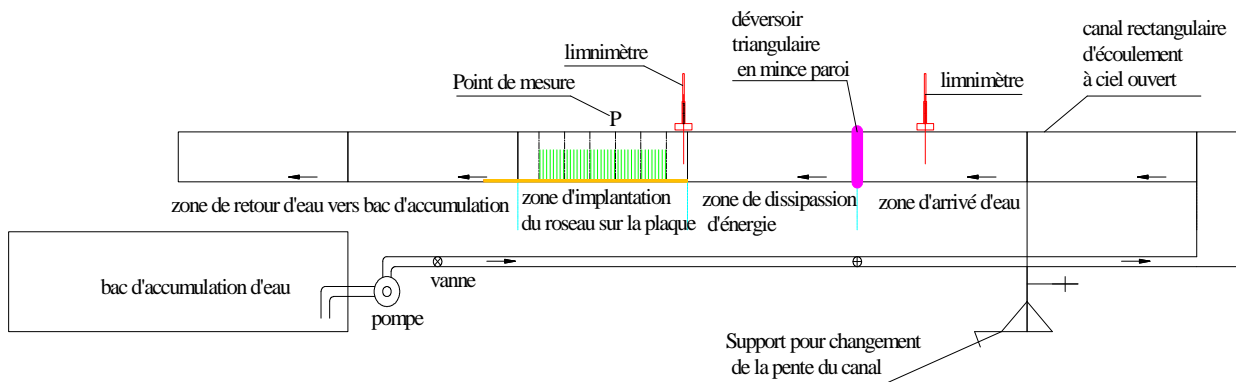


Figure 3.1 : Dispositif expérimental avec le schéma représentatif du montage expérimental.

III-2- Principe de mesure

III-2-1- Mesure du débit :

Les débits d'eau sont mesurés à l'aide d'un déversoir triangulaire en mince paroi (Figure 3.2) dont l'échancrure est de $53^{\circ} 8'$ placé à l'amont du canal.

La mesure de la hauteur d'eau en amont du déversoir par rapport à la crête du seuil doit être effectuée à une distance d'environ 3 à 4 fois la hauteur d'eau maximale que peut évacuer le déversoir dans les conditions d'utilisation [18]. La nature et la facilité des accès pour cette prise de mesure peuvent toutefois influencer sur cette préconisation.

La mesure de la hauteur d'eau amont est, en effet, très aléatoire, nous avons pris la mesure là où la ligne d'eau est hors d'influence du déversoir.

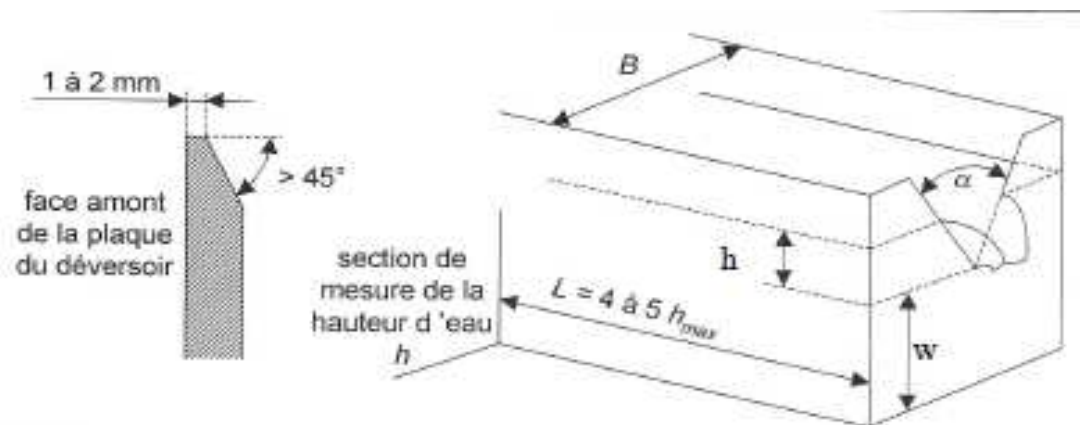


Figure 3.2 : le déversoir triangulaire en mince paroi dont l'échancrure est de $53^{\circ} 8'$.

III-2-2- Mesure des hauteurs d'eau :

Les hauteurs d'eau mesurées dans les sections sont les hauteurs conjuguées h_0 et h_1 . Ces mesures ont été évaluées par un limnimètre (Figure 3.3). Le limnimètre est formé d'une règle métallique graduée sur une seule face et munie à sa partie inférieure d'une pointe verticale (pointe limnimétrique) dont le rôle est d'affleurer la surface de l'eau.

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 dixième en face de la division qui coïncide ou qui est la plus rapprochée d'une division de la règle.



Figure 3.3 : Limnimètre

III-3- Etude expérimentale de l'effet du roseau sur l'écoulement :

Sur le fond du plaque en bois type multiple de 0.020 m d'épaisseur, 0.25 m de largeur et de 1.50 m de longueur (Figure 3.4), initialement lisse, fixée dans la partie centrale du canal, nous avons collé, suivant la direction longitudinale de l'écoulement et à des intervalles réguliers, des plots de roseau de même diamètre et de même longueur 0.30m.

Les expériences ont été établies sur quatre groupes de diamètre, dont chacun inclut cinq étapes de densité, l'ensemble d'essais ont été réalisé pour quatre séries de débit (1.11, 1.51, 1.98 et 2.54 l/s) et pour six séries de pente (0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 et 3‰).

Point de mesure des hauteurs d'eau est fixée à 0.60 m de début d'implantation des plots de roseau.

Pour chaque groupe d'expérience on faite des essais à plaque en bois vide dans le but d'évaluer la contribution du milieu (parois du canal et fond des plaques) aux résultats observés.



Figure 3.4 : Plaque en bois vide pour éventuelles expérimentations.

III-3-1- Etude de l'effet du roseau à diamètre ($\varnothing = 4 \text{ mm}$) sur l'écoulement :

III-3-1-1- Essais avec densité (02 unités / décimètre carrée):

Les plots étant disposés en alignement perpendiculairement à la ligne de pente du canal (Figure 3.5). Les lignes ainsi formées sont régulièrement espacées d'un pas longitudinal $L_o = 36 \text{ mm}$, d'un pas transversal $L_t = 22.42 \text{ mm}$ et 193.60 mm pour la partie centrale.

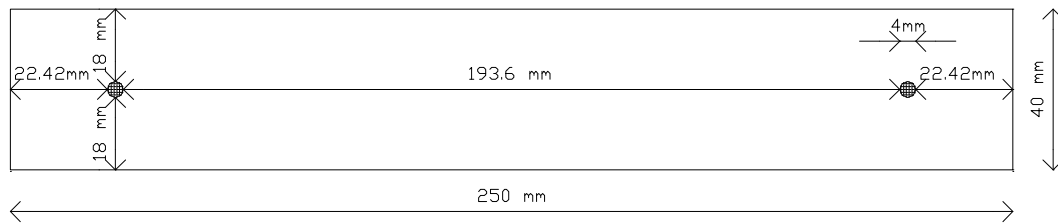


Figure 3.5 : Plaque d'essais avec une densité de $2U/dm^2$, ($\varnothing = 4 \text{ mm}$).

III-3-1-2- Essais avec densité (04 unités / décimètre carré):

Les plots étant disposés en alignement perpendiculairement à la ligne de pente du canal (Figure 3.6). Les lignes ainsi formées sont régulièrement espacées d'un pas longitudinal $L_o = 36$ mm, d'un pas transversal $L_t = 22.42$ mm et 137.10 mm pour la partie centrale.

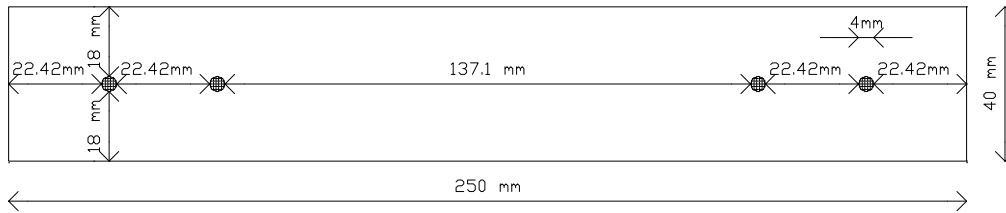


Figure 3.6 : Plaque d'essais avec une densité de $4U/dm^2$, ($\varnothing = 4$ mm).

III-3-1-3- Essais avec densité (06 unités / décimètre carrée) :

Les plots étant disposés en alignement perpendiculairement à la ligne de pente du canal (Figure 3.7). Les lignes ainsi formées sont régulièrement espacées d'un pas longitudinal $L_o = 36$ mm, d'un pas transversal $L_t = 22.42$ mm et 82.70 mm pour la partie centrale.

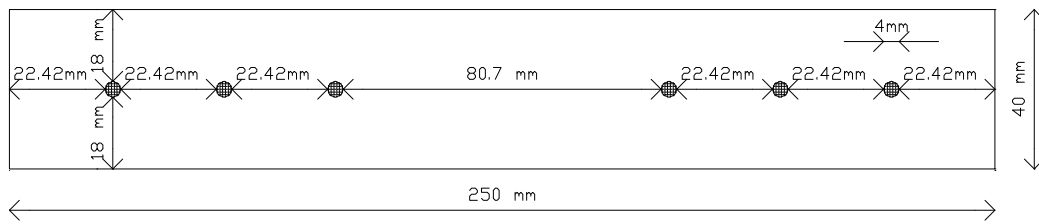


Figure 3.7 : Plaque d'essais avec une densité de $6U/dm^2$, ($\varnothing = 4$ mm).

III-3-1-4- Essais avec densité (08 unités / décimètre carrée) :

Les plots étant disposés en alignement perpendiculairement à la ligne de pente du canal (Figure 3.8). Les lignes ainsi formées sont régulièrement espacées d'un pas longitudinal $L_o = 36$ mm, d'un pas transversal $L_t = 22.42$ mm et 22.42 mm pour la partie centrale.

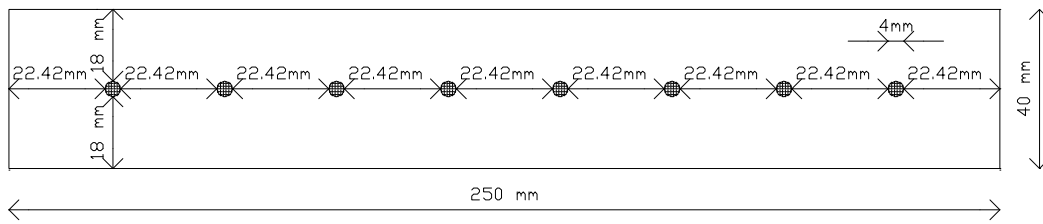


Figure 3.8 : Plaque d'essais avec une densité de $8U/dm^2$, ($\varnothing = 4$ mm).

III-3-2- Etude de l'effet du roseau à diamètre ($\varnothing = 6 \text{ mm}$) sur l'écoulement :

III-3-2-1- Essais avec densité (02 unités / décimètre carré):

Les plots étant disposés en alignement perpendiculairement à la ligne de pente du canal (Figure 3.9). Les lignes ainsi formées sont régulièrement espacées d'un pas longitudinal $L_o = 34 \text{ mm}$, d'un pas transversal $L_t = 22.40 \text{ mm}$ et 193.10 mm pour la partie centrale.

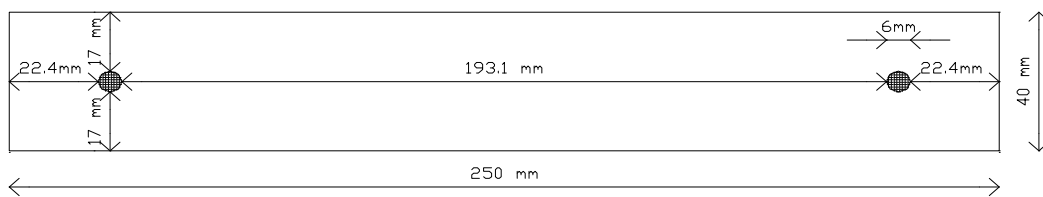


Figure 3.9 : Plaque d'essais avec une densité de $2U/dm^2$, ($\varnothing = 6 \text{ mm}$).

III-3-2-2- Essais avec densité (04 unités / décimètre carrée) :

Les plots étant disposés en alignement perpendiculairement à la ligne de pente du canal (Figure 3.10). Les lignes ainsi formées sont régulièrement espacées d'un pas longitudinal $L_o = 34$ mm, d'un pas transversal $L_t = 22.40$ mm et 136.20 mm pour la partie centrale.

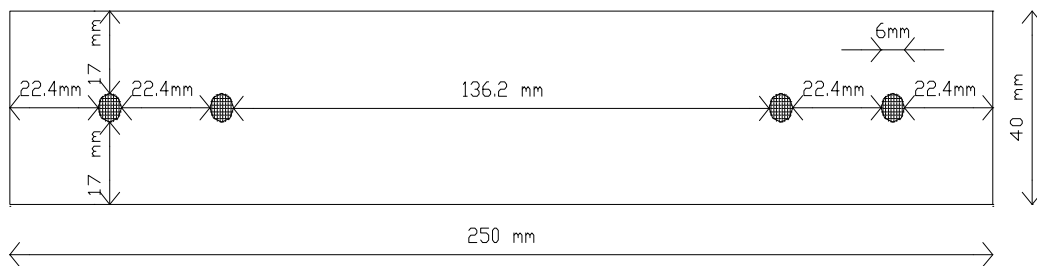


Figure 3.10 : Plaque d'essais avec une densité de $4U/dm^2$, ($\varnothing = 6$ mm).

III-3-2-3- Essais avec densité (06 unités / décimètre carrée) :

Les plots étant disposés en alignement perpendiculairement à la ligne de pente du canal (Figure 3.11). Les lignes ainsi formées sont régulièrement espacées d'un pas longitudinal $L_o = 34$ mm, d'un pas transversal $L_t = 22.40$ mm et 79.30 mm pour la partie centrale.

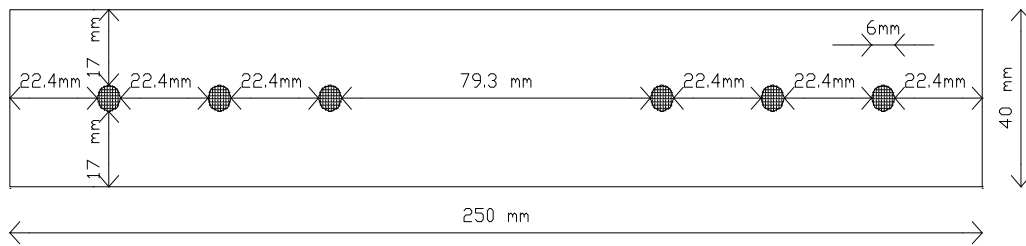


Figure 3.11 : Plaque d'essais avec une densité de $6U/dm^2$, ($\varnothing = 6$ mm).

III-3-2-4- Essais avec densité (08 unités / décimètre carrée) :

Les plots étant disposés en alignement perpendiculairement à la ligne de pente du canal (Figure 3.12). Les lignes ainsi formées sont régulièrement espacées d'un pas longitudinal $L_o = 34 \text{ mm}$, d'un pas transversal $L_t = 22.40 \text{ mm}$ et 22.40 mm pour la partie centrale.

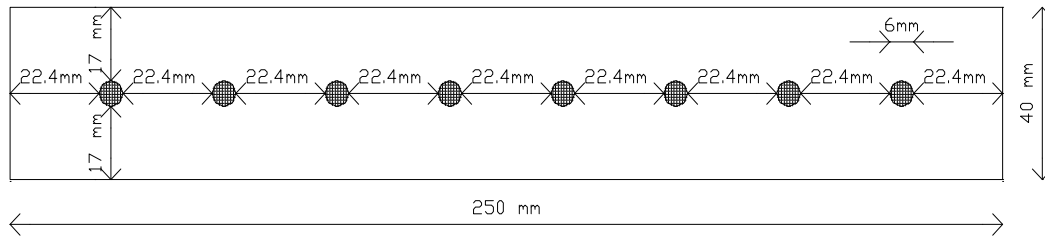


Figure 3.12 : Plaque d'essais avec une densité de $8U/dm^2$, ($\varnothing = 6 \text{ mm}$).

III-3-3- Etude de l'effet du roseau à diamètre ($\varnothing = 8 \text{ mm}$) sur l'écoulement :

III-3-3-1- Essais avec densité (02 unités / décimètre carré) :

Les plots étant disposés en alignement perpendiculairement à la ligne de pente du canal (Figure 3.13). Les lignes ainsi formées sont régulièrement espacées d'un pas longitudinal $L_o = 32 \text{ mm}$, d'un pas transversal $L_t = 20.70 \text{ mm}$ et 192.70 mm pour la partie centrale.

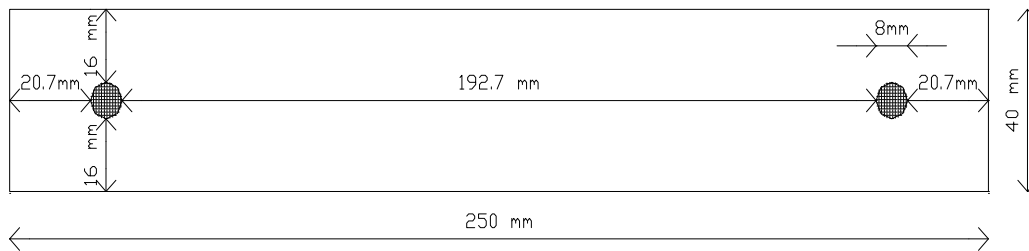


Figure 3.13 : Plaque d'essais avec une densité de $2U/dm^2$, ($\varnothing = 8 \text{ mm}$).

III-3-3-2- Essais avec densité (04 unités / décimètre carrée) :

Les plots étant disposés en alignement perpendiculairement à la ligne de pente du canal (Figure 3.14). Les lignes ainsi formées sont régulièrement espacées d'un pas longitudinal $L_o = 32$ mm, d'un pas transversal $L_t = 20.70$ mm et 135.30 mm pour la partie centrale.

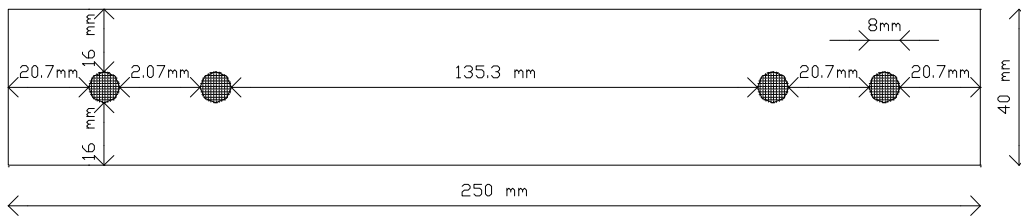


Figure 3.14 : Plaque d'essais avec une densité de $4U/dm^2$, ($\varnothing = 8$ mm).

III-3-3-3- Essais avec densité (06 unités / décimètre carrée) :

Les plots étant disposés en alignement perpendiculairement à la ligne de pente du canal (Figure 3.15). Les lignes ainsi formées sont régulièrement espacées d'un pas longitudinal $L_o = 32$ mm, d'un pas transversal $L_t = 20.70$ mm et 78 mm pour la partie centrale.

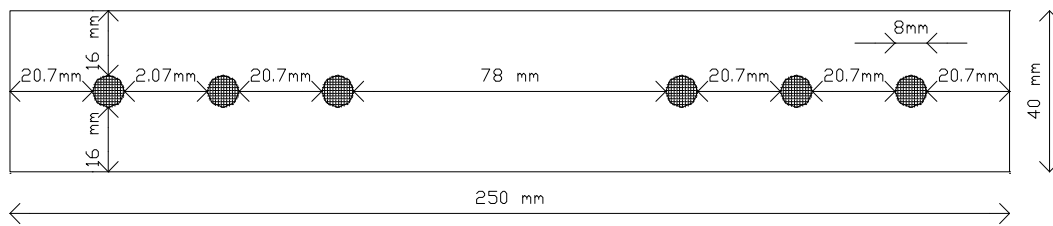


Figure 3.15 : Plaque d'essais avec une densité de $6U/dm^2$, ($\varnothing = 8$ mm).

III-3-3-4- Essais avec densité (08 unités / décimètre carrée) :

Les plots étant disposés en alignement perpendiculairement à la ligne de pente du canal (Figure 3.16). Les lignes ainsi formées sont régulièrement espacées d'un pas longitudinal $L_o = 32$ mm, d'un pas transversal $L_t = 20.70$ mm et 20.70 mm pour la partie centrale.

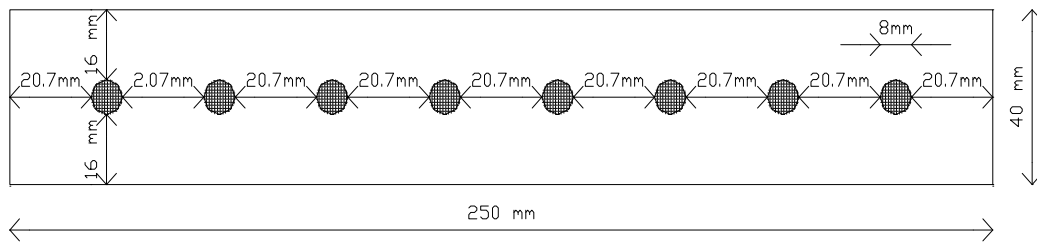


Figure 3.16 : Plaque d'essais avec une densité de $8U/dm^2$, ($\varnothing = 8$ mm).

III-3-4- Etude de l'effet du roseau à diamètre ($\varnothing = 10$ mm) sur l'écoulement :

III-3-4-1- Essais avec densité (02 unités / décimètre carré):

Les plots étant disposés en alignement perpendiculairement à la ligne de pente du canal (Figure 3.17). Les lignes ainsi formées sont régulièrement espacées d'un pas longitudinal $L_o = 30$ mm, d'un pas transversal $L_t = 18.90$ mm et 192.20 mm pour la partie centrale.

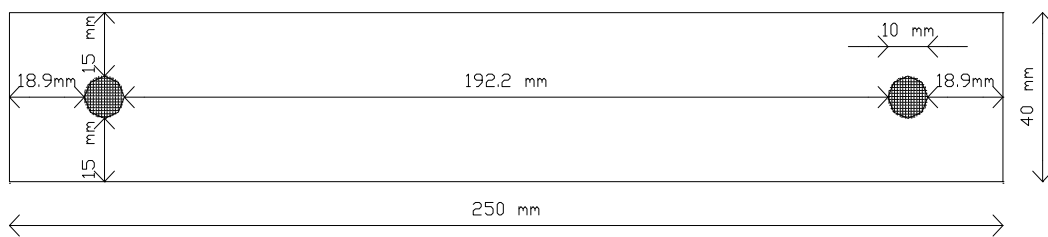


Figure 3.17 : Plaque d'essai avec une densité de $2U/dm^2$, ($\varnothing = 10$ mm).

III-3-4-2- Essais avec densité (04 unités / décimètre carré):

Les plots étant disposés en alignement perpendiculairement à la ligne de pente du canal (Figure 3.18). Les lignes ainsi formées sont régulièrement espacées d'un pas longitudinal $L_o = 30$ mm, d'un pas transversal $L_t = 18.90$ mm et 134.40 mm pour la partie centrale.

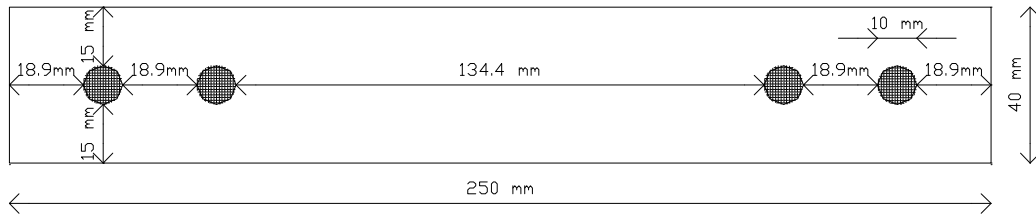


Figure 3.18 : Plaque d'essais avec une densité de $4U/dm^2$, ($\varnothing = 10$ mm).

III-3-4-3- Essais avec densité (06 unités / décimètre carré):

Les plots étant disposés en alignement perpendiculairement à la ligne de pente du canal (Figure 3.19). Les lignes ainsi formées sont régulièrement espacées d'un pas longitudinal $L_o = 30$ mm, d'un pas transversal $L_t = 18.90$ mm et 76.70 mm pour la partie centrale.

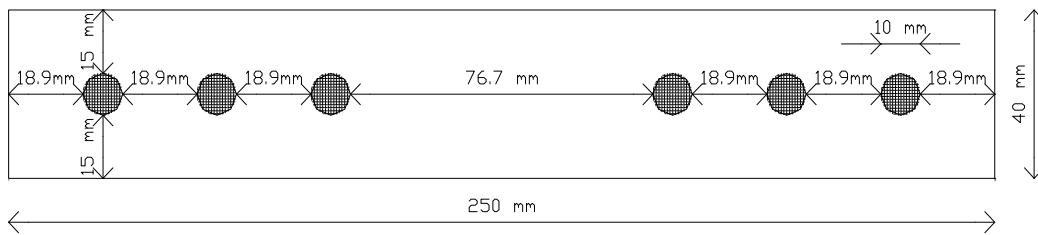


Figure 3.19 : Plaque d'essais avec une densité de $6U/dm^2$, ($\varnothing = 10$ mm).

III-3-4-4- Essais avec densité (08 unités / décimètre carré):

Les plots étant disposés en alignement perpendiculairement à la ligne de pente du canal (Figure 3.20). Les lignes ainsi formées sont régulièrement espacées d'un pas longitudinal $L_o = 30$ mm, d'un pas transversal $L_t = 18.90$ mm et 18.90 mm pour la partie centrale.

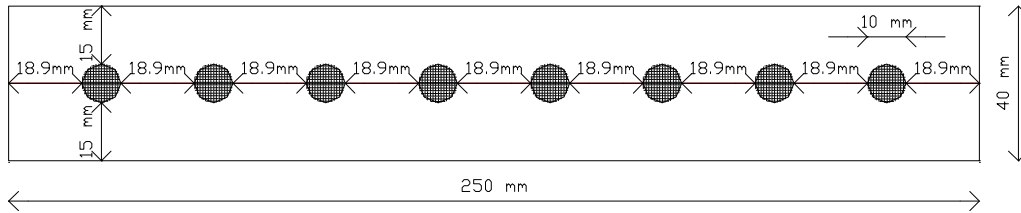


Figure 3.20 : Plaque d'essais avec une densité de $8U/dm^2$, ($\varnothing = 10$ mm).

CHAPITRE IV

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Les résultats des essais de l'effet de roseau sur les caractéristiques hydrauliques (hauteurs d'eau, vitesses d'écoulements, coefficients de Manning, nombres de Reynolds et nombres de Froude) sont représentés dans les figures et tableaux ci-dessous.

Les résultats de mesures obtenus permettent de proposer des relations généralisée pour toutes ces caractéristiques incluant les différentes paramètres (diamètre et densité de roseau, débit d'écoulement et pente du canal).



Figure 4.1 : Ligne d'eau observée à essais avec une densité de 8Unités/dm², ($\varnothing = 10$ mm).

IV-1- Variations de la hauteur d'eau en présence du roseau:

IV-1-1- Variation de la hauteur d'eau pour des essais à diamètre $\varnothing = 4$ mm :

Tableau 4.1 : Variation de la hauteur d'eau H (cm), pour des essais à diamètre $\varnothing = 4$ mm avec densités = 0 unités/dm².

	Pente	0,5 ‰	1 ‰	1,5 ‰	2 ‰	2,5 ‰	3 ‰
Débit	1,11 (l/s)	2,1	2,06	2,01	1,95	1,9	1,87
	1,51 (l/s)	2,45	2,39	2,33	2,27	2,21	2,17
	1,98 (l/s)	2,83	2,77	2,74	2,63	2,56	2,52
	2,54 (l/s)	3,28	3,2	3,19	3,05	2,97	2,92

IV-1-1-1- Variation de la hauteur d'eau à débit $Q= 1.11$ (l/s) :

La figure (4.2) montre bien que pour un débit de 1.11 (l/s) la hauteur d'eau décroît linéairement en fonction de la pente du canal:

IV-1-1-1-1- Densité = 2Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de 2.35×10^{-2} m à 2.05×10^{-2} m respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$H \text{ (cm)} = -0,06 (I) + 2,41 \quad (R^2 = 1) ; \quad (4-1)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 12%.

IV-1-1-1-2- Densité = 4Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de 2.45×10^{-2} m à 2.23×10^{-2} m respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$H \text{ (cm)} = -0,0431 (I) + 2,496 \quad (R^2 = 0,9886) ; \quad (4-2)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 20%.

IV-1-1-1-3- Densité = 6Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de 2.55×10^{-2} m à 2.45×10^{-2} m respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$H \text{ (cm)} = -0,0203 (I) + 2,5793 \quad (R^2 = 0,9623); \quad (4-3)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 31%.

IV-1-1-1-4- Densité = 8Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de 2.86×10^{-2} m à 2.70×10^{-2} m respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$H \text{ (cm)} = -0,0314 (I) + 2,8867 \quad (R^2 = 0,9973) ; \quad (4-4)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 44%.

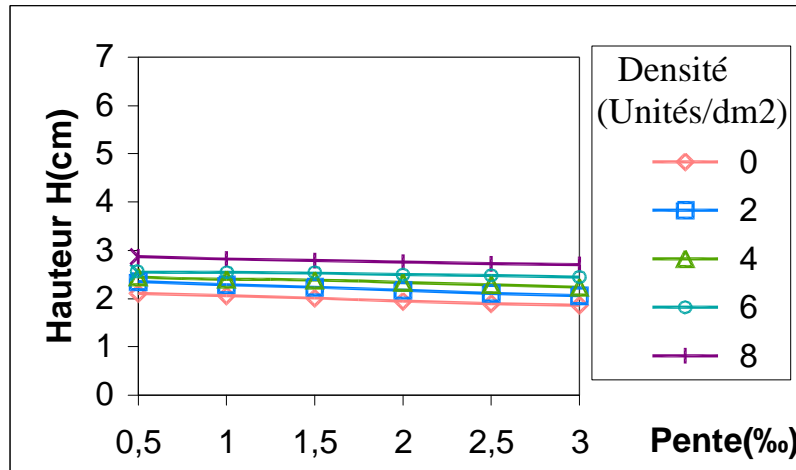


Figure (4.2) : Variation de la Hauteur d'eau en fonction de la pente; $H=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 4 \text{ mm}$) et débit $Q= 1.11 \text{ (L/S)}$.

IV-1-1-2- Variation de la hauteur d'eau à débit $Q= 1.51 \text{ (l/s)}$:

La figure (4.3) montre que pour un débit de 1.51 (l/s) la hauteur d'eau décroît linéairement en fonction de la pente du canal:

IV-1-1-2-1- Densité = 2Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de $2.75 \times 10^{-2} \text{ m}$ à $2.42 \times 10^{-2} \text{ m}$ respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,0643 (I) + 2,82 \quad (R^2 = 0,9941) ; \quad (4-5)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 14%.

IV-1-1-2-2- Densité = 4Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de $2.86 \times 10^{-2} \text{ m}$ à $2.67 \times 10^{-2} \text{ m}$ respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,036 (I) + 2,8927 \quad (R^2 = 0,972) ; \quad (4-6)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 23%.

IV-1-1-2-3- Densité = 6Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de 3.05x10⁻²m à 2.95x10⁻²m respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,018 (I) + 3,048 \quad (R^2 = 0,8656); \quad (4-7)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 36%.

IV-1-1-2-4- Densité = 8Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de 3.44x10⁻²m à 3.25x10⁻²m respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,0363 (I) + 3,4553 \quad (R^2 = 0,9567) ; \quad (4-8)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 50%.

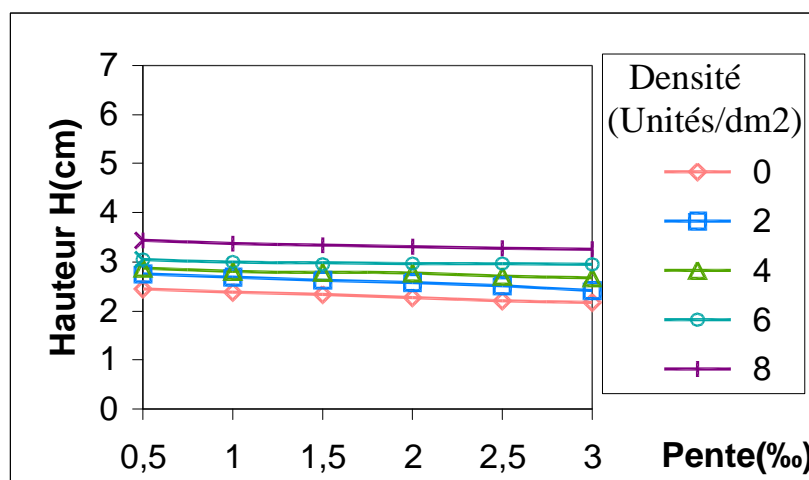


Figure (4.3) : Variation de la Hauteur d'eau en fonction de la pente; $H=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 4 \text{ mm}$) et débit $Q= 1.51 \text{ (L/S)}$.

IV-1-1-3- Variation de la hauteur d'eau à débit $Q= 1.98 \text{ (l/s)}$:

La figure (4.4) montre que pour un débit de 1.98 (l/s) la hauteur d'eau décroît linéairement en fonction de la pente du canal:

IV-1-1-3-1- Densité = 2Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de 3.20x10⁻²m à 2.80x10⁻²m respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,0783 (I) + 3,2773 \quad (R^2 = 0,9974) ; \quad (4-9)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 13%.

IV-1-1-3-2- Densité = 4Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de 3.31x10⁻²m à 3.11x10⁻²m respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,0411 (I) + 3,3707 \quad (R^2 = 0,9576) ; \quad (4-10)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 23%.

IV-1-1-3-3- Densité = 6Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de 3.60x10⁻²m à 3.45x10⁻²m respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,026 (I) + 3,636 \quad (R^2 = 0,8604); \quad (4-11)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 38%.

IV-1-1-3-4- Densité = 8Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de 4.10x10⁻²m à 3.80x10⁻²m respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,0554 (I) + 4,0973 \quad (R^2 = 0,8766) ; \quad (4-12)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 51%.

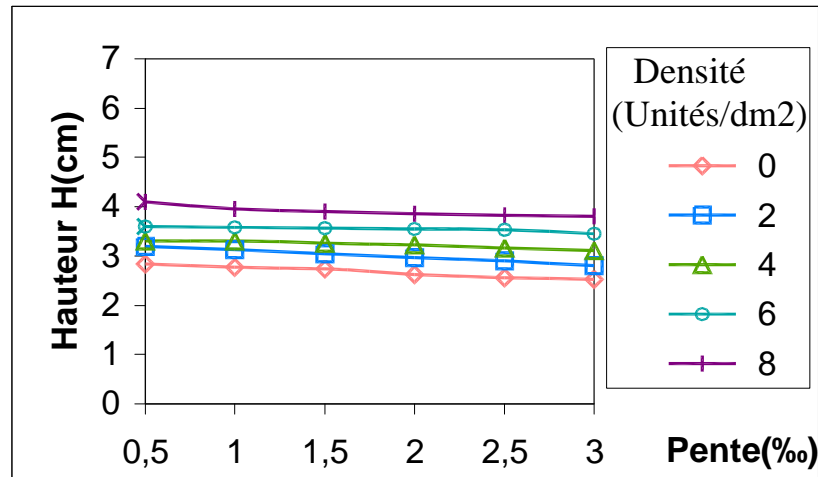


Figure (4.4) : Variation de la Hauteur d'eau en fonction de la pente; $H=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 4$ mm) et débit $Q= 1.98$ (L/S).

IV-1-1-4- Variation de la hauteur d'eau à débit $Q= 2.54$ (l/s) :

La figure (4.5) montre que pour un débit de 2.54 (l/s) la hauteur d'eau décroît linéairement en fonction de la pente du canal:

IV-1-1-4-1- Densité = 2Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de 3.68×10^{-2} m à 3.25×10^{-2} m respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,0846 (I) + 3,7627 \quad (R^2 = 0,9987) ; \quad (4-13)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 13%.

IV-1-1-4-2- Densité = 4Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de 3.85×10^{-2} m à 3.57×10^{-2} m respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,0554 (I) + 3,924 \quad (R^2 = 0,9705) ; \quad (4-14)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 23%.

IV-1-1-4-3- Densité = 6Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de $4.21 \times 10^{-2} \text{m}$ à $4.01 \times 10^{-2} \text{m}$ respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,0343 (I) + 4,2633 \quad (R^2 = 0,812); \quad (4-15)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 39%.

IV-1-1-4-4- Densité = 8Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de $4.75 \times 10^{-2} \text{m}$ à $4.41 \times 10^{-2} \text{m}$ respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,0591 (I) + 4,7487 \quad (R^2 = 0,8861); \quad (4-16)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 51%.

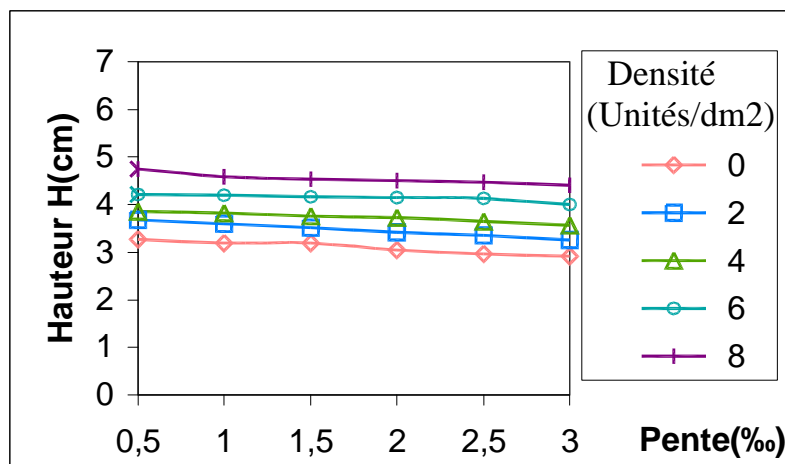


Figure (4.5) : Variation de la Hauteur d'eau en fonction de la pente; $H=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 4 \text{ mm}$) et débit $Q= 2.54 \text{ (L/S)}$.

IV-1-2- Variation de la hauteur d'eau pour des essais à diamètre $\varnothing = 6 \text{ mm}$:

Tableau 4.2 : Variation de la hauteur d'eau H (cm), pour des essais à diamètre $\varnothing = 6 \text{ mm}$ avec densités = 0 unités/dm².

	Pente	0,5 ‰	1 ‰	1,5 ‰	2 ‰	2,5 ‰	3 ‰
Débit	1,11 (l/s)	2,08	2,08	2,09	2	1,98	2,17
	1,51 (l/s)	2,48	2,39	2,35	2,33	2,28	2,55
	1,98 (l/s)	2,75	2,83	2,8	2,67	2,6	2,79
	2,54 (l/s)	3,07	3,13	3,13	3,1	2,99	3,18

IV-1-2-1- Variation de la hauteur d'eau à débit Q= 1.11 (l/s) :

La figure (4.6) montre bien que pour un débit de 1.11 (l/s) la hauteur d'eau décroît linéairement en fonction de la pente du canal:

IV-1-2-1-1- Densité = 2Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de 2.45x10⁻²m à 2.30x10⁻²m respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,0263 (I) + 2,4387 \quad (R^2 = 0,7886) ; \quad (4-17)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 18%.

IV-1-2-1-2- Densité = 4Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de 2.63x10⁻²m à 2.50x10⁻²m respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,0289 (I) + 2,6693 \quad (R^2 = 0,9175) ; \quad (4-18)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 29%.

IV-1-2-1-3- Densité = 6Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de $2.85 \times 10^{-2} \text{m}$ à $2.77 \times 10^{-2} \text{m}$ respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,0166 (I) + 2,8613 \quad (R^2 = 0,9362); \quad (4-19)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 40%.

IV-1-2-1-4- Densité = 8Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de $3.35 \times 10^{-2} \text{m}$ à $3.32 \times 10^{-2} \text{m}$ respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,006 (I) + 3,3527 \quad (R^2 = 0,922) ; \quad (4-20)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 68%.

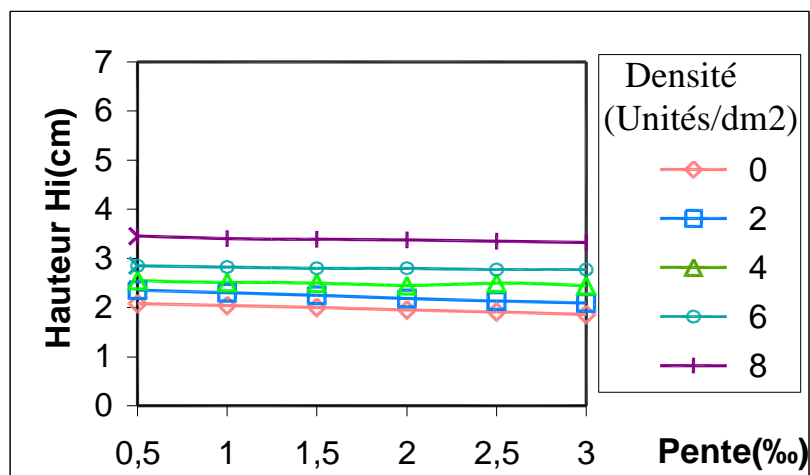


Figure (4.6) : Variation de la Hauteur d'eau en fonction de la pente; $H=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 6 \text{ mm}$) et débit $Q= 1.11 \text{ (L/S)}$.

IV-1-2-2- Variation de la hauteur d'eau à débit $Q= 1.51 \text{ (l/s)}$:

La figure (4.7) montre que pour un débit de 1.51 (l/s) la hauteur d'eau décroît linéairement en fonction de la pente du canal:

IV-1-2-2-1- Densité = 2Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de 2.69x10⁻²m à 2.65x10⁻²m respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,014 (I) + 2,734 \quad (R^2 = 0,5965) ; \quad (4-21)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 16%.

IV-1-2-2-2- Densité = 4Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de 3.15x10⁻²m à 3x10⁻²m respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,0343 (I) + 3,1967 \quad (R^2 = 0,9465) ; \quad (4-22)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 32%.

IV-1-2-2-3- Densité = 6Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de 3.43x10⁻²m à 3.30x10⁻²m respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,0271 (I) + 3,4567 \quad (R^2 = 0,9287); \quad (4-23)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 45%.

IV-1-2-2-4- Densité = 8Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de 4.04x10⁻²m à 4x10⁻²m respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,0086 (I) + 4,0533 \quad (R^2 = 0,9643) ; \quad (4-24)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 76%.

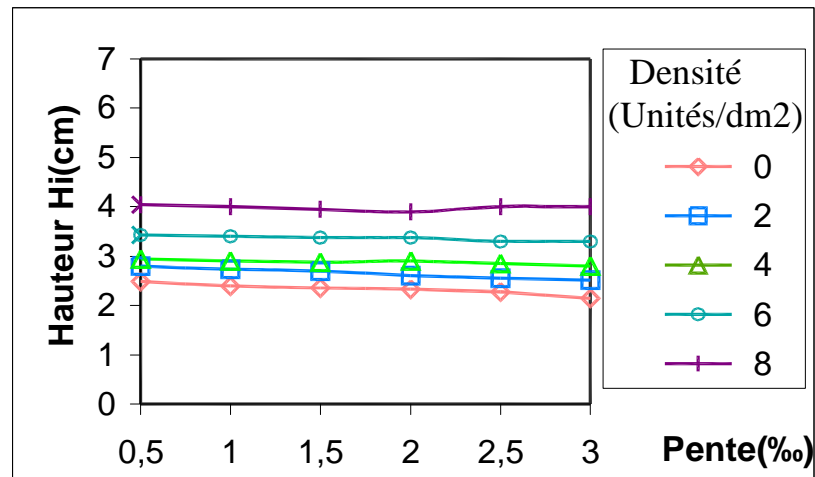


Figure (4.7) : Variation de la Hauteur d'eau en fonction de la pente; $H=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 6$ mm) et débit $Q= 1.51$ (L/S).

IV-1-2-3- Variation de la hauteur d'eau à débit $Q= 1.98$ (l/s) :

La figure (4.8) montre que pour un débit de 1.98 (l/s) la hauteur d'eau décroît linéairement en fonction de la pente du canal:

IV-1-2-3-1- Densité = 2Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de 3.20×10^{-2} m à 3.09×10^{-2} m respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,0157 (I) + 3,17 \quad (R^2 = 0,4939) ; \quad (4-25)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 19%.

IV-1-2-3-2- Densité = 4Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de 3.60×10^{-2} m à 3.50×10^{-2} m respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,0237 (I) + 3,6447 \quad (R^2 = 0,8145) ; \quad (4-26)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 35%.

IV-1-2-3-3- Densité = 6Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de $4.08 \times 10^{-2} \text{m}$ à $4 \times 10^{-2} \text{m}$ respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H (\text{cm}) = -0,0183 (I) + 4,1073 \quad (R^2 = 0,8956); \quad (4-27)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 54%.

IV-1-2-3-4- Densité = 8Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de $4.93 \times 10^{-2} \text{m}$ à $4.90 \times 10^{-2} \text{m}$ respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H (\text{cm}) = -0,0063 (I) + 4,9353 \quad (R^2 = 0,9429); \quad (4-28)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 88%.

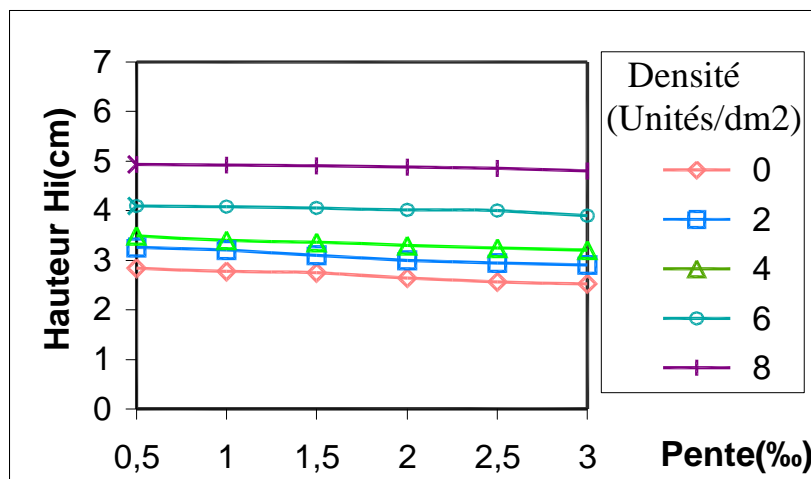


Figure (4.8) : Variation de la Hauteur d'eau en fonction de la pente; $H=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 6 \text{ mm}$) et débit $Q= 1.98 \text{ (L/S)}$.

IV-1-2-4- Variation de la hauteur d'eau à débit $Q= 2.54 \text{ (l/s)}$:

La figure (4.9) montre que pour un débit de 2.54 (l/s) la hauteur d'eau décroît linéairement en fonction de la pente du canal:

IV-1-2-4-1- Densité = 2Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de 3.68x10⁻²m à 3.45x10⁻²m respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,0469 (I) + 3,714 \quad (R^2 = 0,9417) ; \quad (4-29)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 20%.

IV-1-2-4-2- Densité = 4Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de 4.22x10⁻²m à 4x10⁻²m respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,0457 (I) + 4,2767 \quad (R^2 = 0,9902) ; \quad (4-30)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 37%.

IV-1-2-4-3- Densité = 6Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de 4.68x10⁻²m à 4.57x10⁻²m respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,02 (I) + 4,6967 \quad (R^2 = 0,9545); \quad (4-31)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 54%.

IV-1-2-2-1- Densité = 8Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de 5.61x10⁻²m à 5.58x10⁻²m respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,0054 (I) + 5,6073 \quad (R^2 = 0,7547) ; \quad (4-32)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 87%.

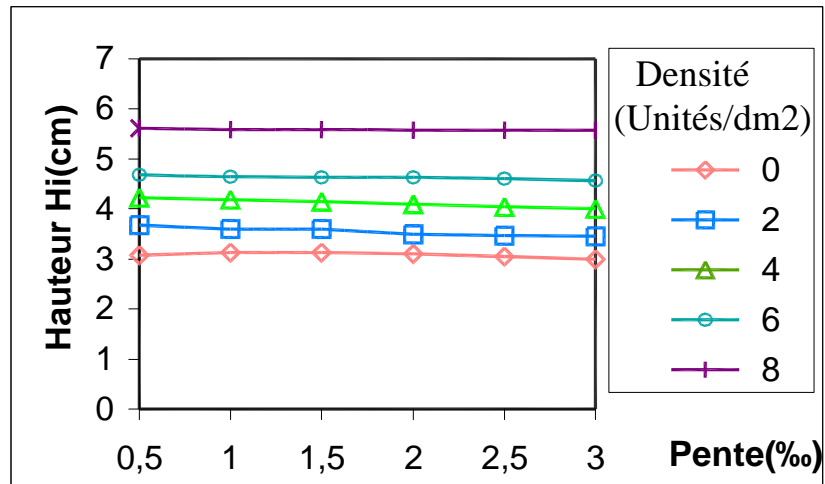


Figure (4.9) : Variation de la Hauteur d'eau en fonction de la pente; $H=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 6$ mm) et débit $Q= 2.54$ (L/S).

IV-1-3- Variation de la hauteur d'eau pour des essais à diamètre $\varnothing = 8$ mm :

Tableau 4.3 : Variation de la hauteur d'eau H (cm), pour des essais à diamètre $\varnothing = 8$ mm avec densités = 0 unités/dm².

		Pente	0,5 ‰	1 ‰	1,5 ‰	2 ‰	2,5 ‰	3 ‰
Débit	1,11 (l/s)		2,05	2,02	2	1,96	1,92	1,86
	1,51 (l/s)		2,44	2,39	2,33	2,28	2,22	2,17
	1,98 (l/s)		2,85	2,76	2,75	2,64	2,55	2,54
	2,54 (l/s)		3,29	3,24	3,2	3,05	2,96	2,95

IV-1-3-1- Variation de la hauteur d'eau à débit $Q= 1.11$ (l/s) :

La figure (4.10) montre bien que pour un débit de 1.11 (l/s) la hauteur d'eau décroît linéairement en fonction de la pente du canal:

IV-1-3-1-1- Densité = 2Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de 2.44×10^{-2} m à 2.13×10^{-2} m respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,062 (I) + 2,472 \quad (R^2 = 0,9535) ; \quad (4-33)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 19%.

IV-1-3-1-2- Densité = 4Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de 2.55×10^{-2} m à 2.50×10^{-2} m respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,01 (I) + 2,56 \quad (R^2 = 1) ; \quad (4-34)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 34%.

IV-1-3-1-3- Densité = 6Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de 2.98×10^{-2} m à 2.80×10^{-2} m respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,036 (I) + 3,0127 \quad (R^2 = 0,9977); \quad (4-35)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 51%.

IV-1-3-1-4- Densité = 8Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de 3.50×10^{-2} m à 3.45×10^{-2} m respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,01 (I) + 3,51 \quad (R^2 = 1) ; \quad (4-36)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 85%.

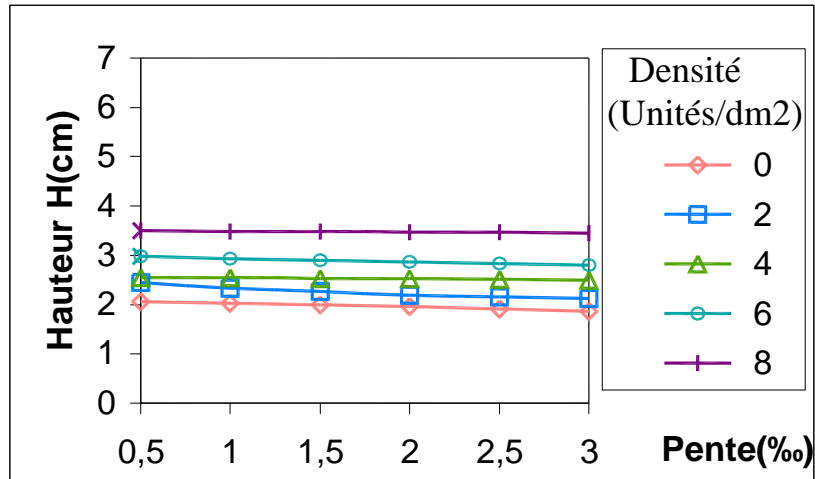


Figure (4.10) : Variation de la Hauteur d'eau en fonction de la pente; $H=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 8 \text{ mm}$) et débit $Q= 1.11 \text{ (L/S)}$.

IV-1-3-2- Variation de la hauteur d'eau à débit $Q= 1.51 \text{ (l/s)}$:

La figure (4.11) montre que pour un débit de 1.51 (l/s) la hauteur d'eau décroît linéairement en fonction de la pente du canal:

IV-1-3-2-1- Densité = 2Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de $2.89 \times 10^{-2} \text{ m}$ à $2.55 \times 10^{-2} \text{ m}$ respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,068 (I) + 2,9347 \quad (R^2 = 0,9641) ; \quad (4-37)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 18%.

IV-1-3-2-2- Densité = 4Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de $3.05 \times 10^{-2} \text{ m}$ à $2.95 \times 10^{-2} \text{ m}$ respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,0189 (I) + 3,0693 \quad (R^2 = 0,9826) ; \quad (4-38)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 36%.

IV-1-3-2-3- Densité = 6Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de $3.55 \times 10^{-2} \text{m}$ à $3.37 \times 10^{-2} \text{m}$ respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H (\text{cm}) = -0,0377 (I) + 3,5987 \quad (R^2 = 0,9826); \quad (4-39)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 55%.

IV-1-3-2-4- Densité = 8Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de $4.20 \times 10^{-2} \text{m}$ à $4.13 \times 10^{-2} \text{m}$ respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H (\text{cm}) = -0,0137 (I) + 4,208 \quad (R^2 = 0,9681); \quad (4-40)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 90%.

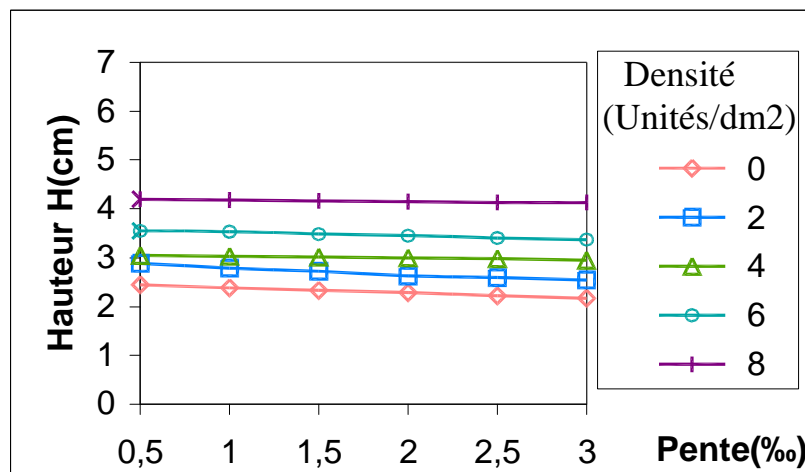


Figure (4.11) : Variation de la Hauteur d'eau en fonction de la pente; $H=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 8 \text{ mm}$) et débit $Q= 1.51 \text{ (L/S)}$.

IV-1-3-3- Variation de la hauteur d'eau à débit $Q= 1.98 \text{ (l/s)}$:

La figure (4.12) montre que pour un débit de 1.98 (l/s) la hauteur d'eau décroît linéairement en fonction de la pente du canal:

IV-1-3-3-1- Densité = 2Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de 3.37x10⁻²m à 2.99x10⁻²m respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,08 (I) + 3,4433 \quad (R^2 = 0,983) ; \quad (4-41)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 20%.

IV-1-3-3-2- Densité = 4Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de 3.60x10⁻²m à 3.45x10⁻²m respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,0283 (I) + 3,6173 \quad (R^2 = 0,9803) ; \quad (4-42)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 36%.

IV-1-3-3-3- Densité = 6Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de 4.24x10⁻²m à 4x10⁻²m respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,048 (I) + 4,3047 \quad (R^2 = 0,9755); \quad (4-43)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 57%.

IV-1-3-3-4- Densité = 8Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de 5x10⁻²m à 4.95x10⁻²m respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,01 (I) + 5,01 \quad (R^2 = 1) ; \quad (4-44)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 95%.

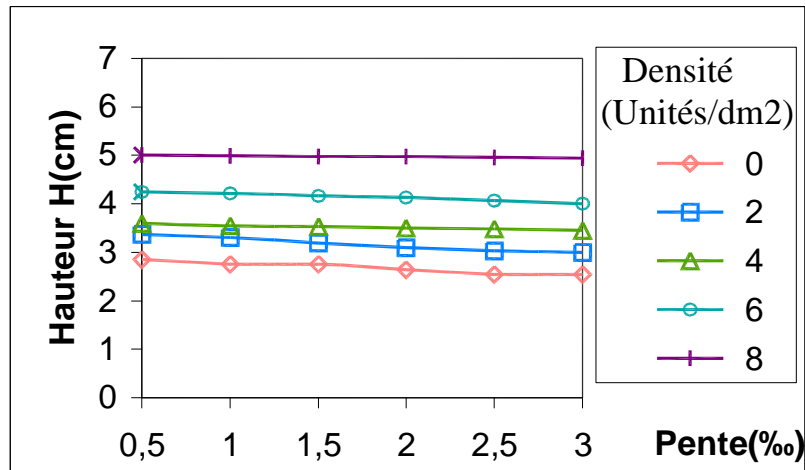


Figure (4.12) : Variation de la Hauteur d'eau en fonction de la pente; $H=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 8 \text{ mm}$) et débit $Q= 1.98 \text{ (L/S)}$.

IV-1-3-4- Variation de la hauteur d'eau à débit $Q= 2.54 \text{ (l/s)}$:

La figure (4.13) montre que pour un débit de 2.54 (l/s) la hauteur d'eau décroît linéairement en fonction de la pente du canal:

IV-1-3-4-1- Densité = 2Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de $3.90 \times 10^{-2} \text{ m}$ à $3.45 \times 10^{-2} \text{ m}$ respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,0937 (I) + 3,9913 \quad (R^2 = 0,992) ; \quad (4-45)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 19%.

IV-1-3-4-2- Densité = 4Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de $4.20 \times 10^{-2} \text{ m}$ à $4.02 \times 10^{-2} \text{ m}$ respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,0323 (I) + 4,2213 \quad (R^2 = 0,966) ; \quad (4-46)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 38%.

IV-1-3-4-3- Densité = 6Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de $4.95 \times 10^{-2} \text{m}$ à $4.71 \times 10^{-2} \text{m}$ respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,0434 (I) + 5,002 \quad (R^2 = 0,9271); \quad (4-47)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 62%.

IV-1-3-4-4- Densité = 8Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de $5.85 \times 10^{-2} \text{m}$ à $5.80 \times 10^{-2} \text{m}$ respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,01 (I) + 5,86 \quad (R^2 = 1); \quad (4-48)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 97%.

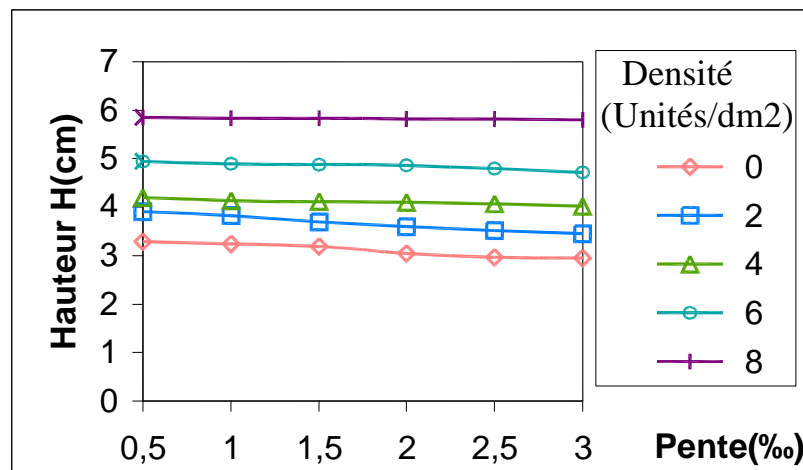


Figure (4.13) : Variation de la Hauteur d'eau en fonction de la pente; $H=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 8 \text{ mm}$) et débit $Q= 2.54 \text{ (L/S)}$.

IV-1-4- Variation de la hauteur d'eau pour des essais à diamètre $\varnothing = 10$ mm :

Tableau 4.4 : Variation de la hauteur d'eau H (cm), pour des essais à diamètre $\varnothing = 10$ mm avec densités = 0 unités/dm².

	Pente	0,5 ‰	1 ‰	1,5 ‰	2 ‰	2,5 ‰	3 ‰
Débit	1,11 (l/s)	2,04	2,02	2	1,98	1,9	1,89
	1,51 (l/s)	2,43	2,4	2,35	2,29	2,21	2,2
	1,98 (l/s)	2,81	2,78	2,76	2,66	2,59	2,57
	2,54 (l/s)	3,27	3,25	3,23	3,09	3	2,97

IV-1-4-1- Variation de la hauteur d'eau à débit Q= 1.11 (l/s) :

La figure (4.14) montre bien que pour un débit de 1.11 (l/s) la hauteur d'eau décroît linéairement en fonction de la pente du canal:

IV-1-4-1-1- Densité = 2Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de 2.47x10⁻²m à 2.29x10⁻²m respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,0386 (I) + 2,5 \quad (R^2 = 0,9249) ; \quad (4-49)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 21%.

IV-1-4-1-2- Densité = 4Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de 2.65x10⁻²m à 2.55x10⁻²m respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,02 (I) + 2,67 \quad (R^2 = 1) ; \quad (4-50)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 35%.

IV-1-4-1-3- Densité = 6Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de $3.12 \times 10^{-2} \text{m}$ à $3.05 \times 10^{-2} \text{m}$ respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H (\text{cm}) = -0,014 (I) + 3,1307 \quad (R^2 = 0,9847); \quad (4-51)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 61%.

IV-1-4-1-4- Densité = 8Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de $3.90 \times 10^{-2} \text{m}$ à $3.81 \times 10^{-2} \text{m}$ respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H (\text{cm}) = -0,0166 (I) + 3,9113 \quad (R^2 = 0,9741); \quad (4-52)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 102%.

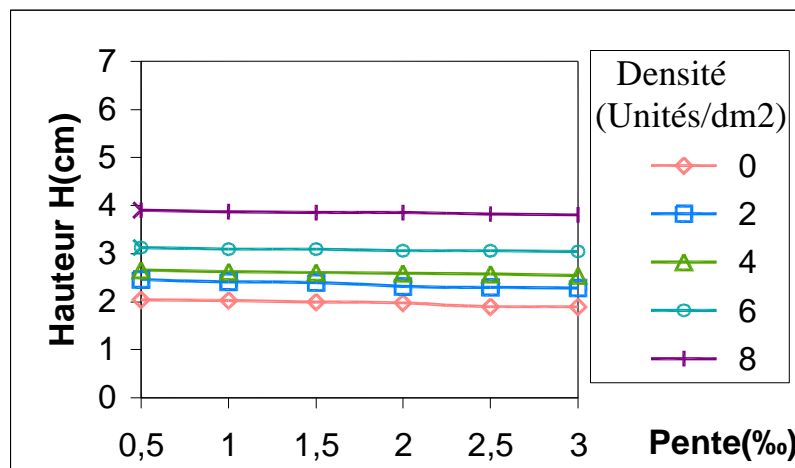


Figure (4.14) : Variation de la Hauteur d'eau en fonction de la pente; $H=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 10 \text{ mm}$) et débit $Q= 1.11 \text{ (L/S)}$.

IV-1-4-2- Variation de la hauteur d'eau à débit $Q= 1.51 \text{ (l/s)}$:

La figure (4.15) montre que pour un débit de 1.51 (l/s) la hauteur d'eau décroît linéairement en fonction de la pente du canal:

IV-1-4-2-1- Densité = 2Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de 2.95x10⁻²m à 2.73x10⁻²m respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,0466 (I) + 2,9747 \quad (R^2 = 0,8892) ; \quad (4-53)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 24%.

IV-1-4-2-2- Densité = 4Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de 3.15x10⁻²m à 3x10⁻²m respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,0294 (I) + 3,2013 \quad (R^2 = 0,8475) ; \quad (4-54)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 38%.

IV-1-4-2-3- Densité = 6Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de 3.75x10⁻²m à 3.63x10⁻²m respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,0246 (I) + 3,7727 \quad (R^2 = 0,9844); \quad (4-1-55)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 65%.

IV-1-4-2-4- Densité = 8Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de 4.67x10⁻²m à 4.58x10⁻²m respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,0177 (I) + 4,6887 \quad (R^2 = 0,9924) ; \quad (4-56)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 108%.

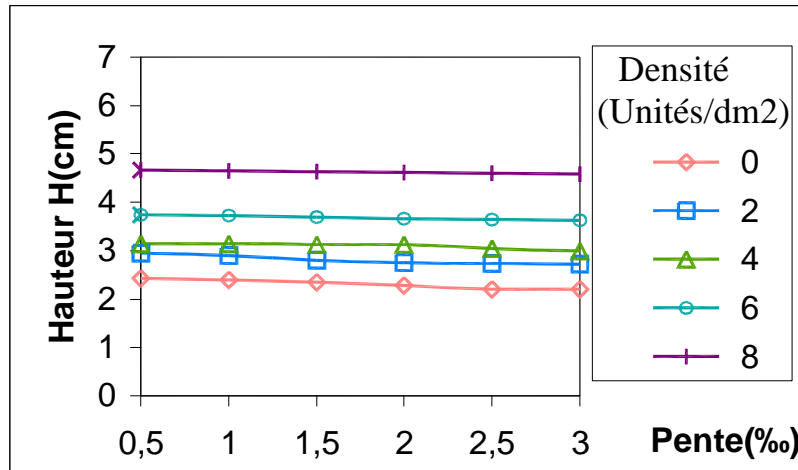


Figure (4.15) : Variation de la Hauteur d'eau en fonction de la pente; $H=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 10$ mm) et débit $Q= 1.51$ (L/S).

IV-1-4-3- Variation de la hauteur d'eau à débit $Q= 1.98$ (l/s) :

La figure (4.16) montre que pour un débit de 1.98 (l/s) la hauteur d'eau décroît linéairement en fonction de la pente du canal:

IV-1-4-3-1- Densité = 2Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de 3.45×10^{-2} m à 3.19×10^{-2} m respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,054 (I) + 3,4773 \quad (R^2 = 0,8608) ; \quad (4-57)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 24%.

IV-1-4-3-2- Densité = 4Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de 3.70×10^{-2} m à 3.56×10^{-2} m respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,0274 (I) + 3,7293 \quad (R^2 = 0,9874) ; \quad (4-58)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 39%.

IV-1-4-3-3- Densité = 6Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de $4.48 \times 10^{-2} \text{m}$ à $4.34 \times 10^{-2} \text{m}$ respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,0294 (I) + 4,508 \quad (R^2 = 0,9746); \quad (4-59)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 69%.

IV-1-4-3-4- Densité = 8Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de $5.55 \times 10^{-2} \text{m}$ à $5.50 \times 10^{-2} \text{m}$ respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,01 (I) + 5,56 \quad (R^2 = 1); \quad (4-60)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 114%.

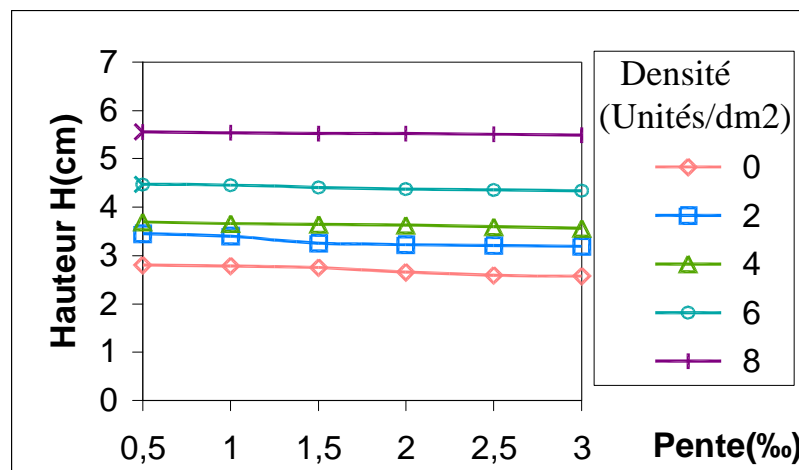


Figure (4.16) : Variation de la Hauteur d'eau en fonction de la pente; $H=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 10 \text{ mm}$) et débit $Q= 1.98 \text{ (L/S)}$.

IV-1-4-4- Variation de la hauteur d'eau à débit $Q= 2.54 \text{ (l/s)}$:

La figure (4.17) montre que pour un débit de 2.54 (l/s) la hauteur d'eau décroît linéairement en fonction de la pente du canal:

IV-1-4-4-1- Densité = 2Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de 4x10⁻²m à 3.69x10⁻²m respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,0654 (I) + 4,0407 \quad (R^2 = 0,8784) ; \quad (4-61)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 24%.

IV-1-4-4-2- Densité = 4Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de 4.35x10⁻²m à 4.20x10⁻²m respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,0303 (I) + 4,3627 \quad (R^2 = 0,926) ; \quad (4-62)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 41%.

IV-1-4-4-3- Densité = 6Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de 4.28x10⁻²m à 5.11x10⁻²m respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,0346 (I) + 5,3093 \quad (R^2 = 0,9736) ; \quad (4-63)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 62%.

IV-1-4-4-4- Densité = 8Unités/dm²: La hauteur d'eau décroît de 6.48x10⁻²m à 6.41x10⁻²m respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre la hauteur (H) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$H \text{ (cm)} = -0,0149 (I) + 6,4987 \quad (R^2 = 0,9821) ; \quad (4-64)$$

Où R : coefficient de corrélation.

Par rapport à une plaque vide, la hauteur d'eau est supérieure à 116%.

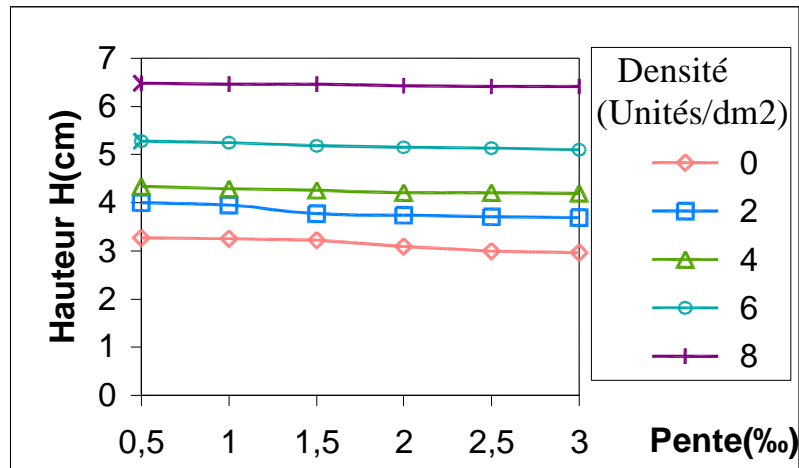


Figure (4.17) : Variation de la Hauteur d'eau en fonction de la pente; $H=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 10$ mm) et débit $Q= 2.54$ (L/S).

IV-1-5- Conclusion sur les variations de la hauteur d'eau en présence du roseau:

Les résultats obtenus nous permettent de constater que :

- 1- Pour une même série de mesures, (diamètre et densité de roseau constantes), on a globalement une diminution linéaire de la hauteur d'eau en fonction de la pente du canal.
- 2- Plus la densité du roseau augmente, plus la hauteur d'eau augmente.
- 3- L'augmentation du débit d'écoulement fait augmenter la hauteur d'eau.
- 4- La hauteur d'eau augmente avec la croissance du diamètre du roseau.

IV-2- Variation de la vitesse d'écoulement d'eau en présence du roseau:

IV-2-1- Variation de la vitesse d'écoulement pour des essais à diamètre $\varnothing = 4 \text{ mm}$:

Tableau 4.5 : Variation de la vitesse d'écoulement V (m/s), pour des essais à diamètre $\varnothing = 4 \text{ mm}$ avec densité = 0 unités/dm².

	Pente	0,5 ‰	1 ‰	1,5 ‰	2 ‰	2,5 ‰	3 ‰
Débit	1,11 (l/s)	0,2114	0,2155	0,2209	0,2277	0,2337	0,2374
	1,51 (l/s)	0,2465	0,2527	0,2592	0,2661	0,2733	0,2783
	1,98 (l/s)	0,2799	0,2859	0,2891	0,3011	0,3094	0,3143
	2,54 (l/s)	0,3098	0,3175	0,3185	0,3331	0,3421	0,3479

IV-2-1-1- Variation de la vitesse d'écoulement à débit Q= 1.11 (l/s) :

La figure (4.18) montre bien que pour un débit de 1.11 (l/s) la vitesse d'écoulement d'eau croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-2-1-1-1- Densité = 2 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de $18.89 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ à $21.65 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,1862 (I)^{0,0742} \quad (R^2 = 0,9267) ; \quad (4-65)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-1-1-2- Densité = 4 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de $18.12 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ à $19.91 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,1794 (I)^{0,0495} \quad (R^2 = 0,8901) ; \quad (4-66)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-1-1-3- Densité = 6 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de $17.41 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ à $18.12 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,173 (I)^{0,0211} \quad (R^2 = 0,8145); \quad (4-67)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-1-1-4- Densité = 8 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de $15.52 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ à $16.44 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,1545 (I)^{0,0312} \quad (R^2 = 0,9541). \quad (4-68)$$

Où R : coefficient de corrélation.

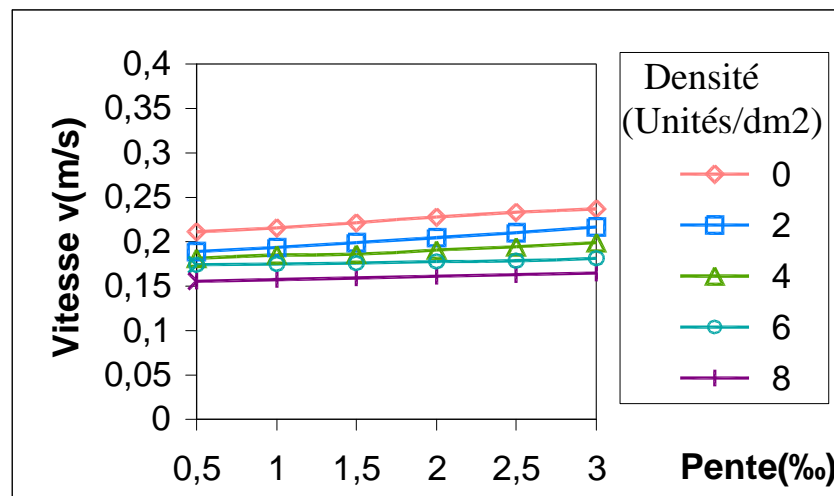


Figure (4.18) : Variation de la vitesse d'écoulement en fonction de la pente; V=f(I) pour des essais à diamètre (Ø = 4 mm) et débit Q= 1.11 (L/S).

IV-2-1-2- Variation de la vitesse d'écoulement à débit Q= 1.51 (l/s) :

La figure (4.19) montre que pour un débit de 1.51 (l/s) la vitesse d'écoulement d'eau croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-2-1-2-1- Densité = 2 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de 21.96x10⁻²m/s à 24.95x10⁻²m/s respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,2165 (I)^{0,0667} \quad (R^2 = 0,8962); \quad (4-69)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-1-2-2- Densité = 4 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de 21.11x10⁻²m/s à 22.62x10⁻²m/s respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,2101 (I)^{0,0354} \quad (R^2 = 0,8972); \quad (4-70)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-1-2-3- Densité = 6 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de 19.80x10⁻²m/s à 20.47x10⁻²m/s respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,1984 (I)^{0,018} \quad (R^2 = 0,9832); \quad (4-71)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-1-2-4- Densité = 8 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de 17.55x10⁻²m/s à 18.58x10⁻²m/s respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,1754 (I)^{0,0312} \quad (R^2 = 0,9901). \quad (4-72)$$

Où R : coefficient de corrélation.

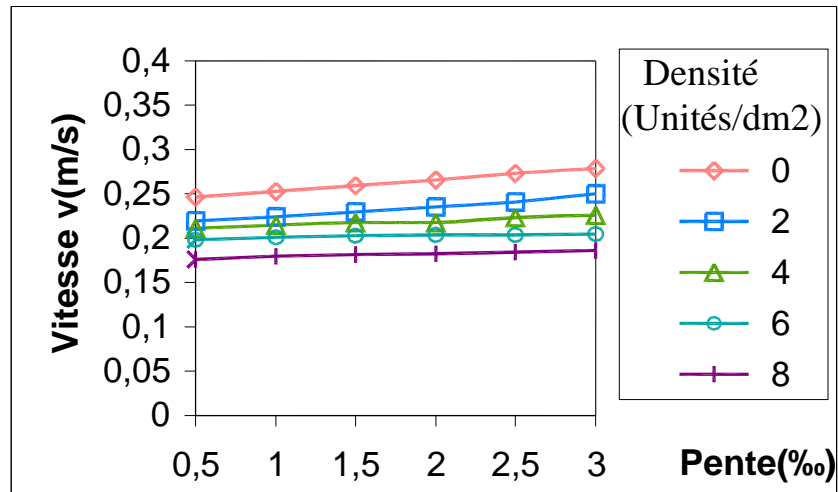


Figure (4.19) : Variation de la vitesse d'écoulement en fonction de la pente; $V=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 4$ mm) et débit $Q= 1.51$ (L/S).

IV-2-1-3- Variation de la vitesse d'écoulement à débit $Q= 1.98$ (l/s) :

La figure (4.20) montre que pour un débit de 1.98 (l/s) la vitesse d'écoulement d'eau croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-2-1-3-1- Densité = 2 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de 24.75×10^{-2} m/s à 28.28×10^{-2} m/s respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,2442 (I)^{0,071} \quad (R^2 = 0,9239); \quad (4-73)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-1-3-2- Densité = 4 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de 23.92×10^{-2} m/s à 25.46×10^{-2} m/s respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,2367 (I)^{0,0333} \quad (R^2 = 0,8096); \quad (4-74)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-1-3-3- Densité = 6 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de $22 \times 10^{-2} \text{m/s}$ à $22.95 \times 10^{-2} \text{m/s}$ respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,2189 (I)^{0,0189} \quad (R^2 = 0,7068); \quad (4-75)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-1-3-4- Densité = 8 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de $19.31 \times 10^{-2} \text{m/s}$ à $20.84 \times 10^{-2} \text{m/s}$ respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,1938 (I)^{0,0421} \quad (R^2 = 0,989). \quad (4-76)$$

Où R : coefficient de corrélation.

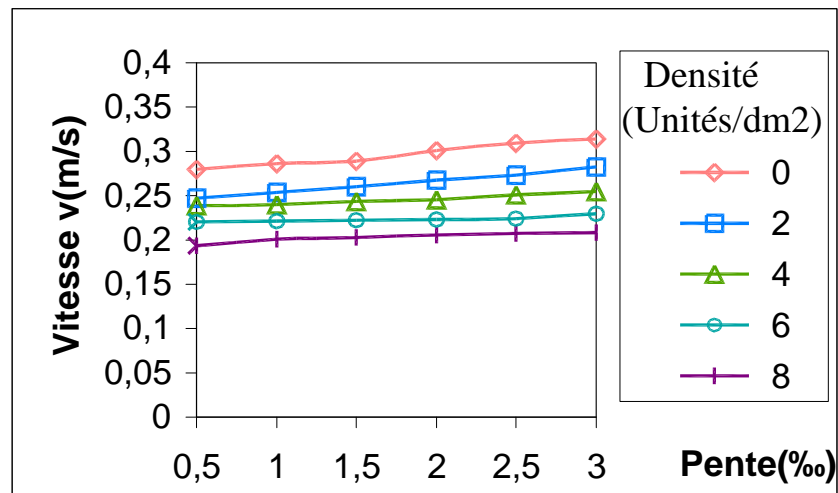


Figure (4.20) : Variation de la vitesse d'écoulement en fonction de la pente; V=f(I) pour des essais à diamètre (Ø = 4 mm) et débit Q= 1.98 (L/S).

IV-2-1-4- Variation de la vitesse d'écoulement à débit Q= 2.54 (l/s) :

La figure (4.21) montre que pour un débit de 2.54 (l/s) la vitesse d'écoulement d'eau croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-2-1-4-1- Densité = 2 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de 27.60x10⁻²m/s à 31.26x10⁻²m/s respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,2727 (I)^{0,0665} \quad (R^2 = 0,9272) ; \quad (4-77)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-1-4-2- Densité = 4 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de 26.38x10⁻²m/s à 28.45x10⁻²m/s respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,261 (I)^{0,0391} \quad (R^2 = 0,8351) ; \quad (4-78)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-1-4-3- Densité = 6 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de 24.13x10⁻²m/s à 25.33x10⁻²m/s respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,2397 (I)^{0,0209} \quad (R^2 = 0,6389); \quad (4-79)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-1-4-4- Densité = 8 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de 21.38x10⁻²m/s à 23.03x10⁻²m/s respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,2146 (I)^{0,0382} \quad (R^2 = 0,9748). \quad (4-80)$$

Où R : coefficient de corrélation.

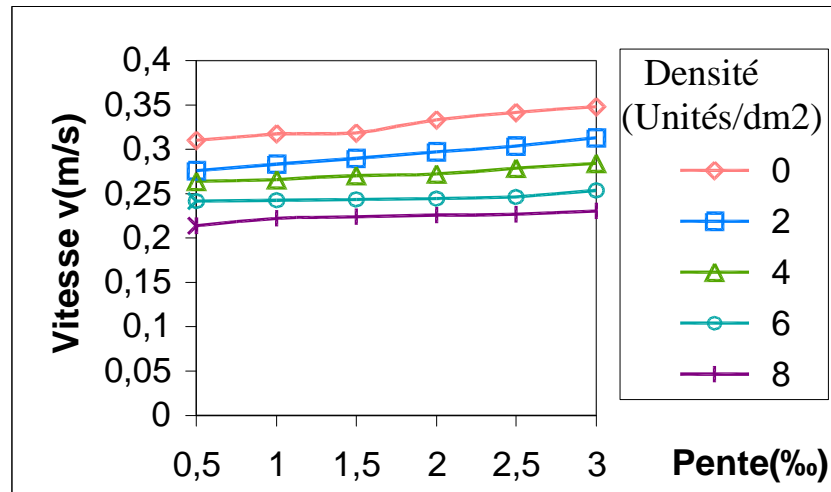


Figure (4.21) : Variation de la vitesse d'écoulement en fonction de la pente; $V=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 4$ mm) et débit $Q= 2.54$ (L/S).

IV-2-2- Variation de la vitesse d'écoulement pour des essais à diamètre $\varnothing = 6$ mm :

Tableau 4.6 : Variation de la vitesse d'écoulement V (m/s), pour des essais à diamètre $\varnothing = 6$ mm avec densité = 0 unités/dm².

Pente	0,5 ‰	1 ‰	1,5 ‰	2 ‰	2,5 ‰	3 ‰	
Débit	1,11 (l/s)	0,2135	0,2135	0,2124	0,2220	0,2242	0,2046
	1,51 (l/s)	0,2435	0,2527	0,2570	0,2592	0,2649	0,2369
	1,98 (l/s)	0,2880	0,2799	0,2829	0,2966	0,3046	0,2839
	2,54 (l/s)	0,3309	0,3246	0,3246	0,3277	0,3398	0,3195

IV-2-2-1- Variation de la vitesse d'écoulement à débit $Q= 1.11$ (l/s) :

La figure (4.22) montre bien que pour un débit de 1.11 (l/s) la vitesse d'écoulement d'eau croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-2-2-1-1- Densité = 2 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de 18.12×10^{-2} m/s à 19.30×10^{-2} m/s respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour

une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,1824 (I)^{0,0338} \quad (R^2 = 0,9214); \quad (4-81)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-2-1-2- Densité = 4 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de 16.88x10⁻²m/s à 17.76x10⁻²m/s respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,1674 (I)^{0,0295} \quad (R^2 = 0,79); \quad (4-82)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-2-1-3- Densité = 6 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de 15.57x10⁻²m/s à 16.02x10⁻²m/s respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,1555 (I)^{0,0167} \quad (R^2 = 0,9432); \quad (4-83)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-2-1-4- Densité = 8 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de 13.25x10⁻²m/s à 13.37x10⁻²m/s respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,1325 (I)^{0,0052} \quad (R^2 = 0,9646). \quad (4-84)$$

Où R : coefficient de corrélation.

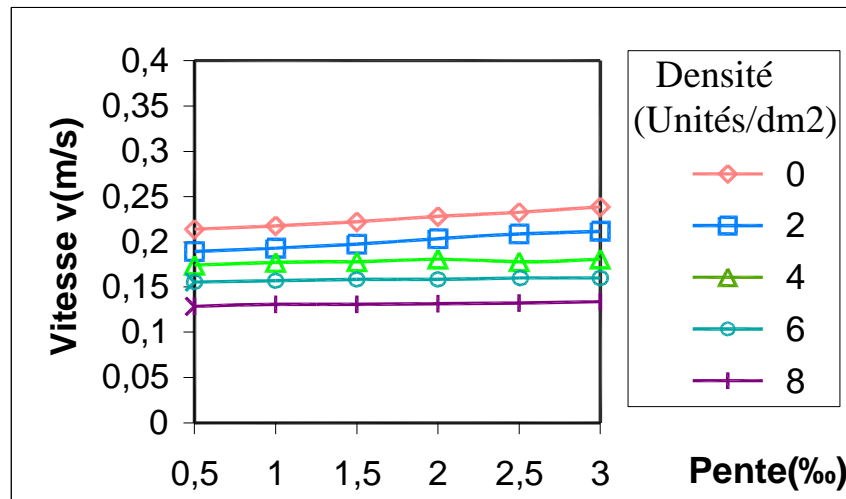


Figure (4.22) : Variation de la vitesse d'écoulement en fonction de la pente; $V=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 6$ mm) et débit $Q= 1.11$ (L/S).

IV-2-2-2- Variation de la vitesse d'écoulement à débit $Q= 1.51$ (l/s) :

La figure (4.23) montre que pour un débit de 1.51 (l/s) la vitesse d'écoulement d'eau croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-2-2-2-1- Densité = 2 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de 22.45×10^{-2} m/s à 22.79×10^{-2} m/s respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,222 (I)^{0,0121} \quad (R^2 = 0,4062); \quad (4-85)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-2-2-2- Densité = 4 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de 19.17×10^{-2} m/s à 20.13×10^{-2} m/s respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,1901 (I)^{0,0297} \quad (R^2 = 0,8386); \quad (4-86)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-2-2-3- Densité = 6 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de $17.60 \times 10^{-2} \text{m/s}$ à $18.30 \times 10^{-2} \text{m/s}$ respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,1754 (I)^{0,022} \quad (R^2 = 0,8625); \quad (4-87)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-2-2-4- Densité = 8 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de $14.95 \times 10^{-2} \text{m/s}$ à $15.10 \times 10^{-2} \text{m/s}$ respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,1492 (I)^{0,0055} \quad (R^2 = 0,82). \quad (4-88)$$

Où R : coefficient de corrélation.

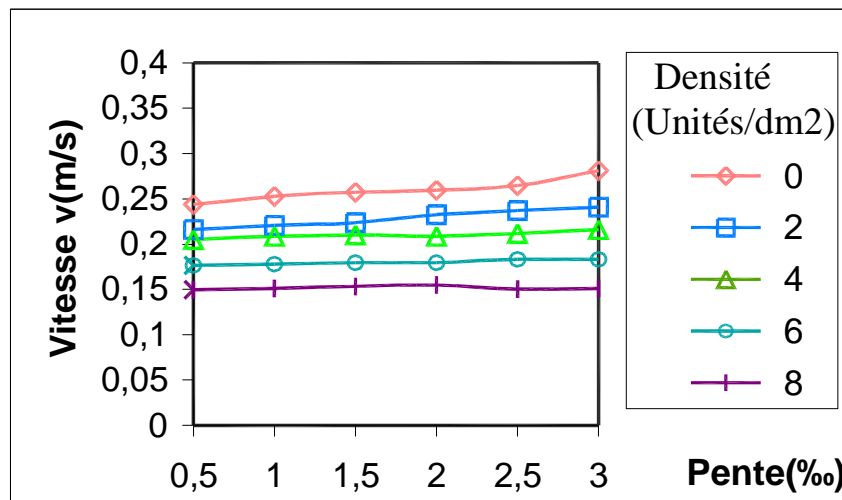


Figure (4.23) : Variation de la vitesse d'écoulement en fonction de la pente; V=f(I) pour des essais à diamètre (Ø = 6 mm) et débit Q= 1.51 (L/S).

IV-2-2-3- Variation de la vitesse d'écoulement à débit Q= 1.98 (l/s) :

La figure (4.24) montre que pour un débit de 1.98 (l/s) la vitesse d'écoulement d'eau croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-2-2-3-1- Densité = 2 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de 24.75x10⁻²m/s à 25.63x10⁻²m/s respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,2496 (I)^{0,0169} \quad (R^2 = 0,7086); \quad (4-89)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-2-3-2- Densité = 4 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de 22x10⁻²m/s à 22.62x10⁻²m/s respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,2184 (I)^{0,0166} \quad (R^2 = 0,6311); \quad (4-90)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-2-3-3- Densité = 6 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de 19.41x10⁻²m/s à 19.80x10⁻²m/s respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,1933 (I)^{0,0119} \quad (R^2 = 0,7732); \quad (4-91)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-2-3-4- Densité = 8 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de 16.06x10⁻²m/s à 16.16x10⁻²m/s respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,1606 (I)^{0,0035} \quad (R^2 = 0,8977). \quad (4-92)$$

Où R : coefficient de corrélation.

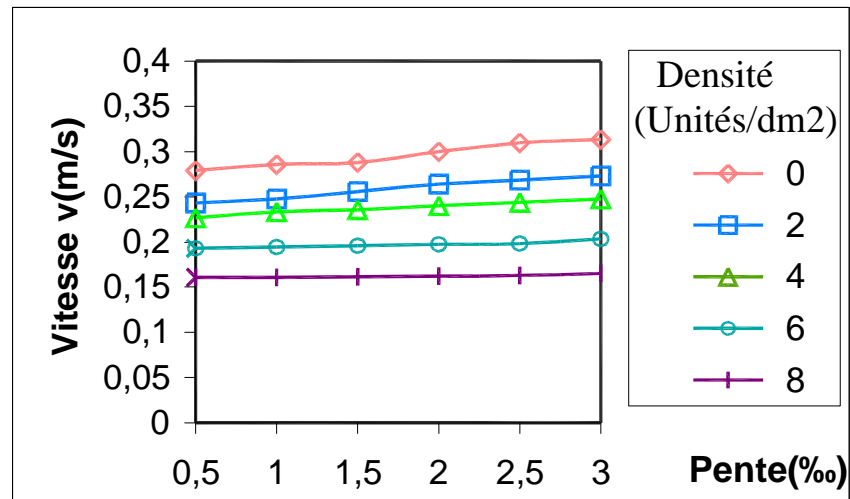


Figure (4.24) : Variation de la vitesse d'écoulement en fonction de la pente; $V=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 6$ mm) et débit $Q= 1.98$ (L/S).

IV-2-2-4- Variation de la vitesse d'écoulement à débit $Q= 2.54$ (l/s) :

La figure (4.25) montre que pour un débit de 2.54 (l/s) la vitesse d'écoulement d'eau croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-2-2-4-1- Densité = 2 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de 27.60×10^{-2} m/s à 29.44×10^{-2} m/s respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,275 (I)^{0,0368} \quad (R^2 = 0,9212) ; \quad (4-93)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-2-4-2- Densité = 4 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de 24.07×10^{-2} m/s à 25.40×10^{-2} m/s respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,239 (I)^{0,0296} \quad (R^2 = 0,8823) ; \quad (4-94)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-2-4-3- Densité = 6 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de $21.70 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ à $22.23 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,2168 (I)^{0,0118} \quad (R^2 = 0,8922); \quad (4-95)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-2-4-4- Densité = 8 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de $18.11 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ à $18.20 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,1812 (I)^{0,003} \quad (R^2 = 0,9083). \quad (4-96)$$

Où R : coefficient de corrélation.

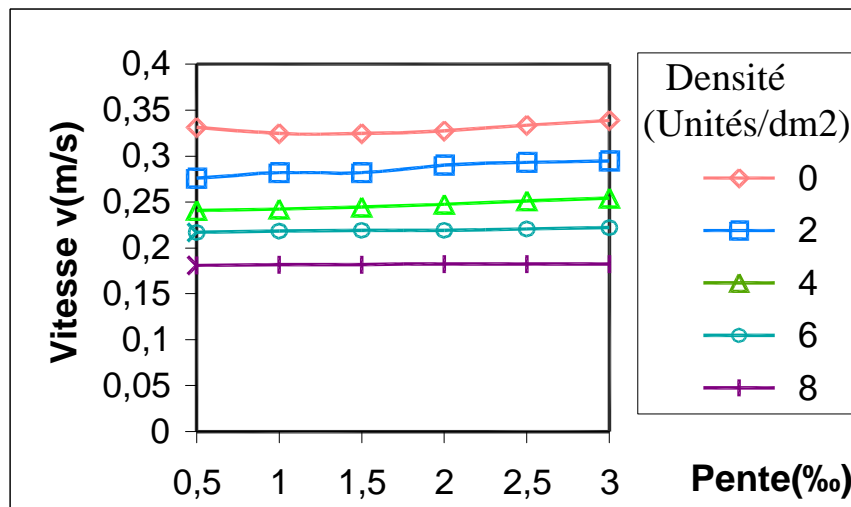


Figure (4.25) : Variation de la vitesse d'écoulement en fonction de la pente; $V=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 6 \text{ mm}$) et débit $Q= 2.54 \text{ (L/S)}$.

IV-2-3- Variation de la vitesse d'écoulement pour des essais à diamètre $\varnothing = 8 \text{ mm}$:

Tableau 4.7 : Variation de la vitesse d'écoulement V (m/s), pour des essais à diamètre $\varnothing = 8 \text{ mm}$ avec densité = 0 unités/dm².

	Pente	0,5 ‰	1 ‰	1,5 ‰	2 ‰	2,5 ‰	3 ‰
Débit	1,11 (l/s)	0,2166	0,2198	0,2220	0,2265	0,2313	0,2387
	1,51 (l/s)	0,2475	0,2527	0,2592	0,2649	0,2721	0,2783
	1,98 (l/s)	0,2779	0,2870	0,2880	0,3000	0,3106	0,3118
	2,54 (l/s)	0,3088	0,3136	0,3175	0,3331	0,3432	0,3444

IV-2-3-1- Variation de la vitesse d'écoulement à débit $Q= 1.11 \text{ (l/s)}$:

La figure (4.26) montre bien que pour un débit de 1.11 (l/s) la vitesse d'écoulement d'eau croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-2-3-1-1- Densité = 2 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de $18.19 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ à $20.84 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,1809 (I)^{0,0781} \quad (R^2 = 0,9871) ; \quad (4-97)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-3-1-2- Densité = 4 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de $17.41 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ à $17.76 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,1738 (I)^{0,0108} \quad (R^2 = 0,9349) ; \quad (4-98)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-3-1-3- Densité = 6 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de $14.84 \times 10^{-2} \text{m/s}$ à $15.85 \times 10^{-2} \text{m/s}$ respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,1482 (I)^{0,0343} \quad (R^2 = 0,9481); \quad (4-99)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-3-1-4- Densité = 8 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de $12.68 \times 10^{-2} \text{m/s}$ à $12.86 \times 10^{-2} \text{m/s}$ respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,1267 (I)^{0,0079} \quad (R^2 = 0,9353). \quad (4-100)$$

Où R : coefficient de corrélation.

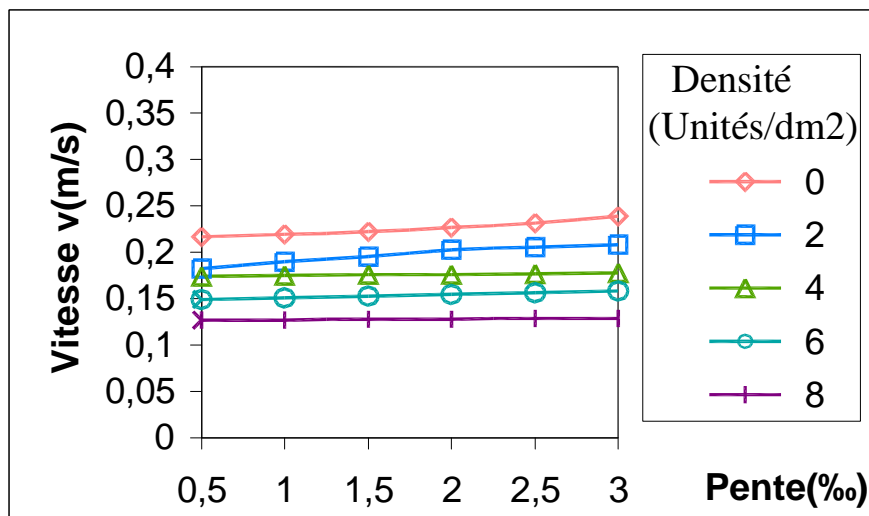


Figure (4.26) : Variation de la vitesse d'écoulement en fonction de la pente; V=f(I) pour des essais à diamètre (Ø = 8 mm) et débit Q= 1.11 (L/S).

IV-2-3-2- Variation de la vitesse d'écoulement à débit Q= 1.51 (l/s) :

La figure (4.2.26) montre que pour un débit de 1.51 (l/s) la vitesse d'écoulement d'eau croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-2-3-2-1- Densité = 2 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de 20.89x10⁻²m/s à 23.68x10⁻²m/s respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,2074 (I)^{0,0709} \quad (R^2 = 0,9681); \quad (4-101)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-3-2-2- Densité = 4 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de 19.80x10⁻²m/s à 20.47x10⁻²m/s respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,1974 (I)^{0,017} \quad (R^2 = 0,8978); \quad (4-102)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-3-2-3- Densité = 6 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de 17.01x10⁻²m/s à 17.92x10⁻²m/s respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,1688 (I)^{0,0291} \quad (R^2 = 0,8833); \quad (4-103)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-3-2-4- Densité = 8 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de 14.38x10⁻²m/s à 14.62x10⁻²m/s respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,1437 (I)^{0,0094} \quad (R^2 = 0,989). \quad (4-104)$$

Où R : coefficient de corrélation.

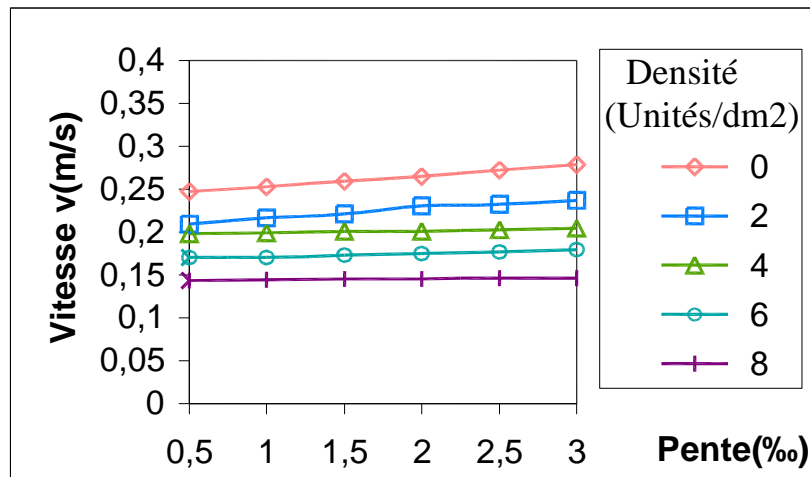


Figure (4.27) : Variation de la vitesse d'écoulement en fonction de la pente; $V=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 8$ mm) et débit $Q= 1.51$ (L/S).

IV-2-3-3- Variation de la vitesse d'écoulement à débit $Q= 1.98$ (l/s) :

La figure (4.28) montre que pour un débit de 1.98 (l/s) la vitesse d'écoulement d'eau croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-2-3-3-1- Densité = 2 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de 23.50×10^{-2} m/s à 26.48×10^{-2} m/s respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,2321 (I)^{0,0699} \quad (R^2 = 0,9507); \quad (4-105)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-3-3-2- Densité = 4 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de 22×10^{-2} m/s à 22.95×10^{-2} m/s respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,2196 (I)^{0,0226} \quad (R^2 = 0,9722); \quad (4-106)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-3-3-3- Densité = 6 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de $18.67 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ à $19.80 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,1852 (I)^{0,0306} \quad (R^2 = 0,8465); \quad (4-107)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-3-3-4- Densité = 8 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de $15.84 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ à $16 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,1582 (I)^{0,0055} \quad (R^2 = 0,9356). \quad (4-108)$$

Où R : coefficient de corrélation.

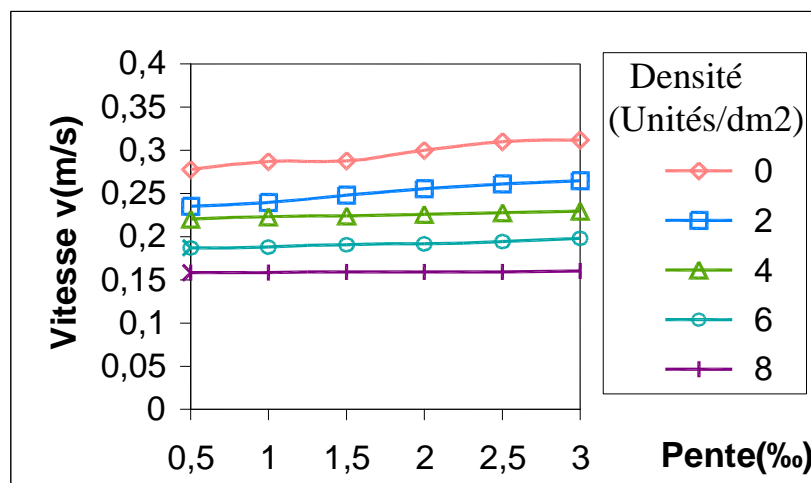


Figure (4.28) : Variation de la vitesse d'écoulement en fonction de la pente; $V=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 8 \text{ mm}$) et débit $Q= 1.98 \text{ (L/S)}$.

IV-2-3-4- Variation de la vitesse d'écoulement à débit $Q= 2.54 \text{ (l/s)}$:

La figure (4.29) montre que pour un débit de 2.54 (l/s) la vitesse d'écoulement d'eau croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-2-3-4-1- Densité = 2 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de 26.05x10⁻²m/s à 29.44x10⁻²m/s respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,257 (I)^{0,0702} \quad (R^2 = 0,942) ; \quad (4-109)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-3-4-2- Densité = 4 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de 24.19x10⁻²m/s à 25.27x10⁻²m/s respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,2415 (I)^{0,0218} \quad (R^2 = 0,9304) ; \quad (4-110)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-3-4-3- Densité = 6 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de 20.52x10⁻²m/s à 21.57x10⁻²m/s respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,2042 (I)^{0,0235} \quad (R^2 = 0,7926); \quad (4-111)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-3-4-4- Densité = 8 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de 17.36x10⁻²m/s à 17.51x10⁻²m/s respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,1735 (I)^{0,0047} \quad (R^2 = 0,9357). \quad (4-112)$$

Où R : coefficient de corrélation.

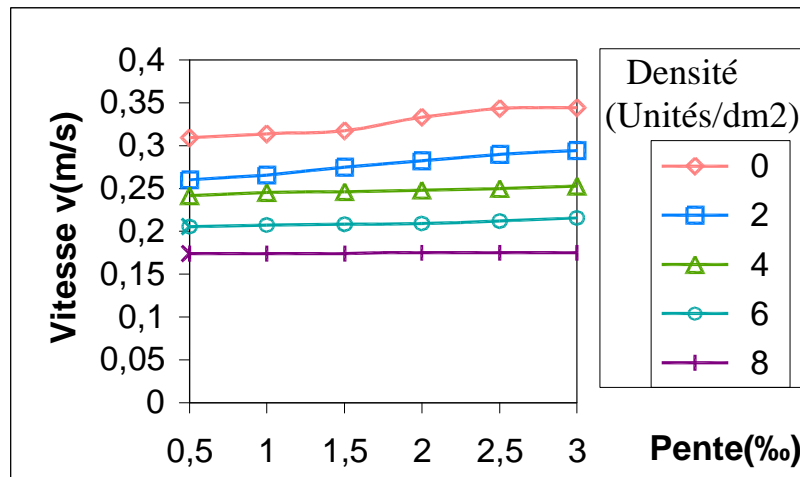


Figure (4.29) : Variation de la vitesse d'écoulement en fonction de la pente; $V=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 8 \text{ mm}$) et débit $Q= 2.54 \text{ (L/S)}$.

IV-2-4- Variation de la vitesse d'écoulement pour des essais à diamètre $\varnothing = 10 \text{ mm}$:

Tableau 4.8 : Variation de la vitesse d'écoulement $V \text{ (m/s)}$, pour des essais à diamètre $\varnothing = 10 \text{ mm}$ avec densité = 0 unités/dm².

Pente		0,5 ‰	1 ‰	1,5 ‰	2 ‰	2,5 ‰	3 ‰
Débit	1,11 (l/s)	0,2176	0,2198	0,2220	0,2242	0,2337	0,2349
	1,51 (l/s)	0,2486	0,2517	0,2570	0,2638	0,2733	0,2745
	1,98 (l/s)	0,2819	0,2849	0,2870	0,2977	0,3058	0,3082
	2,54 (l/s)	0,3107	0,3126	0,3146	0,3288	0,3387	0,3421

IV-2-4-1- Variation de la vitesse d'écoulement à débit $Q= 1.11 \text{ (l/s)}$:

La figure (4.30) montre bien que pour un débit de 1.11 (l/s) la vitesse d'écoulement d'eau croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-2-4-1-1- Densité = 2 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de $17.97 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ à $19.38 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,1786 (I)^{0,0457} \quad (R^2 = 0,9183); \quad (4-113)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-4-1-2- Densité = 4 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de 16.75x10⁻²m/s à 17.41x10⁻²m/s respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,1669 (I)^{0,021} \quad (R^2 = 0,9336); \quad (4-114)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-4-1-3- Densité = 6 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de 14.23x10⁻²m/s à 14.55x10⁻²m/s respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,1421 (I)^{0,0127} \quad (R^2 = 0,9643); \quad (4-115)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-4-1-4- Densité = 8 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de 11.38x10⁻²m/s à 11.65x10⁻²m/s respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,1137 (I)^{0,0119} \quad (R^2 = 0,9391). \quad (4-116)$$

Où R : coefficient de corrélation.

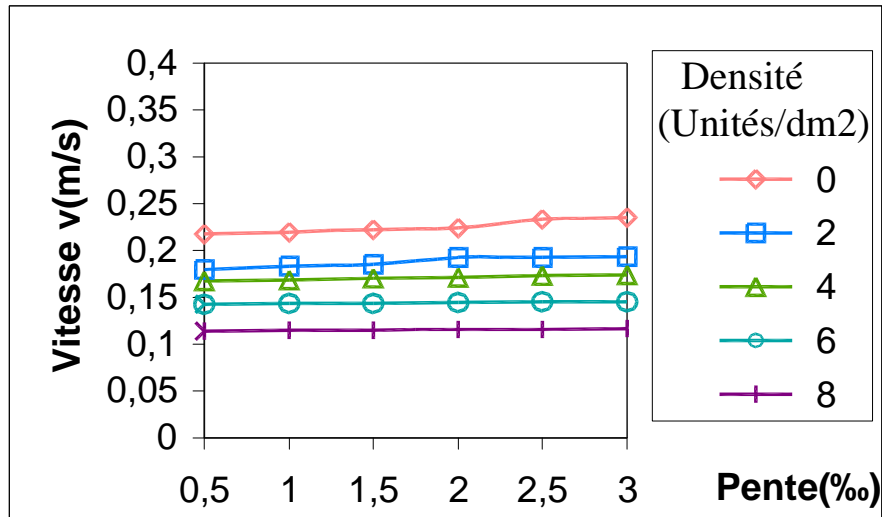


Figure (4.30) : Variation de la vitesse d'écoulement en fonction de la pente; $V=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 10$ mm) et débit $Q= 1.11$ (L/S).

IV-2-4-2- Variation de la vitesse d'écoulement à débit $Q= 1.51$ (l/s) :

La figure (4.31) montre que pour un débit de 1.51 (l/s) la vitesse d'écoulement d'eau croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-2-4-2-1- Densité = 2 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de 20.47×10^{-2} m/s à 22.12×10^{-2} m/s respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,2039 (I)^{0,048} \quad (R^2 = 0,9519); \quad (4-117)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-4-2-2- Densité = 4 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de 19.17×10^{-2} m/s à 20.13×10^{-2} m/s respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,19 (I)^{0,0237} \quad (R^2 = 0,6505); \quad (4-118)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-4-2-3- Densité = 6 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de $16.10 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ à $16.63 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,1606 (I)^{0,0185} \quad (R^2 = 0,9529); \quad (4-119)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-4-2-4- Densité = 8 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de $12.93 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ à $13.18 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,1291 (I)^{0,0103} \quad (R^2 = 0,9051). \quad (4-120)$$

Où R : coefficient de corrélation.

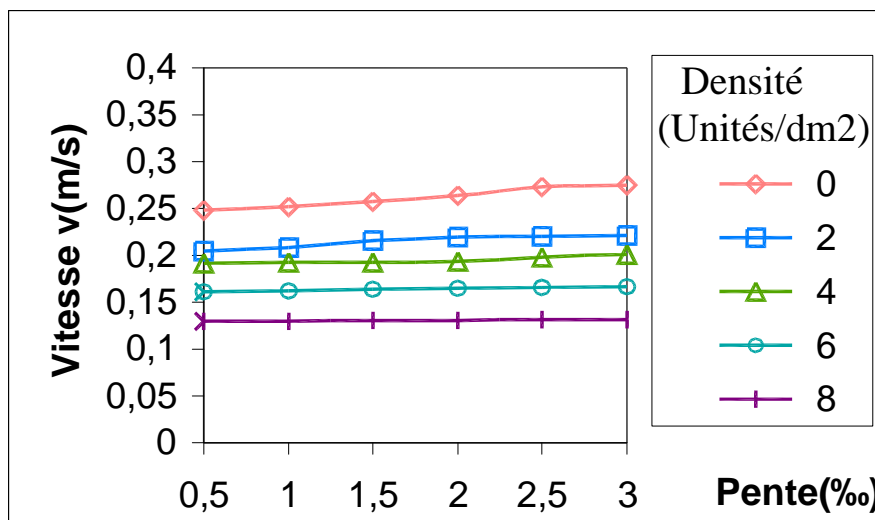


Figure (4.31) : Variation de la vitesse d'écoulement en fonction de la pente; V=f(I) pour des essais à diamètre (Ø = 10 mm) et débit Q= 1.51 (L/S).

IV-2-4-3- Variation de la vitesse d'écoulement à débit Q= 1.98 (l/s) :

La figure (4.32) montre que pour un débit de 1.98 (l/s) la vitesse d'écoulement d'eau croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-2-4-3-1- Densité = 2 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de 22.95x10⁻²m/s à 24.82x10⁻²m/s respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,2287 (I)^{0,0477} \quad (R^2 = 0,9298); \quad (4-121)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-4-3-2- Densité = 4 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de 21.40x10⁻²m/s à 22.24x10⁻²m/s respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,2132 (I)^{0,0203} \quad (R^2 = 0,8935); \quad (4-122)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-4-3-3- Densité = 6 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de 17.67x10⁻²m/s à 18.24x10⁻²m/s respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,1762 (I)^{0,0186} \quad (R^2 = 0,9473); \quad (4-123)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-4-3-4- Densité = 8 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de 14.27x10⁻²m/s à 14.40x10⁻²m/s respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,1426 (I)^{0,0049} \quad (R^2 = 0,9356). \quad (4-124)$$

Où R : coefficient de corrélation.

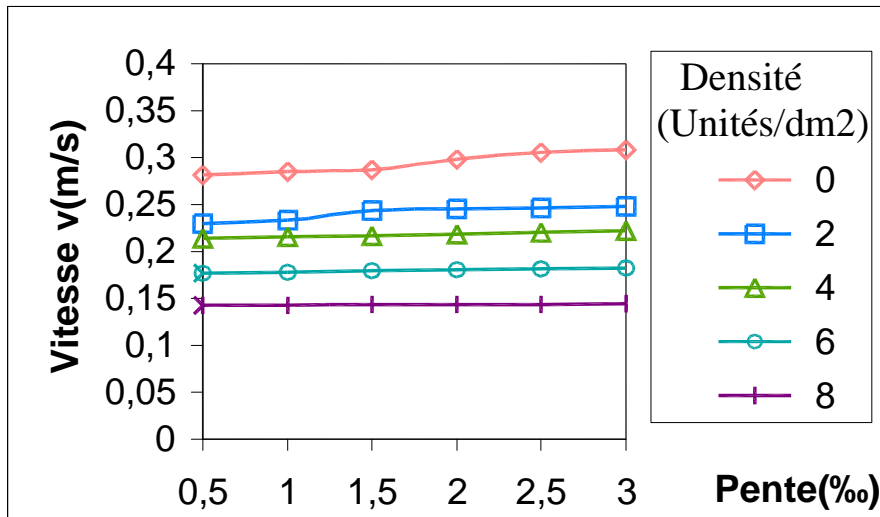


Figure (4.32) : Variation de la vitesse d'écoulement en fonction de la pente; $V=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 10$ mm) et débit $Q= 1.98$ (L/S).

IV-2-4-4- Variation de la vitesse d'écoulement à débit $Q= 2.54$ (l/s) :

La figure (4.33) montre que pour un débit de 2.54 (l/s) la vitesse d'écoulement d'eau croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-2-4-4-1- Densité = 2 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de 25.40×10^{-2} m/s à 27.53×10^{-2} m/s respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,2526 (I)^{0,0494} \quad (R^2 = 0,9289); \quad (4-125)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-4-4-2- Densité = 4 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de 23.35×10^{-2} m/s à 24.19×10^{-2} m/s respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,2334 (I)^{0,0207} \quad (R^2 = 0,9863); \quad (4-126)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-4-4-3- Densité = 6 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de $19.24 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ à $19.88 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,1919 (I)^{0,0186} \quad (R^2 = 0,9595); \quad (4-127)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-2-4-4-4- Densité = 8 Unités/dm²: La vitesse d'écoulement d'eau croît de $15.67 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ à $15.85 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ pour une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation de la vitesse (V) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$V \text{ (m/s)} = 0,1565 (I)^{0,0061} \quad (R^2 = 0,8765). \quad (4-128)$$

Où R : coefficient de corrélation.

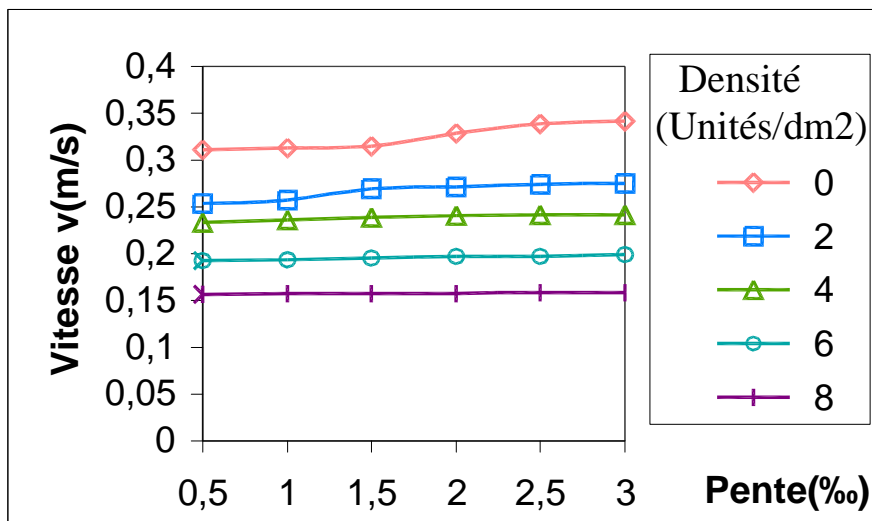


Figure (4.33) : Variation de la vitesse d'écoulement en fonction de la pente; $V=f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 10 \text{ mm}$) et débit $Q= 2.54 \text{ (L/S)}$.

IV-2-5- Conclusion sur les variations de vitesse d'écoulement d'eau en présence du roseau :

Les résultats obtenus nous permettent de constater que :

- 1- Pour une même série de mesures, (diamètre et densité de roseau constantes), on a globalement une augmentation sous forme de relation puissance de la vitesse d'écoulement d'eau en fonction de la pente du canal.
- 2- Plus la densité du roseau augmente, plus la vitesse d'écoulement d'eau diminue.
- 3- L'augmentation du débit d'écoulement fait augmenter la vitesse d'écoulement d'eau.
- 4- La vitesse d'écoulement d'eau diminue avec la croissance du diamètre du roseau.

IV-3- Variation du coefficient de Manning en présence du roseau:

IV-3-1- Variation du coefficient de Manning pour des essais à diamètre $\varnothing = 4 \text{ mm}$:

Tableau 4.9 : Variation du coefficient de Manning neq, pour des essais à diamètre $\varnothing = 4 \text{ mm}$ avec densités = 0unités/dm².

	Pente	0,5 ‰	1 ‰	1,5 ‰	2 ‰	2,5 ‰	3 ‰
Débit	1,11 (l/s)	0,0142	0,0195	0,0231	0,0255	0,0275	0,0294
	1,51 (l/s)	0,0130	0,0177	0,0209	0,0233	0,0251	0,0268
	1,98 (l/s)	0,0121	0,0167	0,0201	0,0219	0,0236	0,0252
	2,54 (l/s)	0,0116	0,0159	0,0194	0,0210	0,0226	0,0242

IV-3-1-1- Variation du coefficient de Manning à débit Q= 1.11 (l/s) :

La figure (4.34) montre bien que pour un débit de 1.11 (l/s) le coefficient de Manning croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-3-1-1-1- Densité = 2Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 1.66×10^{-2} à 3.35×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$\text{neq} = 0,017 (I)^{0,3942} \quad (R^2 = 0,9943) ; \quad (4-129)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-1-1-2- Densité = 4Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 1.76×10^{-2} à 3.78×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$\text{neq} = 0,0179 (I)^{0,4297} \quad (R^2 = 0,9967) ; \quad (4-130)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-1-1-3- Densité = 6Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 1.86×10^{-2} à 4.32×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau

de 6 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$neq = 0,0189 (I)^{0,4702} \quad (R^2 = 0,9991); \quad (4-131)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-1-1-4- Densité = 8Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 2.19x10⁻² à 4.96x10⁻² respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$neq = 0,0221 (I)^{0,456} \quad (R^2 = 0,9995). \quad (4-132)$$

Où R : coefficient de corrélation.

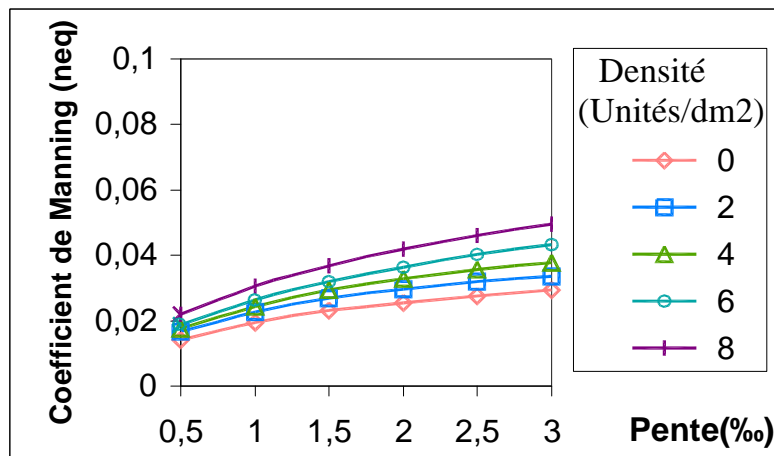


Figure (4.34) : Variation du coefficient de Manning en fonction de la pente; $neq = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 4$ mm) et débit $Q = 1.11$ (L/S).

IV-3-1-2- Variation du coefficient de Manning à débit $Q = 1.51$ (l/s) :

La figure (4.35) montre que pour un débit de 1.51 (l/s) le coefficient de Manning croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-3-1-2-1- Densité = 2Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 1.52x10⁻² à 3.12x10⁻² respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau

de 2 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$\text{neq} = 0,0156 (I)^{0,4056} \quad (R^2 = 0,9937); \quad (4-133)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-1-2-2- Densité = 4Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 1.61x10⁻² à 3.59x10⁻² respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$\text{neq} = 0,0163 (I)^{0,4502} \quad (R^2 = 0,9986); \quad (4-134)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-1-2-3- Densité = 6Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 1.76x10⁻² à 4.13x10⁻² respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$\text{neq} = 0,0176 (I)^{0,4747} \quad (R^2 = 1); \quad (4-135)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-1-2-4- Densité = 8Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 2.09x10⁻² à 4.73x10⁻² respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$\text{neq} = 0,0209 (I)^{0,4565} \quad (R^2 = 0,9999). \quad (4-136)$$

Où R : coefficient de corrélation.

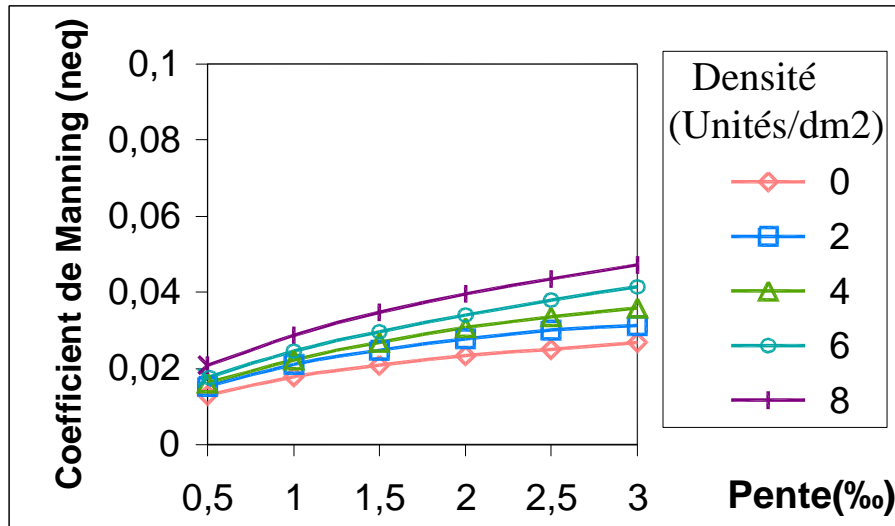


Figure (4.35) : Variation du coefficient de Manning en fonction de la pente; $neq = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 4 \text{ mm}$) et débit $Q= 1.51 \text{ (L/S)}$.

IV-3-1-3- Variation du coefficient de Manning à débit $Q= 1.98 \text{ (l/s)}$:

La figure (4.36) montre que pour un débit de 1.98 (l/s) le coefficient de Manning croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-3-1-3-1- Densité = 2Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 1.44×10^{-2} à 2.92×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm^2 . La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$neq = 0,0147 (I)^{0,4004} \quad (R^2 = 0,9949); \quad (4-137)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-1-3-2- Densité = 4Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 1.51×10^{-2} à 3.39×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm^2 . La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$neq = 0,0153 (I)^{0,4535} \quad (R^2 = 0,9975); \quad (4-138)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-1-3-3- Densité = 6Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 1.69×10^{-2} à 3.92×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$neq = 0,0171 (I)^{0,4737} \quad (R^2 = 0,9987); \quad (4-139)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-1-3-4- Densité = 8Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 2.03×10^{-2} à 4.48×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$neq = 0,0202 (I)^{0,4419} \quad (R^2 = 0,9998). \quad (4-140)$$

Où R : coefficient de corrélation.

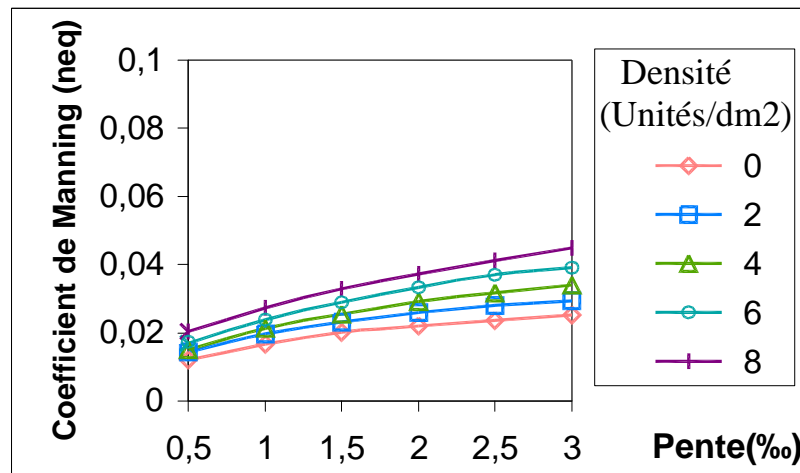


Figure (4.36) : Variation du coefficient de Manning en fonction de la pente; $neq = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 4$ mm) et débit $Q = 1.98$ (L/S).

IV-3-1-4- Variation du coefficient de Manning à débit $Q = 2.54$ (l/s) :

La figure (4.37) montre que pour un débit de 2.54 (l/s) le coefficient de Manning croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-3-1-4-1- Densité = 2Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 1.36×10^{-2} à 2.81×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$\text{neq} = 0,0139 (I)^{0,4075} \quad (R^2 = 0,9959) ; \quad (4-141)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-1-4-2- Densité = 4Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 1.45×10^{-2} à 3.20×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$\text{neq} = 0,0148 (I)^{0,4458} \quad (R^2 = 0,9971) ; \quad (4-142)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-1-4-3- Densité = 6Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 1.64×10^{-2} à 3.76×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$\text{neq} = 0,0166 (I)^{0,4712} \quad (R^2 = 0,9979); \quad (4-143)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-1-4-4- Densité = 8Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 1.93×10^{-2} à 4.29×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$\text{neq} = 0,0193 (I)^{0,4478} \quad (R^2 = 0,9997). \quad (4-144)$$

Où R : coefficient de corrélation.

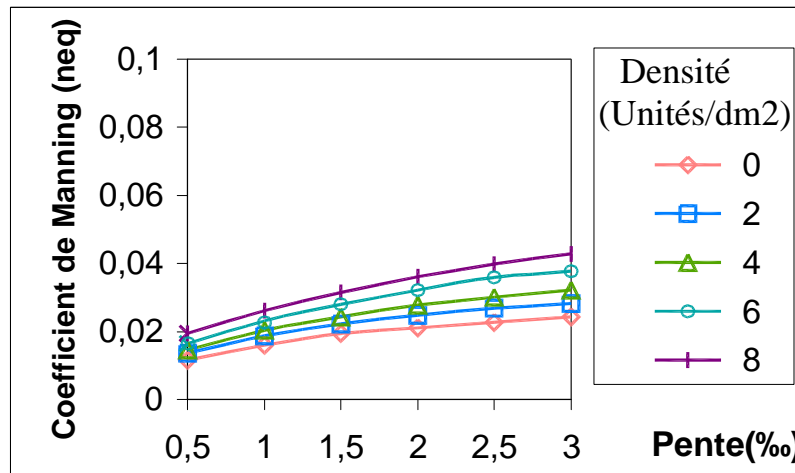


Figure (4.37) : Variation du coefficient de Manning en fonction de la pente; $neq = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 4 \text{ mm}$) et débit $Q= 2.54 \text{ (L/S)}$.

IV-3-2- Variation du coefficient de Manning pour des essais à diamètre $\varnothing = 6 \text{ mm}$:

Tableau 4.10 : Variation du coefficient de Manning neq , pour des essais à diamètre $\varnothing = 6 \text{ mm}$ avec densités = 0unités/dm².

Pente		0,5 ‰	1 ‰	1,5 ‰	2 ‰	2,5 ‰	3 ‰
Débit	1,11 (l/s)	0,0140	0,0198	0,0244	0,0265	0,0292	0,0364
	1,51 (l/s)	0,0132	0,0177	0,0212	0,0242	0,0262	0,0337
	1,98 (l/s)	0,0117	0,0172	0,0207	0,0224	0,0241	0,0291
	2,54 (l/s)	0,0106	0,0154	0,0189	0,0215	0,0229	0,0273

IV-3-2-1- Variation du coefficient de Manning à débit $Q= 1.11 \text{ (l/s)}$:

La figure (4.38) montre bien que pour un débit de 1.11 (l/s) le coefficient de Manning croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-3-2-1-1- Densité = 2Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 1.76×10^{-2} à 3.95×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$n_{eq} = 0,0175 (I)^{0,452} \quad (R^2 = 0,999) ; \quad (4-145)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-2-1-2- Densité = 4Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 1.95×10^{-2} à 4.45×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (n_{eq}) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$n_{eq} = 0,0198 (I)^{0,4582} \quad (R^2 = 0,9978) ; \quad (4-146)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-2-1-3- Densité = 6Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 2.18×10^{-2} à 5.14×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (n_{eq}) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$n_{eq} = 0,0219 (I)^{0,4764} \quad (R^2 = 0,9999); \quad (4-147)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-2-1-4- Densité = 8Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 2.74×10^{-2} à 6.63×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (n_{eq}) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$n_{eq} = 0,0274 (I)^{0,4928} \quad (R^2 = 1). \quad (4-148)$$

Où R : coefficient de corrélation.

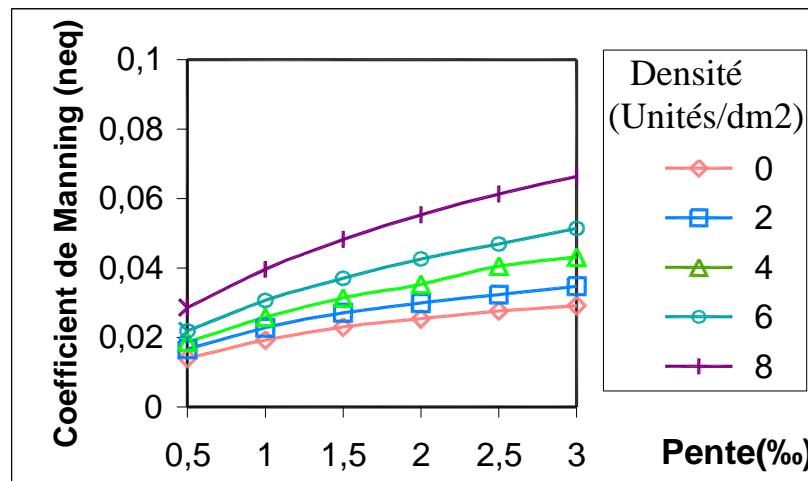


Figure (4.38) : Variation du coefficient de Manning en fonction de la pente; $neq = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 6 \text{ mm}$) et débit $Q = 1.11 \text{ (L/S)}$.

IV-3-2-2- Variation du coefficient de Manning à débit $Q = 1.51 \text{ (l/s)}$:

La figure (4.39) montre que pour un débit de 1.51 (l/s) le coefficient de Manning croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-3-2-2-1- Densité = 2Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 1.48×10^{-2} à 3.55×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$neq = 0,0151 (I)^{0,4829} \quad (R^2 = 0,9982) ; \quad (4-149)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-2-2-2- Densité = 4Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 1.84×10^{-2} à 4.23×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$neq = 0,0187 (I)^{0,4584} \quad (R^2 = 0,9984) ; \quad (4-150)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-2-2-3- Densité = 6Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 2.08×10^{-2} à 4.83×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$neq = 0,0209 (I)^{0,4693} \quad (R^2 = 0,9993); \quad (4-151)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-2-2-4- Densité = 8Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 2.61×10^{-2} à 6.31×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$neq = 0,0262 (I)^{0,4924} \quad (R^2 = 0,9999). \quad (4-152)$$

Où R : coefficient de corrélation.

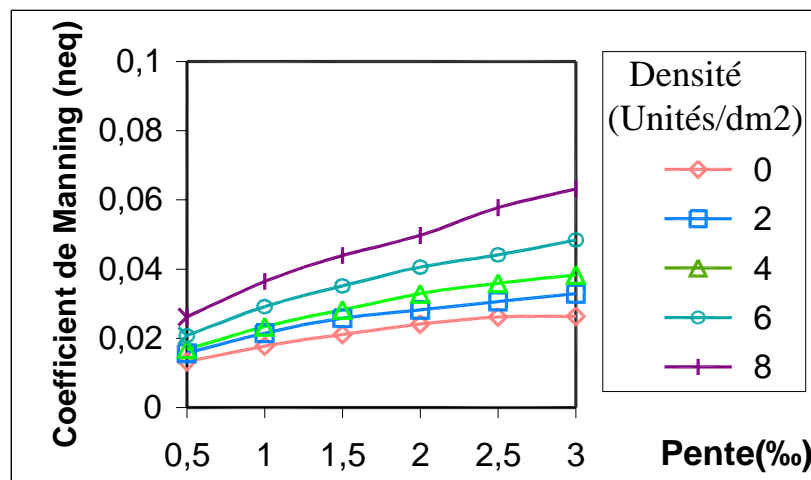


Figure (4.39) : Variation du coefficient de Manning en fonction de la pente; $neq = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 6$ mm) et débit $Q = 1.51$ (L/S).

IV-3-2-3- Variation du coefficient de Manning à débit $Q = 1.98$ (l/s) :

La figure (4.40) montre que pour un débit de 1.98 (l/s) le coefficient de Manning croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-3-2-3-1- Densité = 2Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 1.44×10^{-2} à 3.36×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$\text{neq} = 0,0143 (I)^{0,4764} \quad (R^2 = 0,999) ; \quad (4-153)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-2-3-2- Densité = 4Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 1.69×10^{-2} à 4×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$\text{neq} = 0,0172 (I)^{0,4769} \quad (R^2 = 0,9986) ; \quad (4-154)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-2-3-3- Densité = 6Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 2.02×10^{-2} à 4.81×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$\text{neq} = 0,0203 (I)^{0,4836} \quad (R^2 = 0,9997); \quad (4-155)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-2-3-4- Densité = 8Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 2.61×10^{-2} à 6.35×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$\text{neq} = 0,0262 (I)^{0,4952} \quad (R^2 = 1). \quad (4-156)$$

Où R : coefficient de corrélation.

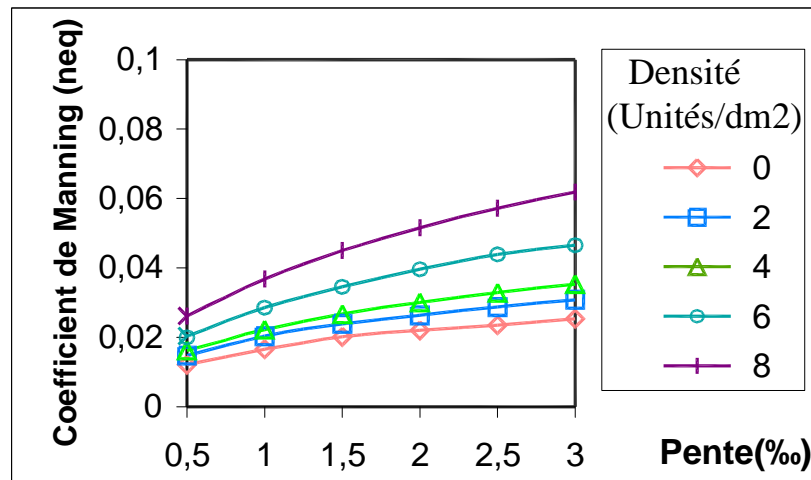


Figure (4.40) : Variation du coefficient de Manning en fonction de la pente; $neq = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 6 \text{ mm}$) et débit $Q = 1.98 \text{ (L/S)}$.

IV-3-2-4- Variation du coefficient de Manning à débit $Q = 2.54 \text{ (l/s)}$:

La figure (4.41) montre que pour un débit de 2.54 (l/s) le coefficient de Manning croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-3-2-4-1- Densité = 2Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 1.36×10^{-2} à 3.05×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$neq = 0,0137 (I)^{0,4489} \quad (R^2 = 0,9989) ; \quad (4-157)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-2-4-2- Densité = 4Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 1.64×10^{-2} à 3.75×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$neq = 0,0167 (I)^{0,4592} \quad (R^2 = 0,9989) ; \quad (4-158)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-2-4-3- Densité = 6Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 1.90×10^{-2} à 4.50×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$neq = 0,019 (I)^{0,4839} \quad (R^2 = 0,9999); \quad (4-159)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-2-4-4- Densité = 8Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 2.42×10^{-2} à 5.90×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$neq = 0,0243 (I)^{0,496} \quad (R^2 = 1). \quad (4-160)$$

Où R : coefficient de corrélation.

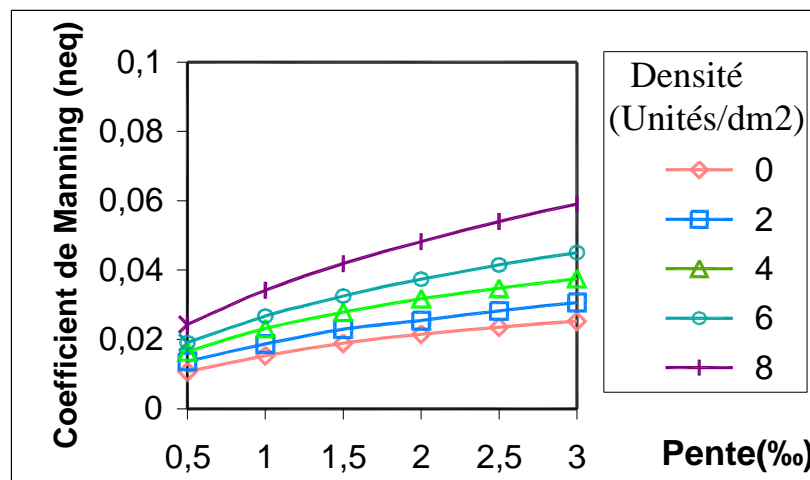


Figure (4.41) : Variation du coefficient de Manning en fonction de la pente; $neq = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 6$ mm) et débit $Q = 2.54$ (L/S).

IV-3-3- Variation du coefficient de Manning pour des essais à diamètre $\varnothing = 8\text{mm}$:

Tableau 4.11 : Variation du coefficient de Manning neq, pour des essais à diamètre $\varnothing = 8\text{ mm}$ avec densités = 0unités/dm².

	Pente	0,5 ‰	1 ‰	1,5 ‰	2 ‰	2,5 ‰	3 ‰
Débit	1,11 (l/s)	0,0137	0,0190	0,0229	0,0257	0,0279	0,0292
	1,51 (l/s)	0,0129	0,0177	0,0209	0,0234	0,0252	0,0268
	1,98 (l/s)	0,0123	0,0166	0,0202	0,0220	0,0234	0,0255
	2,54 (l/s)	0,0117	0,0162	0,0195	0,0210	0,0225	0,0246

IV-3-3-1- Variation du coefficient de Manning à débit Q= 1.11 (l/s) :

La figure (4.42) montre bien que pour un débit de 1.11 (l/s) le coefficient de Manning croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-3-3-1-1- Densité = 2Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 1.73×10^{-2} à 3.54×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$\text{neq} = 0,0177 (I)^{0,3888} \quad (R^2 = 0,9989) ; \quad (4-161)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-3-1-2- Densité = 4Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 1.86×10^{-2} à 4.45×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$\text{neq} = 0,0187 (I)^{0,4847} \quad (R^2 = 0,9999) ; \quad (4-162)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-3-1-3- Densité = 6Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 2.32×10^{-2} à 5.22×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$neq = 0,0235 (I)^{0,4518} \quad (R^2 = 0,9994); \quad (4-163)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-3-1-4- Densité = 8Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 2.91×10^{-2} à 6.99×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$neq = 0,0292 (I)^{0,4891} \quad (R^2 = 1). \quad (4-164)$$

Où R : coefficient de corrélation.

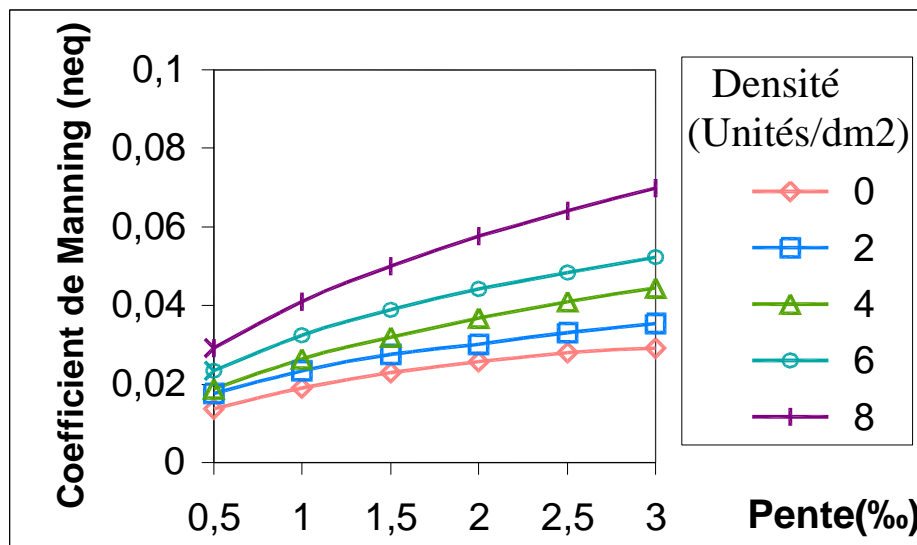


Figure (4.42) : Variation du coefficient de Manning en fonction de la pente; neq =f(I) pour des essais à diamètre (Ø = 8 mm) et débit Q= 1.11 (L/S).

IV-3-3-2- Variation du coefficient de Manning à débit Q= 1.51 (l/s) :

La figure (4.43) montre que pour un débit de 1.51 (l/s) le coefficient de Manning croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-3-3-2-1- Densité = 2Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 1.63×10^{-2} à 3.36×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$\text{neq} = 0,0166 (I)^{0,4} \quad (R^2 = 0,9979) ; \quad (4-165)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-3-2-2- Densité = 4Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 1.76×10^{-2} à 4.13×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$\text{neq} = 0,0178 (I)^{0,4762} \quad (R^2 = 0,9997) ; \quad (4-166)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-3-2-3- Densité = 6Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 2.18×10^{-2} à 4.97×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$\text{neq} = 0,0221 (I)^{0,4594} \quad (R^2 = 0,999) ; \quad (4-167)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-3-2-4- Densité = 8Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 2.75×10^{-2} à 6.59×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$\text{neq} = 0,0276 (I)^{0,4871} \quad (R^2 = 1). \quad (4-168)$$

Où R : coefficient de corrélation.

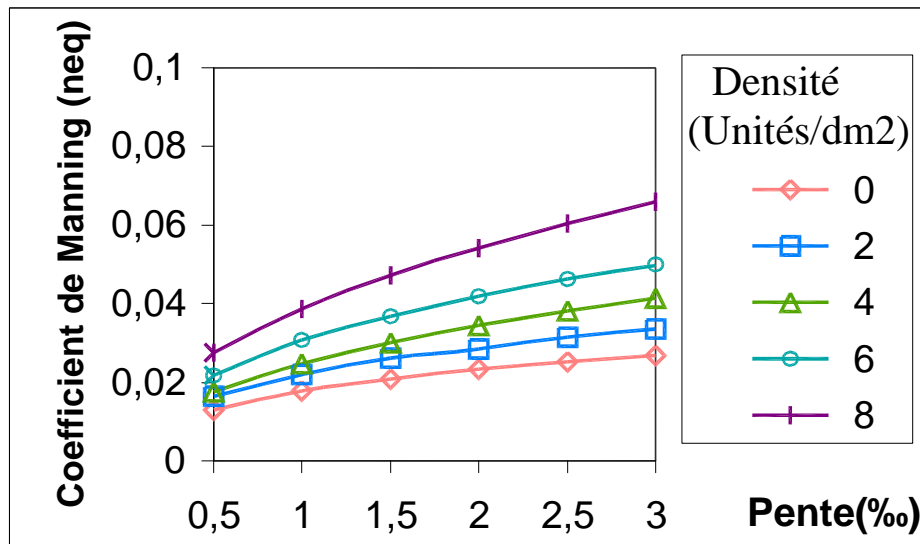


Figure (4.43) : Variation du coefficient de Manning en fonction de la pente; $neq = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 8 \text{ mm}$) et débit $Q = 1.51 \text{ (L/S)}$.

IV-3-3-3- Variation du coefficient de Manning à débit $Q = 1.98 \text{ (l/s)}$:

La figure (4.44) montre que pour un débit de 1.98 (l/s) le coefficient de Manning croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-3-3-3-1- Densité = 2 Unités/dm^2 : Le coefficient de Manning croît de 1.55×10^{-2} à 3.21×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm^2 . La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$neq = 0,0158 (I)^{0,4022} \quad (R^2 = 0,9969) ; \quad (4-169)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-3-3-2- Densité = 4 Unités/dm^2 : Le coefficient de Manning croît de 1.69×10^{-2} à 3.92×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm^2 . La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$neq = 0,017 (I)^{0,4686} \quad (R^2 = 0,9999) ; \quad (4-170)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-3-3- Densité = 6Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 2.13×10^{-2} à 4.81×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$neq = 0,0216 (I)^{0,4579} \quad (R^2 = 0,9985); \quad (4-171)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-3-3-4- Densité = 8Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 2.66×10^{-2} à 6.44×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$neq = 0,0267 (I)^{0,4925} \quad (R^2 = 1). \quad (4-172)$$

Où R : coefficient de corrélation.

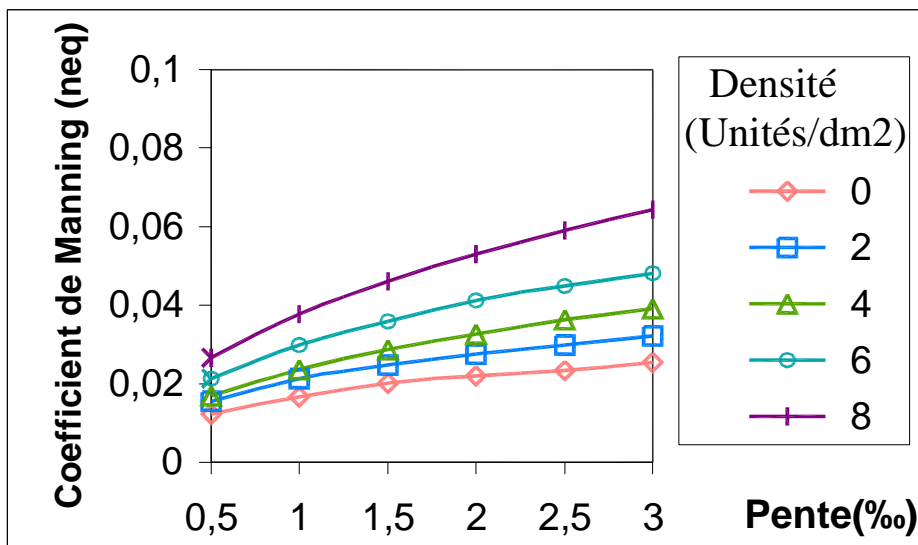


Figure (4.44) : Variation du coefficient de Manning en fonction de la pente; neq =f(I) pour des essais à diamètre (Ø = 8 mm) et débit Q= 1.98 (L/S).

IV-3-3-4- Variation du coefficient de Manning à débit Q= 2.54 (l/s) :

La figure (4.45) montre que pour un débit de 2.54 (l/s) le coefficient de Manning croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-3-3-4-1- Densité = 2Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 1.47×10^{-2} à 3.05×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$\text{neq} = 0,0151 (I)^{0,4026} \quad (R^2 = 0,9964) ; \quad (4-173)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-3-4-2- Densité = 4Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 1.63×10^{-2} à 3.77×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$\text{neq} = 0,0164 (I)^{0,47} \quad (R^2 = 0,9997) ; \quad (4-174)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-3-4-3- Densité = 6Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 2.05×10^{-2} à 4.69×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$\text{neq} = 0,0207 (I)^{0,468} \quad (R^2 = 0,9988); \quad (4-175)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-3-4-4- Densité = 8Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 2.57×10^{-2} à 6.22×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$\text{neq} = 0,0257 (I)^{0,4937} \quad (R^2 = 1). \quad (4-176)$$

Où R : coefficient de corrélation.

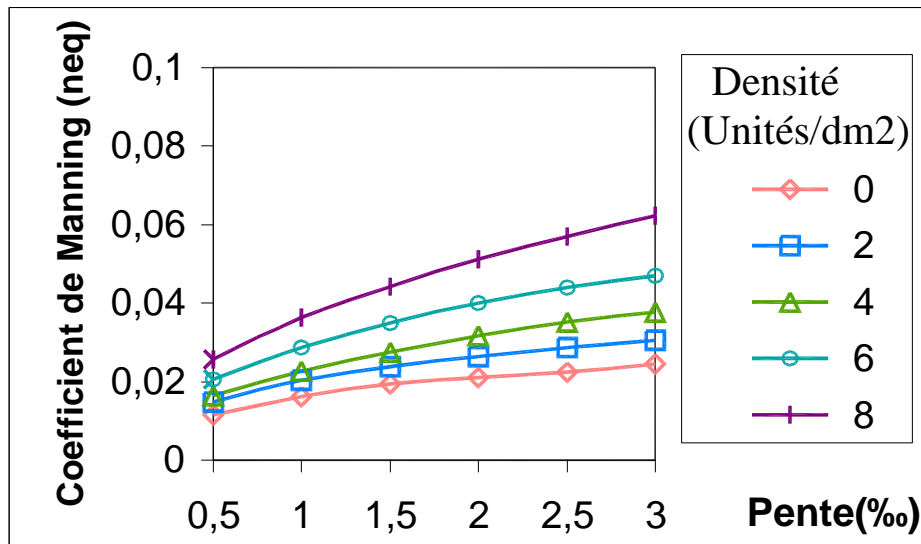


Figure (4.45) : Variation du coefficient de Manning en fonction de la pente; $neq = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 8 \text{ mm}$) et débit $Q = 2.54 \text{ (L/S)}$.

IV-3-4- Variation du coefficient de Manning pour des essais à diamètre $\varnothing = 10 \text{ mm}$:

Tableau 4.12 : Variation du coefficient de Manning neq , pour des essais à diamètre $\varnothing = 10 \text{ mm}$ avec densités = 0 unités/dm².

Pente		0,5 ‰	1 ‰	1,5 ‰	2 ‰	2,5 ‰	3 ‰
Débit	1,11 (l/s)	0,0136	0,0190	0,0229	0,0261	0,0275	0,0299
	1,51 (l/s)	0,0128	0,0178	0,0212	0,0236	0,0251	0,0273
	1,98 (l/s)	0,0120	0,0167	0,0203	0,0222	0,0239	0,0259
	2,54 (l/s)	0,0116	0,0162	0,0197	0,0214	0,0230	0,0248

IV-3-4-1- Variation du coefficient de Manning à débit $Q = 1.11 \text{ (l/s)}$:

La figure (4.46) montre bien que pour un débit de 1.11 (l/s) le coefficient de Manning croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-3-4-1-1- Densité = 2 Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 1.78×10^{-2} à 3.93×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau

de 2 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$\text{neq} = 0,018 (I)^{0,4351} \quad (R^2 = 0,998) ; \quad (4-177)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-4-1-2- Densité = 4Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 1.97x10⁻² à 4.57x10⁻² respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$\text{neq} = 0,0198 (I)^{0,4703} \quad (R^2 = 0,9997) ; \quad (4-178)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-4-1-3- Densité = 6Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 2.48x10⁻² à 5.89x10⁻² respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$\text{neq} = 0,0249 (I)^{0,4822} \quad (R^2 = 0,9999); \quad (4-179)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-4-1-4- Densité = 8Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 3.38x10⁻² à 8.03x10⁻² respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$\text{neq} = 0,0339 (I)^{0,4835} \quad (R^2 = 0,9999). \quad (4-180)$$

Où R : coefficient de corrélation.

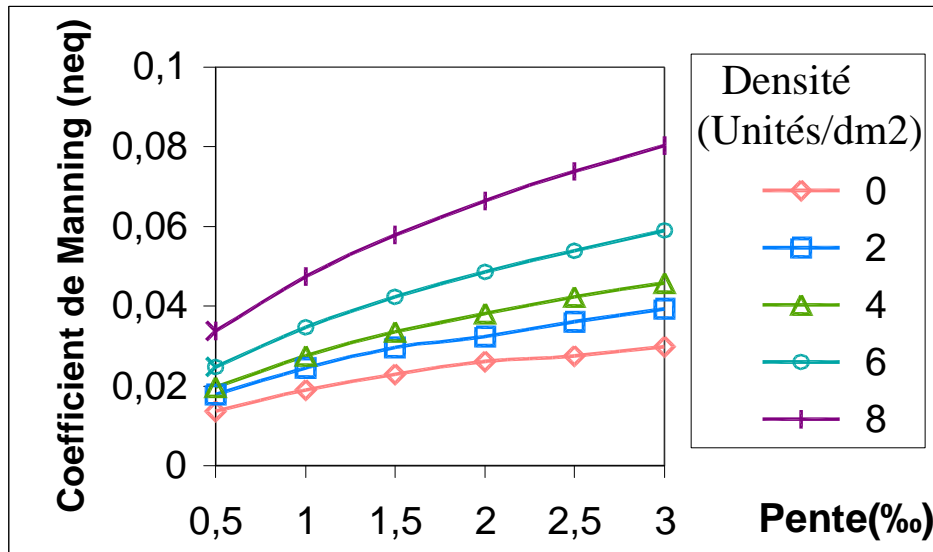


Figure (4.46) : Variation du coefficient de Manning en fonction de la pente; $neq = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 10$ mm) et débit $Q = 1.11$ (L/S).

IV-3-4-2- Variation du coefficient de Manning à débit $Q = 1.51$ (l/s) :

La figure (4.47) montre que pour un débit de 1.51 (l/s) le coefficient de Manning croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-3-4-2-1- Densité = 2Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 1.68×10^{-2} à 3.70×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$neq = 0,017 (I)^{0,4325} \quad (R^2 = 0,9988) ; \quad (4-181)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-4-2-2- Densité = 4Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 1.84×10^{-2} à 4.23×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$neq = 0,0187 (I)^{0,4668} \quad (R^2 = 0,9973) ; \quad (4-182)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-4-2-3- Densité = 6Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 2.35×10^{-2} à 5.52×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$neq = 0,0237 (I)^{0,4744} \quad (R^2 = 0,9999); \quad (4-183)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-4-2-4- Densité = 8Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 3.18×10^{-2} à 7.60×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$neq = 0,032 (I)^{0,4859} \quad (R^2 = 0,9999). \quad (4-184)$$

Où R : coefficient de corrélation.

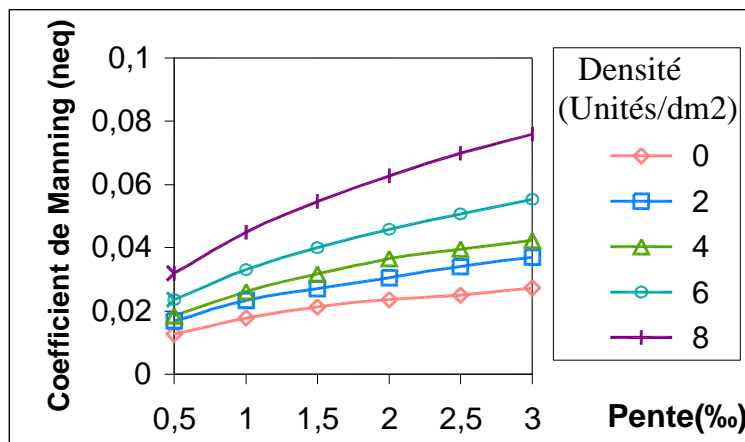


Figure (4.47) : Variation du coefficient de Manning en fonction de la pente; $neq =f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 10$ mm) et débit $Q= 1.51$ (L/S).

IV-3-4-3- Variation du coefficient de Manning à débit Q= 1.98 (l/s) :

La figure (4.48) montre que pour un débit de 1.98 (l/s) le coefficient de Manning croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-3-4-3-1- Densité = 2Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 1.60×10^{-2} à 3.51×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$\text{neq} = 0,0161 (I)^{0,4334} \quad (R^2 = 0,9982); \quad (4-185)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-4-3-2- Densité = 4Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 1.76×10^{-2} à 4.09×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$\text{neq} = 0,0177 (I)^{0,4718} \quad (R^2 = 0,9996); \quad (4-186)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-4-3-3- Densité = 6Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 2.29×10^{-2} à 5.38×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$\text{neq} = 0,0231 (I)^{0,4746} \quad (R^2 = 0,9998); \quad (4-187)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-4-3-4- Densité = 8Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 3.07×10^{-2} à 7.43×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$\text{neq} = 0,0308 (I)^{0,4933} \quad (R^2 = 1). \quad (4-188)$$

Où R : coefficient de corrélation.

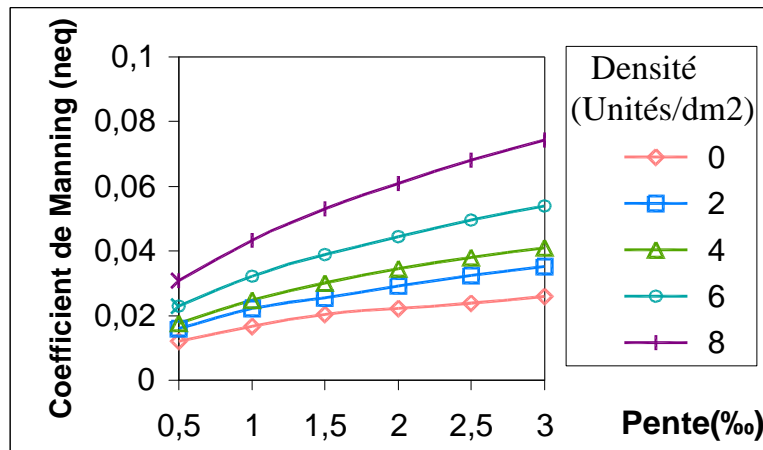


Figure (4.48) : Variation du coefficient de Manning en fonction de la pente; $neq = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 10$ mm) et débit $Q = 1.98$ (L/S).

IV-3-4-4- Variation du coefficient de Manning à débit $Q = 2.54$ (l/s) :

La figure (4.49) montre que pour un débit de 2.54 (l/s) le coefficient de Manning croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-3-4-4-1- Densité = 2Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 1.53×10^{-2} à 3.35×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$neq = 0,0154 (I)^{0,4317} \quad (R^2 = 0,9981); \quad (4-189)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-4-4-2- Densité = 4Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 1.71×10^{-2} à 4.01×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$neq = 0,0172 (I)^{0,4716} \quad (R^2 = 0,9999); \quad (4-190)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-4-4-3- Densité = 6Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 2.23×10^{-2} à 5.24×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$neq = 0,0225 (I)^{0,4748} \quad (R^2 = 0,9999); \quad (4-191)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-3-4-4-4- Densité = 8Unités/dm²: Le coefficient de Manning croît de 2.94×10^{-2} à 7.11×10^{-2} respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre coefficient de Manning (neq) et la pente (I) est donnée par la relation :

$$neq = 0,0295 (I)^{0,4918} \quad (R^2 = 1). \quad (4-192)$$

Où R : coefficient de corrélation.

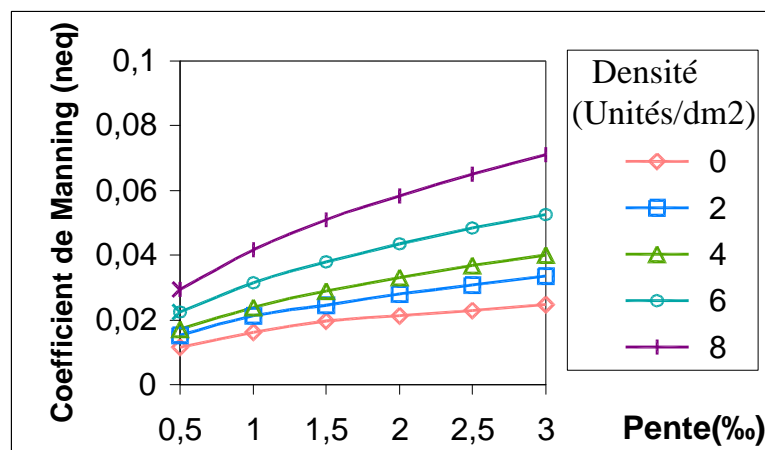


Figure (4.49) : Variation du coefficient de Manning en fonction de la pente; $neq = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 10$ mm) et débit $Q = 2.54$ (L/S).

IV-3-5- Conclusion sur les variations du coefficient de Manning en présence du roseau:

Les résultats obtenus nous permettent de constater que :

- 1- Pour une même série de mesures, (diamètre et densité de roseau constantes), on a globalement une augmentation sous forme de relation puissance du coefficient de Manning en fonction de la pente du canal.
- 2- Plus la densité du roseau augmente, plus le coefficient de Manning augmente.
- 3- L'augmentation du débit d'écoulement fait diminuer le coefficient de Manning.
- 4- Le coefficient de Manning augmente avec la croissance du diamètre du roseau.

IV-4- Variation du nombre de Reynolds en présence du roseau :

IV-4-1- Variation du nombre de Reynolds pour des essais à diamètre $\varnothing = 4 \text{ mm}$:

Tableau 4.13 : Variation du nombre de Reynolds Re , pour des essais à diamètre $\varnothing = 4 \text{ mm}$ avec densités = 0unités/dm².

	Pente	0,5 ‰	1 ‰	1,5 ‰	2 ‰	2,5 ‰	3 ‰
Débit	1,11 (l/s)	15205	15247	15300	15363	15417	15449
	1,51 (l/s)	20201	20282	20364	20447	20530	20586
	1,98 (l/s)	25832	25933	25984	26173	26295	26365
	2,54 (l/s)	32193	32357	32377	32669	32838	32944

IV-4-1-1- Variation du nombre de Reynolds à débit $Q= 1.11 \text{ (l/s)}$:

La figure (4.50) montre bien que pour un débit de 1.11 (l/s) le nombre de Reynolds croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal :

IV-4-1-1-1- Densité = 2Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 14949 à 15257 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 14919 (I)^{0,0111} \quad (R^2 = 0,9349) ; \quad (4-193)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-1-1-2- Densité = 4Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 14849 à 15071 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 14827 (I)^{0,0078} \quad (R^2 = 0,8968) ; \quad (4-194)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-1-1-3- Densité = 6Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 14750 à 14849 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 14735 (I)^{0,0035} \quad (R^2 = 0,8173); \quad (4-195)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-1-1-4- Densité = 2Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 14453 à 14605 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 14442 (I)^{0,0057} \quad (R^2 = 0,957). \quad (4-196)$$

Où R : coefficient de corrélation.

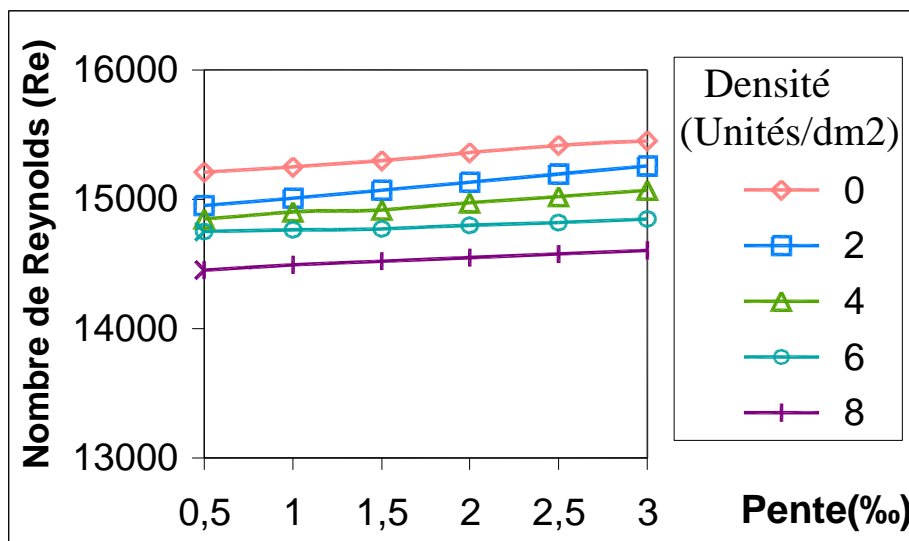


Figure (4.50) : Variation du nombre de Reynolds en fonction de la pente; $Re =f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 4$ mm) et débit $Q= 1.11$ (L/S).

IV-4-1-2- Variation du nombre de Reynolds à débit $Q= 1.51$ (l/s) :

La figure (4.51) montre que pour un débit de 1.51 (l/s) le nombre de Reynolds croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal :

IV-4-1-2-1- Densité = 2Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 19803 à 20241 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 19757 (I)^{0,0115} \quad (R^2 = 0,9056) ; \quad (4-197)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-1-2-2- Densité = 4Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 19661 à 19907 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 19643 (I)^{0,0064} \quad (R^2 = 0,9021) ; \quad (4-198)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-1-2-3- Densité = 6Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 19421 à 19546 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 19428 (I)^{0,0035} \quad (R^2 = 0,9823); \quad (4-199)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-1-2-4- Densité = 8Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 18946 à 19174 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 18943 (I)^{0,0066} \quad (R^2 = 0,9911). \quad (4-200)$$

Où R : coefficient de corrélation.

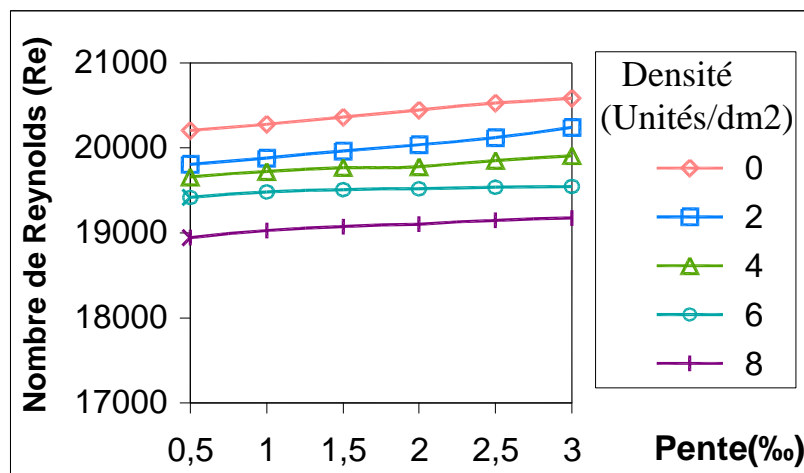


Figure (4.51) : Variation du nombre de Reynolds en fonction de la pente; $Re = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 4$ mm) et débit $Q = 1.51$ (L/S).

IV-4-1-3- Variation du nombre de Reynolds à débit $Q= 1.98$ (l/s) :

La figure (4.52) montre que pour un débit de 1.98 (l/s) le nombre de Reynolds croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal :

IV-4-1-3-1- Densité = 2Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 25222 à 25882 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 25161 (I)^{0,0138} \quad (R^2 = 0,932) ; \quad (4-201)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-1-3-2- Densité = 4Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 25047 à 25368 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 24568 (I)^{0,0042} \quad (R^2 = 0,7115) ; \quad (4-202)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-1-3-3- Densité = 6Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 24596 à 24827 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 24993 (I)^{0,0068} \quad (R^2 = 0,8138); \quad (4-203)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-1-3-4- Densité = 8Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 23855 à 24294 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 23876 (I)^{0,0101} \quad (R^2 = 0,9873). \quad (4-204)$$

Où R : coefficient de corrélation.

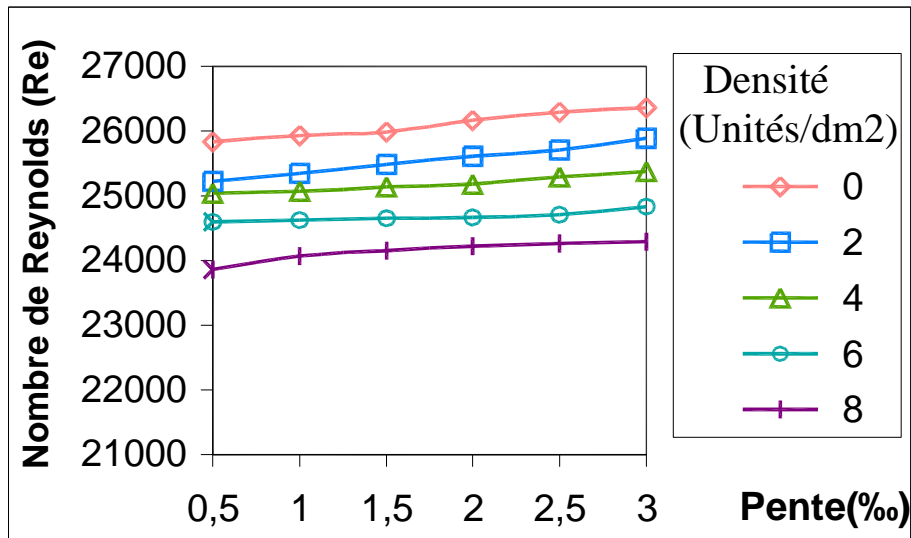


Figure (4.52) : Variation du nombre de Reynolds en fonction de la pente; $Re = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 4 \text{ mm}$) et débit $Q = 1.98 \text{ (L/S)}$.

IV-4-1-4- Variation du nombre de Reynolds à débit $Q = 2.54 \text{ (l/s)}$:

La figure (4.53) montre que pour un débit de 2.54 (l/s) le nombre de Reynolds croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal :

IV-4-1-4-1- Densité = 2Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 31396 à 32253 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 31317 (I)^{0,0145} \quad (R^2 = 0,9344) ; \quad (4-205)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-1-4-2- Densité = 4Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 31070 à 31611 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 30994 (I)^{0,009} \quad (R^2 = 0,8407) ; \quad (4-206)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-1-4-3- Densité = 6Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 30400 à 30769 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 30350 (I)^{0,0052} \quad (R^2 = 0,6439); \quad (4-207)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-1-4-4- Densité = 8Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 29449 à 30041 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 29477 (I)^{0,0102} \quad (R^2 = 0,974). \quad (4-208)$$

Où R : coefficient de corrélation.

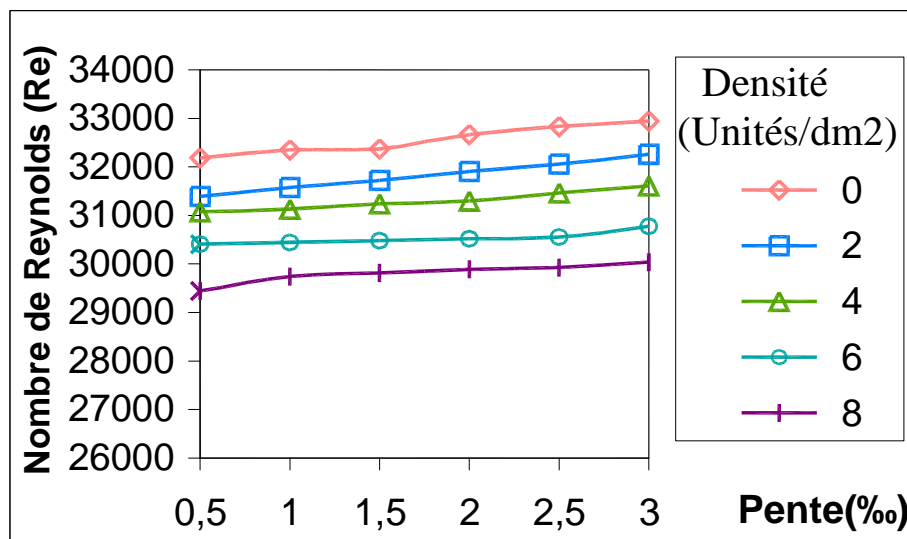


Figure (4.53) : Variation du nombre de Reynolds en fonction de la pente; $Re = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 4$ mm) et débit $Q = 2.54$ (L/S).

IV-4-2- Variation du nombre de Reynolds pour des essais à diamètre $\varnothing = 6 \text{ mm}$:

Tableau 4.14 : Variation du nombre de Reynolds Re , pour des essais à diamètre $\varnothing = 6 \text{ mm}$ avec densité = 0 unités/dm².

	Pente	0,5 ‰	1 ‰	1,5 ‰	2 ‰	2,5 ‰	3 ‰
Débit	1,11 (l/s)	15226	15226	15216	15310	15331	15133
	1,51 (l/s)	20160	20282	20337	20364	20433	20066
	1,98 (l/s)	25967	25832	25882	26104	26225	25899
	2,54 (l/s)	32627	32502	32502	32564	32795	32398

IV-4-2-1- Variation du nombre de Reynolds à débit $Q= 1.11 \text{ (l/s)}$:

La figure (4.54) montre bien que pour un débit de 1.11 (l/s) le nombre de Reynolds croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal :

IV-4-2-1-1- Densité = 2Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 14849 à 15000 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 14865 (I)^{0,0054} \quad (R^2 = 0,9191) ; \quad (4-209)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-2-1-2- Densité = 4Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 14672 à 14800 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 14652 (I)^{0,005} \quad (R^2 = 0,7936) ; \quad (4-210)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-2-1-3- Densité = 6Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 14462 à 14538 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 14458 (I)^{0,0031} \quad (R^2 = 0,9443); \quad (4-211)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-2-1-4- Densité = 8Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 14006 à 14032 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 14006 (I)^{0,0011} \quad (R^2 = 0,9648). \quad (4-212)$$

Où R : coefficient de corrélation.

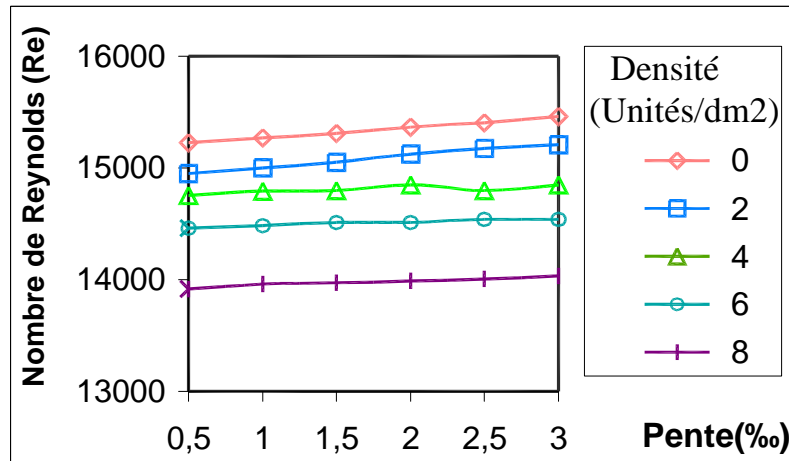


Figure (4.54) : Variation du nombre de Reynolds en fonction de la pente; $Re = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 6$ mm) et débit $Q = 1.11$ (L/S).

IV-4-2-2- Variation du nombre de Reynolds à débit $Q = 1.51$ (l/s) :

La figure (4.55) montre que pour un débit de 1.51 (l/s) le nombre de Reynolds croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal :

IV-4-2-2-1- Densité = 2Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 19881 à 19933 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 19841 (I)^{0,0021} \quad (R^2 = 0,404) ; \quad (4-213)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-2-2-2- Densité = 4Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 19297 à 19483 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 19264 (I)^{0,0059} \quad (R^2 = 0,8415) ; \quad (4-214)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-2-2-3- Densité = 6Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 18957 à 19113 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 18943 (I)^{0,0047} \quad (R^2 = 0,8652); \quad (4-215)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-2-2-4- Densité = 8Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 18258 à 18303 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 18250 (I)^{0,0014} \quad (R^2 = 0,8204). \quad (4-216)$$

Où R : coefficient de corrélation.

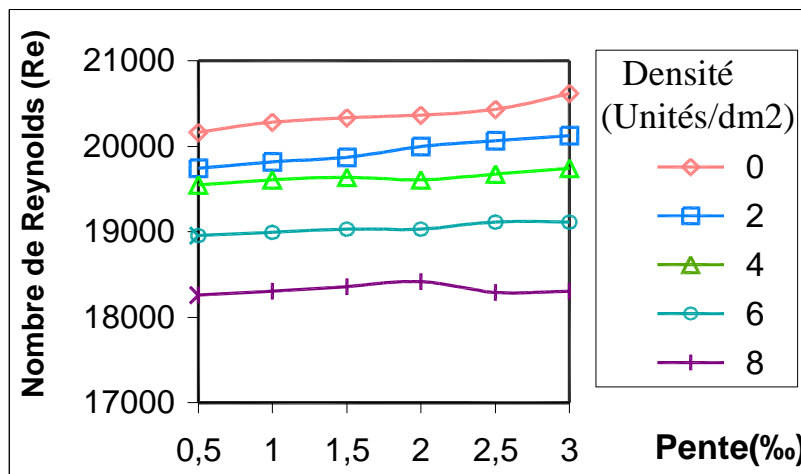


Figure (4.55) : Variation du nombre de Reynolds en fonction de la pente; $Re = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 6$ mm) et débit $Q= 1.51$ (L/S).

IV-4-2-3- Variation du nombre de Reynolds à débit $Q= 1.98$ (l/s) :

La figure (4.56) montre que pour un débit de 1.98 (l/s) le nombre de Reynolds croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal :

IV-4-2-3-1- Densité = 2Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 25222 à 25400 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 25266 (I)^{0,0034} \quad (R^2 = 0,7079) ; \quad (4-217)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-2-3-2- Densité = 4Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 24596 à 24750 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 24556 (I)^{0,0037} \quad (R^2 = 0,632) ; \quad (4-218)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-2-3-3- Densité = 6Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 23884 à 24000 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 23861 (I)^{0,0029} \quad (R^2 = 0,7742); \quad (4-219)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-2-3-4- Densité = 8Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 22719 à 22758 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 22716 (I)^{0,001} \quad (R^2 = 0,898). \quad (4-220)$$

Où R : coefficient de corrélation.

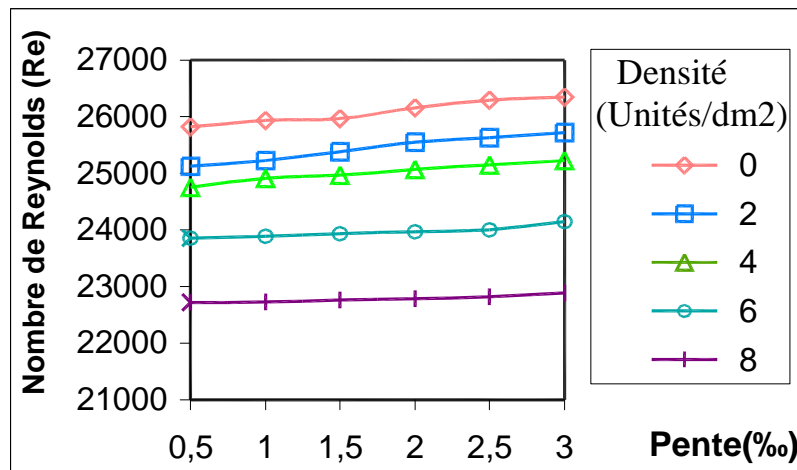


Figure (4.56) : Variation du nombre de Reynolds en fonction de la pente; $Re = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 6 \text{ mm}$) et débit $Q = 1.98 \text{ (L/S)}$.

IV-4-2-4- Variation du nombre de Reynolds à débit $Q = 2.54 \text{ (l/s)}$:

La figure (4.57) montre que pour un débit de 2.54 (l/s) le nombre de Reynolds croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal :

IV-4-2-4-1- Densité = 2Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 31396 à 31849 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 31370 (I)^{0,0082} \quad (R^2 = 0,9232) ; \quad (4-221)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-2-4-2- Densité = 4Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 30382 à 30787 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 30327 (I)^{0,0073} \quad (R^2 = 0,8853) ; \quad (4-222)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-2-4-3- Densité = 6Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 29569 à 29759 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 29558 (I)^{0,0032} \quad (R^2 = 0,8937); \quad (4-223)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-2-4-4- Densité = 8Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 28050 à 28097 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 28056 (I)^{0,0009} \quad (R^2 = 0,9081). \quad (4-224)$$

Où R : coefficient de corrélation.

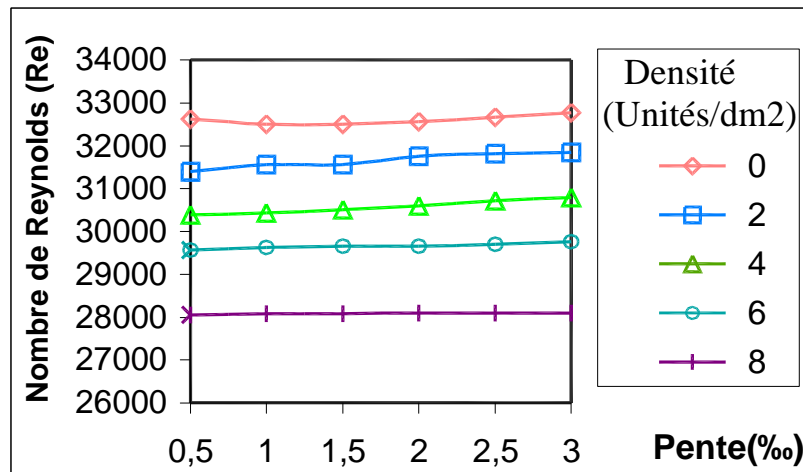


Figure (4.57) : Variation du nombre de Reynolds en fonction de la pente; $Re = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 6$ mm) et débit $Q = 2.54$ (L/S).

IV-4-3- Variation du nombre de Reynolds pour des essais à diamètre $\varnothing = 8 \text{ mm}$:

Tableau 4.15 : Variation du nombre de Reynolds Re , pour des essais à diamètre $\varnothing = 8 \text{ mm}$ avec densités = 0unités/dm².

	Pente	0,5 ‰	1 ‰	1,5 ‰	2 ‰	2,5 ‰	3 ‰
Débit	1,11 (l/s)	15258	15289	15310	15353	15395	15460
	1,51 (l/s)	20214	20282	20364	20433	20516	20586
	1,98 (l/s)	25798	25950	25967	26156	26312	26330
	2,54 (l/s)	32172	32274	32357	32669	32859	32880

IV-4-3-1- Variation du nombre de Reynolds à débit $Q= 1.11 \text{ (l/s)}$:

La figure (4.58) montre bien que pour un débit de 1.11 (l/s) le nombre de Reynolds croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal :

IV-4-3-1-1- Densité = 2Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 14859 à 15174 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 14848 (I)^{0,0121} \quad (R^2 = 0,9895); \quad (4-225)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-3-1-2- Densité = 4Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 14750 à 14800 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 14746 (I)^{0,0018} \quad (R^2 = 0,936); \quad (4-226)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-3-1-3- Densité = 6Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 14341 à 14509 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 14327 (I)^{0,0064} \quad (R^2 = 0,9513); \quad (4-227)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-3-1-4- Densité = 8Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 13875 à 13918 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 13871 (I)^{0,0017} \quad (R^2 = 0,936). \quad (4-228)$$

Où R : coefficient de corrélation.

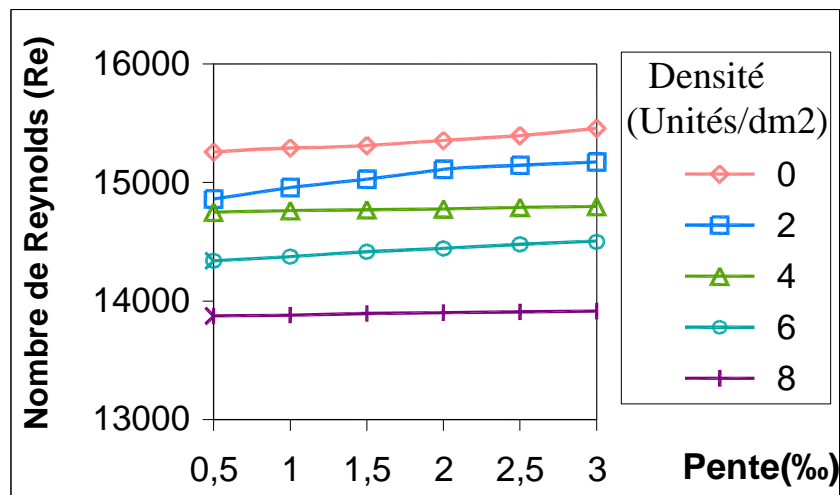


Figure (4.58) : Variation du nombre de Reynolds en fonction de la pente; $Re = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 8 \text{ mm}$) et débit $Q = 1.11 \text{ (L/S)}$.

IV-4-3-2- Variation du nombre de Reynolds à débit $Q = 1.51 \text{ (l/s)}$:

La figure (4.59) montre que pour un débit de 1.51 (l/s) le nombre de Reynolds croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal :

IV-4-3-2-1- Densité = 2Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 19623 à 20066 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 19599 (I)^{0,0127} \quad (R^2 = 0,9718) ; \quad (4-229)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-3-2-2- Densité = 6Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 19421 à 19546 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 19410 (I)^{0,0033} \quad (R^2 = 0,9003) ; \quad (4-230)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-3-2-3- Densité = 6Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 18816 à 19029 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 18784 (I)^{0,0063} \quad (R^2 = 0,8857); \quad (4-231)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-3-2-4- Densité = 8Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 18083 à 18159 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 18081 (I)^{0,0023} \quad (R^2 = 0,9894). \quad (4-232)$$

Où R : coefficient de corrélation.

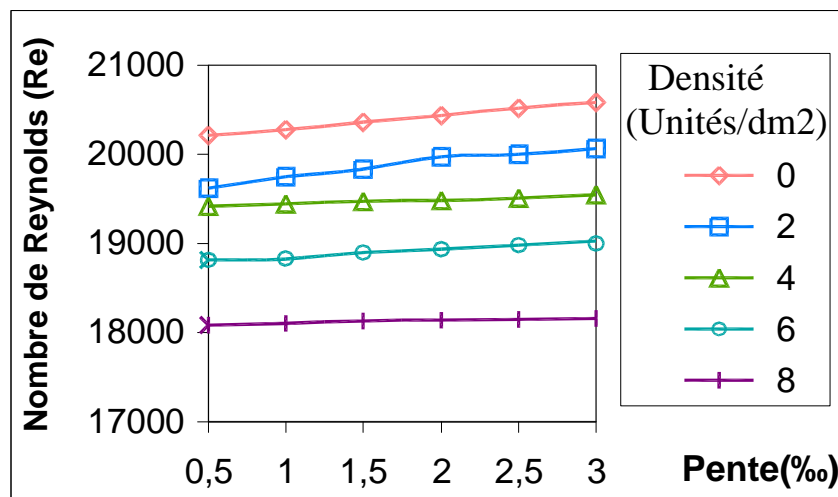


Figure (4.59) : Variation du nombre de Reynolds en fonction de la pente; $Re = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 8$ mm) et débit $Q = 1.51$ (L/S).

IV-4-3-3- Variation du nombre de Reynolds à débit $Q= 1.98$ (l/s) :

La figure (4.60) montre que pour un débit de 1.98 (l/s) le nombre de Reynolds croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal :

IV-4-3-3-1- Densité = 2Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 24952 à 25564 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 24892 (I)^{0,0142} \quad (R^2 = 0,9547); \quad (4-233)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-3-3-2- Densité = 4Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 24596 à 24827 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 24588 (I)^{0,005} \quad (R^2 = 0,9737); \quad (4-234)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-3-3-3- Densité = 6Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 23655 à 24000 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 23605 (I)^{0,0076} \quad (R^2 = 0,8504); \quad (4-235)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-3-3-4- Densité = 8Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 22628 à 22693 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 22622 (I)^{0,0016} \quad (R^2 = 0,9361). \quad (4-236)$$

Où R : coefficient de corrélation.

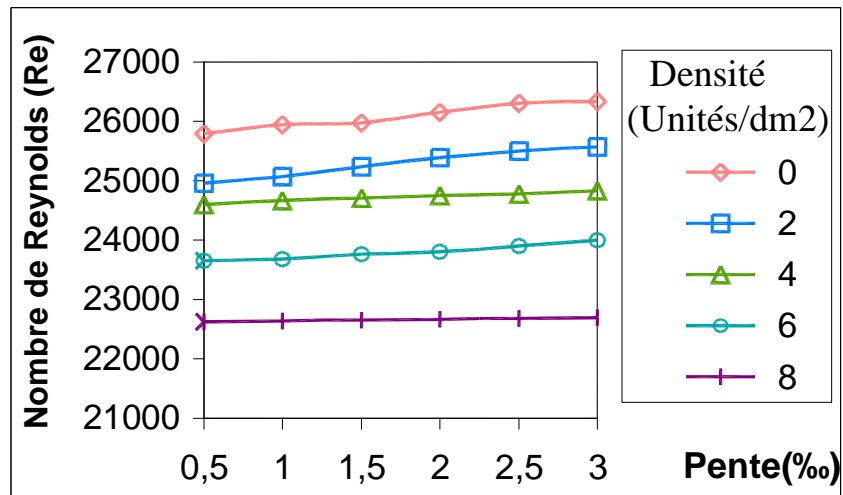


Figure (4.60) : Variation du nombre de Reynolds en fonction de la pente; $Re =f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 8 \text{ mm}$) et débit $Q= 1.98 \text{ (L/S)}$.

IV-4-3-4- Variation du nombre de Reynolds à débit $Q= 2.54 \text{ (l/s)}$:

La figure (4.61) montre que pour un débit de 2.54 (l/s) le nombre de Reynolds croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal :

IV-4-3-4-1- Densité = 2Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 30975 à 31849 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 30885 (I)^{0,016} \quad (R^2 = 0,9469); \quad (4-237)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-3-4-2- Densité = 4Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 30419 à 30750 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 30407 (I)^{0,0054} \quad (R^2 = 0,9329); \quad (4-238)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-3-4-3- Densité = 6Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 29111 à 29517 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 29070 (I)^{0,0066} \quad (R^2 = 0,7969); \quad (4-239)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-3-4-4- Densité = 8Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 29683 à 27759 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 27676 (I)^{0,0015} \quad (R^2 = 0,9361). \quad (4-240)$$

Où R : coefficient de corrélation.

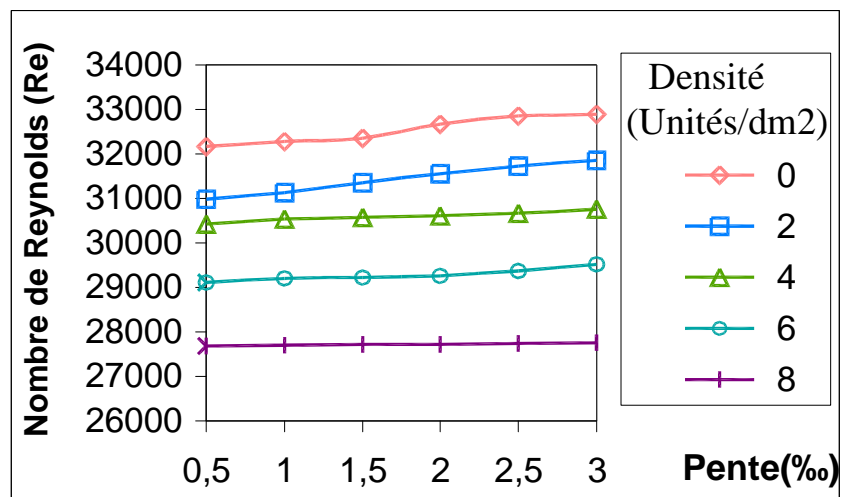


Figure (4.61) : Variation du nombre de Reynolds en fonction de la pente; $Re = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 8$ mm) et débit $Q = 2.54$ (L/S).

IV-4-4- Variation du nombre de Reynolds pour des essais à diamètre $\varnothing = 10$ mm :

Tableau 4.16 : Variation du nombre de Reynolds Re, pour des essais à diamètre $\varnothing = 10$ mm avec densité = 0unités/dm².

	Pente	0,5 ‰	1 ‰	1,5 ‰	2 ‰	2,5 ‰	3 ‰
Débit	1,11 (l/s)	15268	15289	15310	15331	15417	15427
	1,51 (l/s)	20228	20268	20337	20419	20530	20544
	1,98 (l/s)	25865	25916	25950	26121	26243	26277
	2,54 (l/s)	32213	32254	32295	32585	32774	32838

IV-4-4-1- Variation du nombre de Reynolds à débit Q= 1.11 (l/s) :

La figure (4.62) montre bien que pour un débit de 1.11 (l/s) le nombre de Reynolds croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal :

IV-4-4-1-1- Densité = 2Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 14829 à 15010 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 14815 (I)^{0,0073} \quad (R^2 = 0,9211) ; \quad (4-241)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-4-1-2- Densité = 4Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 14653 à 14750 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 14644 (I)^{0,0036} \quad (R^2 = 0,9358) ; \quad (4-242)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-4-1-3- Densité = 6Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 14212 à 14276 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 14208 (I)^{0,0025} \quad (R^2 = 0,9651); \quad (4-243)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-4-1-4- Densité = 8Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 13536 à 13611 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 13533 (I)^{0,0028} \quad (R^2 = 0,9404). \quad (4-244)$$

Où R : coefficient de corrélation.

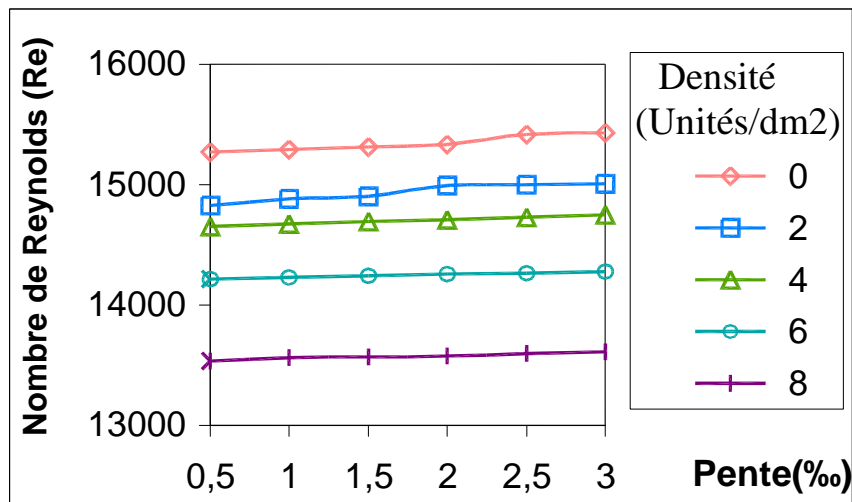


Figure (4.62) : Variation du nombre de Reynolds en fonction de la pente; $Re = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 10$ mm) et débit $Q= 1.11$ (L/S).

IV-4-4-2- Variation du nombre de Reynolds à débit $Q= 1.51$ (l/s) :

La figure (4.63) montre que pour un débit de 1.51 (l/s) le nombre de Reynolds croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal :

IV-4-4-2-1- Densité = 2Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 19546 à 19829 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 19533 (I)^{0,0089} \quad (R^2 = 0,9523) ; \quad (4-245)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-4-2-2- Densité = 4Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 19297 à 19483 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 19262 (I)^{0,0047} \quad (R^2 = 0,6535); \quad (4-246)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-4-2-3- Densité = 6Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 18584 à 18722 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 18571 (I)^{0,0042} \quad (R^2 = 0,9539); \quad (4-247)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-4-2-4- Densité = 8Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 17588 à 17681 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 17579 (I)^{0,0028} \quad (R^2 = 0,9063). \quad (4-248)$$

Où R : coefficient de corrélation.

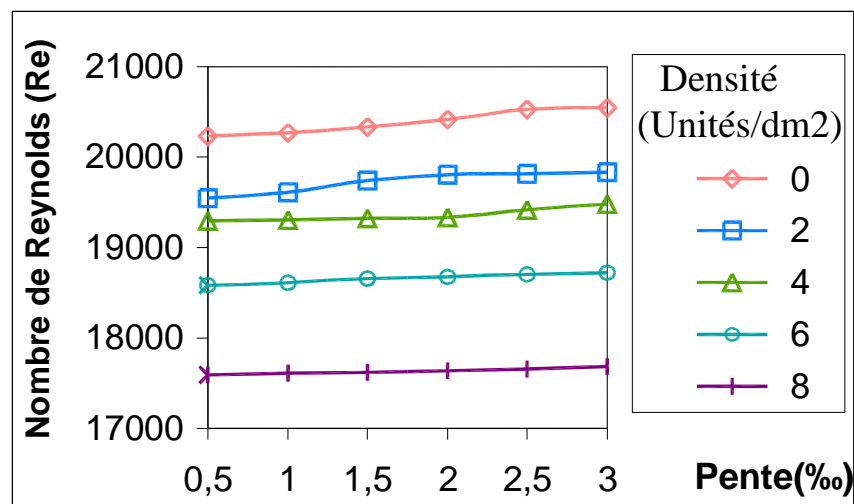


Figure (4.63) : Variation du nombre de Reynolds en fonction de la pente; $Re = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 10$ mm) et débit $Q = 1.51$ (L/S).

IV-4-4-3-Variation du nombre de Reynolds à débit Q= 1.98 (l/s) :

La figure (4.64) montre que pour un débit de 1.98 (l/s) le nombre de Reynolds croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal :

IV-4-4-3-1- Densité = 2Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 24827 à 25239 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 24808 (I)^{0,01} \quad (R^2 = 0,9296); \quad (4-249)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-4-3-2- Densité = 4Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 24444 à 24657 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 24423 (I)^{0,0046} \quad (R^2 = 0,8961); \quad (4-250)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-4-3-3- Densité = 6Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 23321 à 23515 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 23301 (I)^{0,0048} \quad (R^2 = 0,948); \quad (4-251)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-4-3-4- Densité = 8Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 21939 à 22000 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 21933 (I)^{0,0015} \quad (R^2 = 0,9361). \quad (4-252)$$

Où R : coefficient de corrélation.

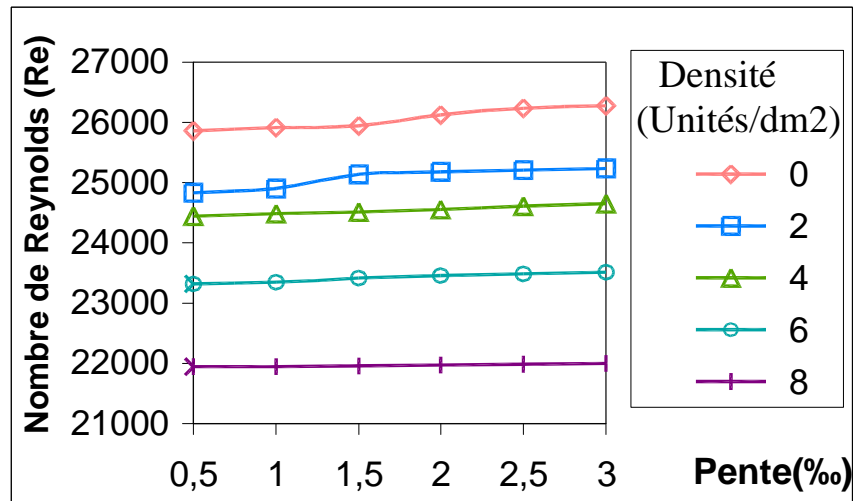


Figure (4.64) : Variation du nombre de Reynolds en fonction de la pente; $Re = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 10$ mm) et débit $Q= 1.98$ (L/S).

IV-4-4-4- Variation du nombre de Reynolds à débit $Q= 2.54$ (l/s) :

La figure (4.65) montre que pour un débit de 2.54 (l/s) le nombre de Reynolds croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal :

IV-4-4-4-1- Densité = 2Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 30787 à 31377 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 30750 (I)^{0,0116} \quad (R^2 = 0,9287); \quad (4-253)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-4-4-2- Densité = 4Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 30148 à 30419 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 30142 (I)^{0,0053} \quad (R^2 = 0,9866); \quad (4-254)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-4-4-3- Densité = 6Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 28571 à 28847 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 28548 (I)^{0,0055} \quad (R^2 = 0,9602); \quad (4-255)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-4-4-4- Densité = 8 Unités/dm²: Le nombre de Reynolds croît de 26765 à 26864 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre le nombre de Reynolds (Re) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Re = 26751 (I)^{0,0021} \quad (R^2 = 0,877). \quad (4-256)$$

Où R : coefficient de corrélation.

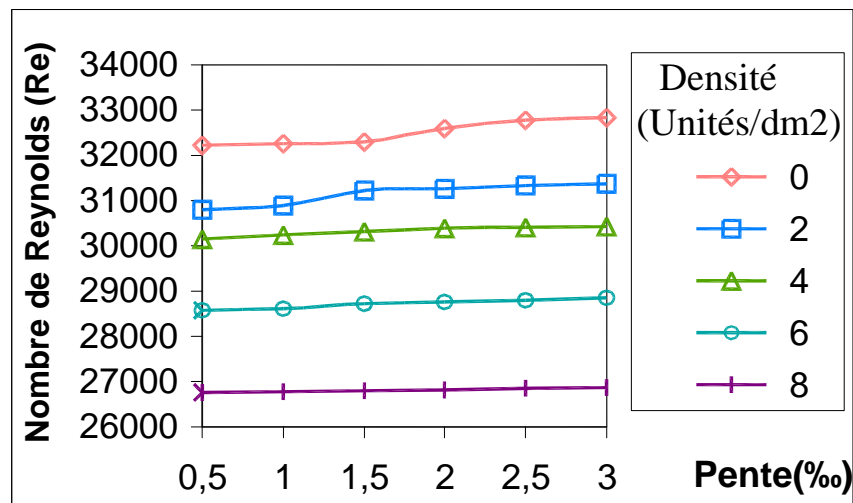


Figure (4.65) : Variation du nombre de Reynolds en fonction de la pente; $Re = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 10$ mm) et débit $Q = 2.54$ (L/S).

IV-4-5- Conclusion sur les variations du nombre de Reynolds en présence du roseau:

Les résultats obtenus nous permettent de constater que :

- 1- Pour une même série de mesures, (diamètre et densité de roseau constantes), on a globalement une augmentation sous forme de relation puissance du nombre de Reynolds en fonction de la pente du canal.
- 2- Plus la densité du roseau augmente, plus le nombre de Reynolds augmente.
- 3- L'augmentation du débit d'écoulement fait diminuer le nombre de Reynolds.
- 4- Le nombre de Reynolds augmente avec la croissance du diamètre du roseau.

IV-5- Variation du nombre de Froude en présence du roseau:

IV-5-1- Variation du nombre de Froude pour des essais à diamètre $\varnothing = 4$ mm:

Tableau 4.17 : Variation du nombre de Froude Fr, pour des essais à diamètre $\varnothing = 4$ mm avec densités = 0unités/dm².

	Pente	0,5 ‰	1 ‰	1,5 ‰	2 ‰	2,5 ‰	3 ‰
Débit	1,11 (l/s)	0,3935	0,4091	0,4257	0,4435	0,4625	0,4830
	1,51 (l/s)	0,5029	0,5219	0,5422	0,5639	0,5870	0,6033
	1,98 (l/s)	0,5311	0,5485	0,5575	0,5929	0,6173	0,6321
	2,54 (l/s)	0,5461	0,5667	0,5693	0,6090	0,6338	0,6501

IV-5-1-1- Variation du nombre de Froude à débit Q= 1.11 (l/s) :

La figure (4.66) montre bien que pour un débit de 1.11 (l/s) le nombre de Froude croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-5-1-1-1- Densité = 2Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.39 à 0.48 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,3851 (I)^{0,1113} \quad (R^2 = 0,9267) ; \quad (4-257)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-1-1-2- Densité = 4Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.36 à 0.42 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,3642 (I)^{0,0742} \quad (R^2 = 0,8901) ; \quad (4-258)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-1-1-3- Densité = 6Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.34 à 0.36 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,3447 (I)^{0,0316} \quad (R^2 = 0,8145); \quad (4-259)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-1-1-4- Densité = 8Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.29 à 0.31 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,2911 (I)^{0,0468} \quad (R^2 = 0,9541). \quad (4-260)$$

Où R : coefficient de corrélation.

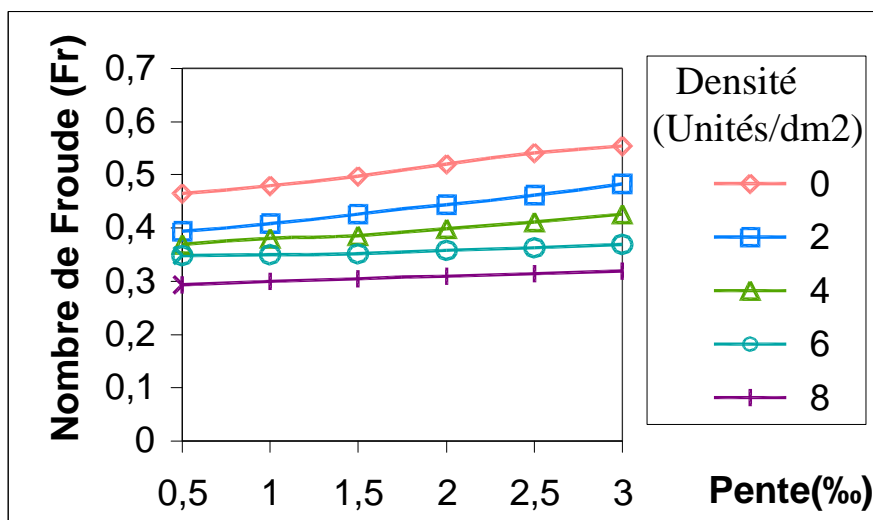


Figure (4.66) : Variation du nombre de Froude en fonction de la pente; $Fr = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 4 \text{ mm}$) et débit $Q = 1.11 \text{ (L/S)}$.

IV-5-1-2- Variation du nombre de Froude à débit $Q = 1.51 \text{ (l/s)}$:

La figure (4.67) montre que pour un débit de 1.51 (l/s) le nombre de Froude croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-5-1-2-1- Densité = 2Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.42 à 0.51 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,4139 (I)^{0,1001} \quad (R^2 = 0,8962) ; \quad (4-261)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-1-2-2- Densité = 4Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.39 à 0.44 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,3955 (I)^{0,053} \quad (R^2 = 0,8972) ; \quad (4-262)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-1-2-3- Densité = 6Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.36 à 0.38 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,363 (I)^{0,0271} \quad (R^2 = 0,9832); \quad (4-263)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-1-2-4- Densité = 8Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.30 à 0.32 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,3018 (I)^{0,0468} \quad (R^2 = 0,9901). \quad (4-264)$$

Où R : coefficient de corrélation.

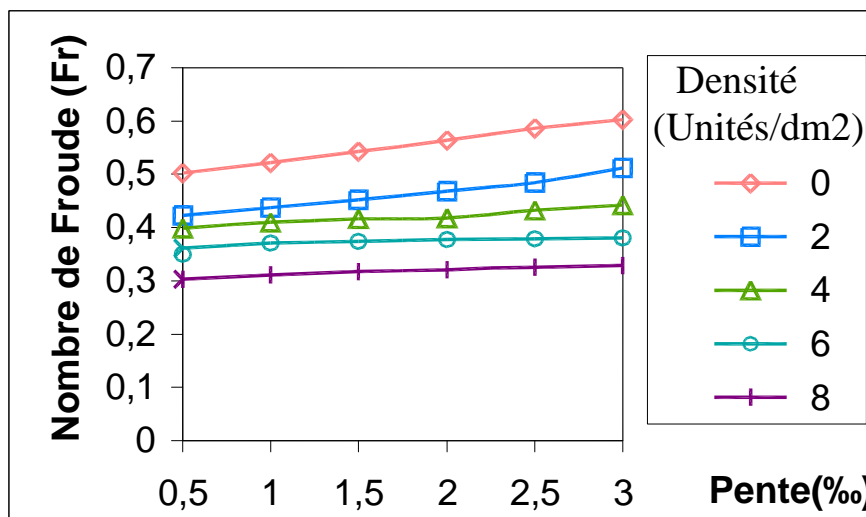


Figure (4.67) : Variation du nombre de Froude en fonction de la pente; $Fr = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 4$ mm) et débit $Q = 1.51$ (L/S).

IV-5-1-3- Variation du nombre de Froude à débit Q= 1.98 (l/s) :

La figure (4.68) montre que pour un débit de 1.98 (l/s) le nombre de Froude croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-5-1-3-1- Densité = 2Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.44 à 0.53 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,433 (I)^{0,1064} \quad (R^2 = 0,9239); \quad (4-265)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-1-3-2- Densité = 4Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.41 à 0.46 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,4132 (I)^{0,0499} \quad (R^2 = 0,8096); \quad (4-266)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-1-3-3- Densité = 6Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.37 à 0.39 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,3673 (I)^{0,0283} \quad (R^2 = 0,7068); \quad (4-267)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-1-3-4- Densité = 8Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.30 à 0.34 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,3061 (I)^{0,0631} \quad (R^2 = 0,989). \quad (4-268)$$

Où R : coefficient de corrélation.

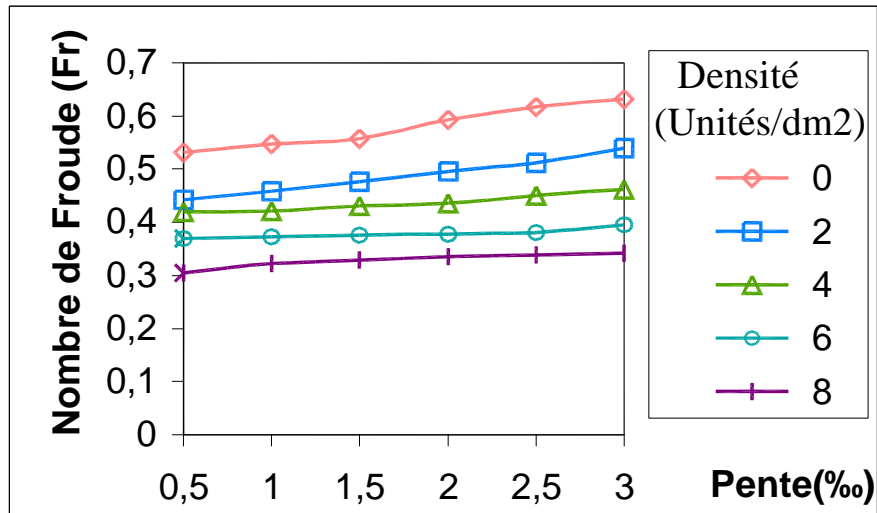


Figure (4.68) : Variation du nombre de Froude en fonction de la pente; $Fr = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 4 \text{ mm}$) et débit $Q = 1.98 \text{ (L/S)}$.

IV-5-1-4- Variation du nombre de Froude à débit $Q = 2.54 \text{ (l/s)}$:

La figure (4.69) montre que pour un débit de 2.54 (l/s) le nombre de Froude croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-5-1-4-1- Densité = 2 Unités/dm^2 : Le nombre de Froude croît de 0.45 à 0.55 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm^2 . La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,4511 (I)^{0,0997} \quad (R^2 = 0,9272) ; \quad (4-269)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-1-4-2- Densité = 4 Unités/dm^2 : Le nombre de Froude croît de 0.42 à 0.48 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm^2 . La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,4224 (I)^{0,0587} \quad (R^2 = 0,8351) ; \quad (4-270)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-1-4-3- Densité = 6Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.37 à 0.40 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,3717 (I)^{0,0314} \quad (R^2 = 0,6389); \quad (4-271)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-1-4-4- Densité = 8Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.31 à 0.35 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,3149 (I)^{0,0573} \quad (R^2 = 0,9748). \quad (4-272)$$

Où R : coefficient de corrélation.

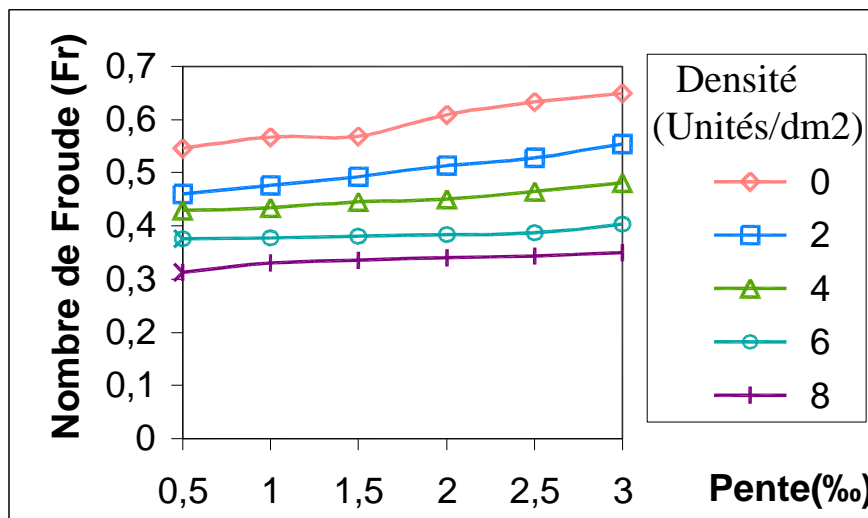


Figure (4.69) : Variation du nombre de Froude en fonction de la pente; $Fr = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 4$ mm) et débit $Q = 2.54$ (L/S).

IV-5-2- Variation du nombre de Froude pour des essais à diamètre $\varnothing = 6$ mm:

Tableau 4.18: Variation du nombre de Froude Fr, pour des essais à diamètre $\varnothing = 6$ mm avec densités = 0unités/dm².

	Pente	0,5 ‰	1 ‰	1,5 ‰	2 ‰	2,5 ‰	3 ‰
Débit	1,11 (l/s)	0,3697	0,3935	0,3935	0,3986	0,4064	0,4064
	1,51 (l/s)	0,4938	0,5219	0,5353	0,5422	0,5601	0,4736
	1,98 (l/s)	0,5545	0,5311	0,5397	0,5796	0,6032	0,5426
	2,54 (l/s)	0,6030	0,5858	0,5858	0,5943	0,6274	0,5720

IV-5-2-1- Variation du nombre de Froude à débit Q= 1.11 (l/s) :

La figure (4.70) montre bien que pour un débit de 1.11 (l/s) le nombre de Froude croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-5-2-1-1- Densité = 2Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.36 à 0.40 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,3732 (I)^{0,0507} \quad (R^2 = 0,9214) ; \quad (4-273)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-2-1-2- Densité = 4Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.33 à 0.35 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,3282 (I)^{0,0443} \quad (R^2 = 0,79) ; \quad (4-274)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-2-1-3- Densité = 6Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.29 à 0.30 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,2938 (I)^{0,0251} \quad (R^2 = 0,9432); \quad (4-275)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-2-1-4- Densité = 8Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.231 à 0.234 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,2311 (I)^{0,0078} \quad (R^2 = 0,9646). \quad (4-276)$$

Où R : coefficient de corrélation.

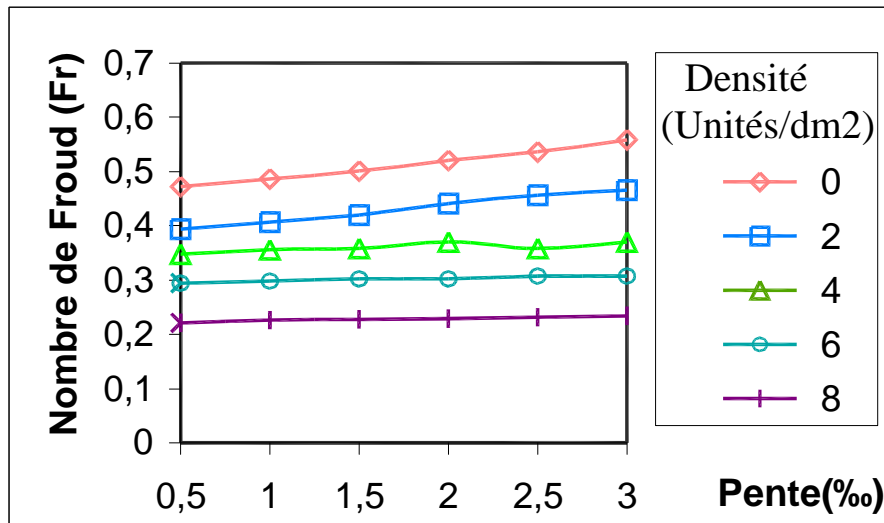


Figure (4.70) : Variation du nombre de Froude en fonction de la pente; $Fr = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 6$ mm) et débit $Q = 1.11$ (L/S).

IV-5-2-2- Variation du nombre de Froude à débit $Q = 1.51$ (l/s) :

La figure (4.71) montre que pour un débit de 1.51 (l/s) le nombre de Froude croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-5-2-2-1- Densité = 2Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.43 à 0.44 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,4297 (I)^{0,0182} \quad (R^2 = 0,4062) ; \quad (4-277)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-2-2-2- Densité = 4Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.34 à 0.37 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,3404 (I)^{0,0445} \quad (R^2 = 0,8386); \quad (4-278)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-2-2-3- Densité = 6Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.30 à 0.32 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,3018 (I)^{0,033} \quad (R^2 = 0,8625); \quad (4-279)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-2-2-4- Densité = 8Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.23 à 0.24 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,2368 (I)^{0,0083} \quad (R^2 = 0,82). \quad (4-280)$$

Où R : coefficient de corrélation.

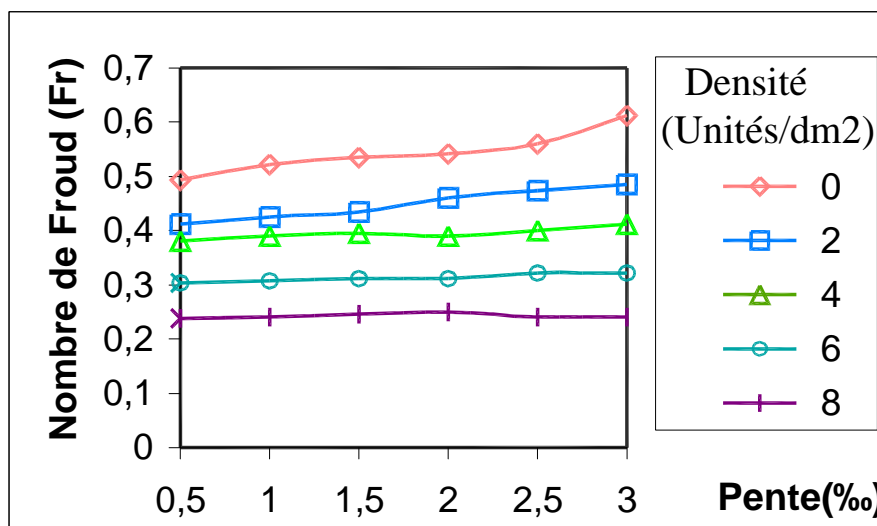


Figure (4.71) : Variation du nombre de Froude en fonction de la pente; $Fr = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 6$ mm) et débit $Q = 1.51$ (L/S).

IV-5-2-3- Variation du nombre de Froude à débit $Q= 1.98$ (l/s) :

La figure (4.72) montre que pour un débit de 1.98 (l/s) le nombre de Froude croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-5-2-3-1- Densité = 2Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.44 à 0.46 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,4474 (I)^{0,0253} \quad (R^2 = 0,7086); \quad (4-281)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-2-3-2- Densité = 4Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.37 à 0.38 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,3661 (I)^{0,0249} \quad (R^2 = 0,6311); \quad (4-282)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-2-3-3- Densité = 6Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.30 à 0.31 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,305 (I)^{0,0178} \quad (R^2 = 0,7732); \quad (4-283)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-2-3-4- Densité = 8Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.231 à 0.233 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,2308 (I)^{0,0053} \quad (R^2 = 0,8977). \quad (4-284)$$

Où R : coefficient de corrélation.

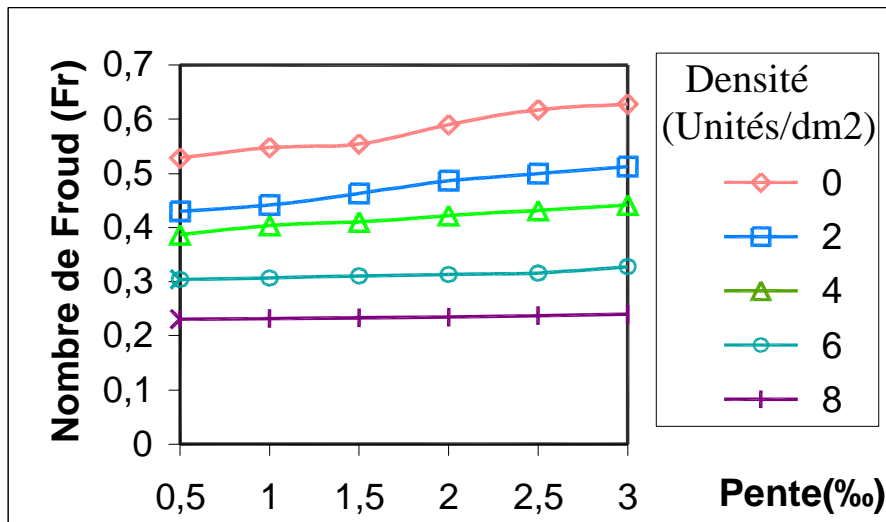


Figure (4.72) : Variation du nombre de Froude en fonction de la pente; $Fr = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 6 \text{ mm}$) et débit $Q = 1.98 \text{ (L/S)}$.

IV-5-2-4- Variation du nombre de Froude à débit $Q = 2.54 \text{ (l/s)}$:

La figure (4.73) montre que pour un débit de 2.54 (l/s) le nombre de Froude croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-5-2-4-1- Densité = 2Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.45 à 0.50 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,4567 (I)^{0,0551} \quad (R^2 = 0,9212); \quad (4-285)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-2-4-2- Densité = 4Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.37 à 0.40 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,3197 (I)^{0,0177} \quad (R^2 = 0,8922); \quad (4-286)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-2-4-3- Densité = 6Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.32 à 0.33 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,37 (I)^{0,0445} \quad (R^2 = 0,8823); \quad (4-287)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-2-4-4- Densité = 8Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.244 à 0.246 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,2443 (I)^{0,0045} \quad (R^2 = 0,9083). \quad (4-288)$$

Où R : coefficient de corrélation.

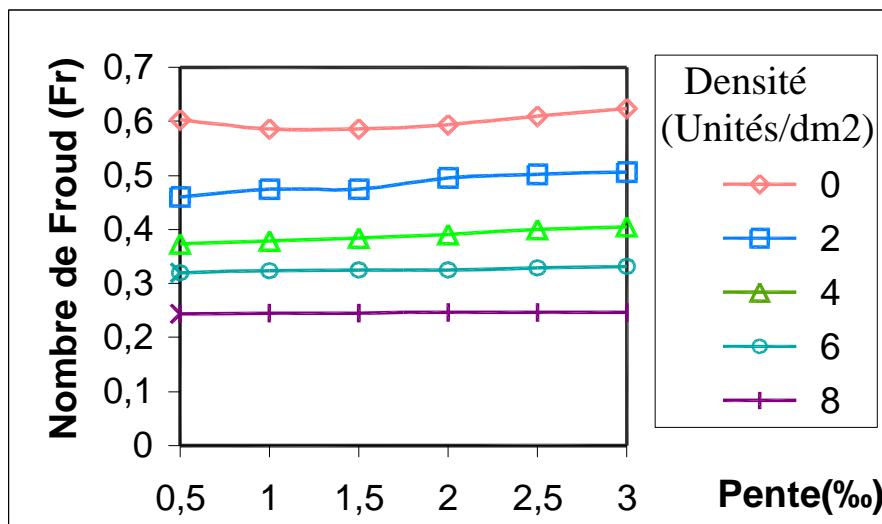


Figure (4.73) : Variation du nombre de Froude en fonction de la pente; $Fr = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 6$ mm) et débit $Q = 2.54$ (L/S).

IV-5-3- Variation du nombre de Froude pour des essais à diamètre $\varnothing = 8$ mm:

Tableau 4.19 : Variation du nombre de Froude Fr, pour des essais à diamètre $\varnothing = 8$ mm avec densités = 0unités/dm².

	Pente	0,5 ‰	1 ‰	1,5 ‰	2 ‰	2,5 ‰	3 ‰
Débit	1,11 (l/s)	0,3719	0,3960	0,4145	0,4374	0,4465	0,4560
	1,51 (l/s)	0,5060	0,5219	0,5422	0,5601	0,5830	0,6033
	1,98 (l/s)	0,5256	0,5515	0,5545	0,5895	0,6210	0,6247
	2,54 (l/s)	0,5436	0,5562	0,5667	0,6090	0,6370	0,6402

IV-5-3-1- Variation du nombre de Froude à débit Q= 1.11 (l/s) :

La figure (4.74) montre bien que pour un débit de 1.11 (l/s) le nombre de Froude croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-5-3-1-1- Densité = 2Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.37 à 0.45 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,3688 (I)^{0,1172} \quad (R^2 = 0,9871); \quad (4-289)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-3-1-2- Densité = 4Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.34 à 0.37 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,3471 (I)^{0,0162} \quad (R^2 = 0,9349); \quad (4-290)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-3-1-3- Densité = 6Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.27 à 0.30 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,2733 (I)^{0,0515} \quad (R^2 = 0,9481); \quad (4-291)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-3-1-4- Densité = 8Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.21 à 0.22 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,216 (I)^{0,0118} \quad (R^2 = 0,9353). \quad (4-292)$$

Où R : coefficient de corrélation.

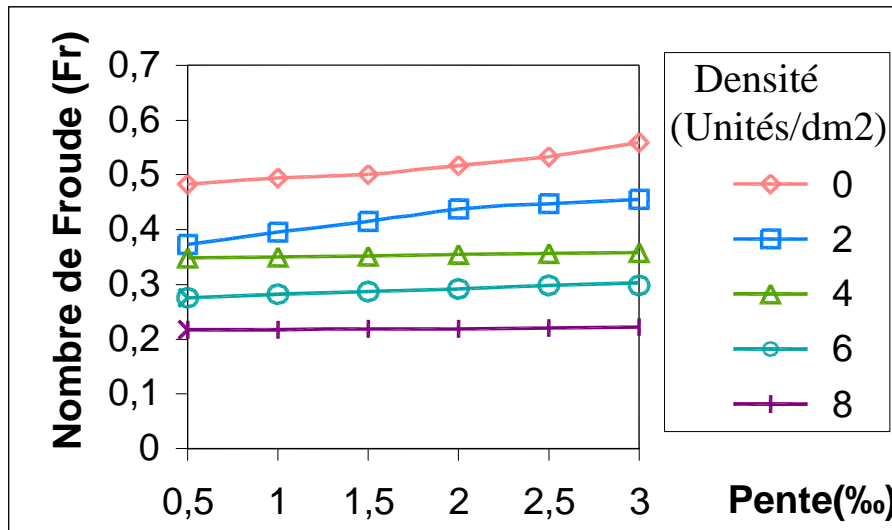


Figure (4.74) : Variation du nombre de Froude en fonction de la pente; $Fr = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 8 \text{ mm}$) et débit $Q = 1.11 \text{ (L/S)}$.

IV-5-3-2- Variation du nombre de Froude à débit $Q = 1.51 \text{ (l/s)}$:

La figure (4.75) montre que pour un débit de 1.51 (l/s) le nombre de Froude croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-5-3-2-1- Densité = 2Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.39 à 0.47 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,3881 (I)^{0,1063} \quad (R^2 = 0,9681) ; \quad (4-293)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-3-2-2- Densité = 4Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.36 à 0.38 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,3603 (I)^{0,0254} \quad (R^2 = 0,8978) ; \quad (4-294)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-3-2-3- Densité = 6Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.28 à 0.31 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,2849 (I)^{0,0437} \quad (R^2 = 0,8833); \quad (4-295)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-3-2-4- Densité = 8Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.224 à 0.229 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,2238 (I)^{0,0141} \quad (R^2 = 0,989). \quad (4-296)$$

Où R : coefficient de corrélation.

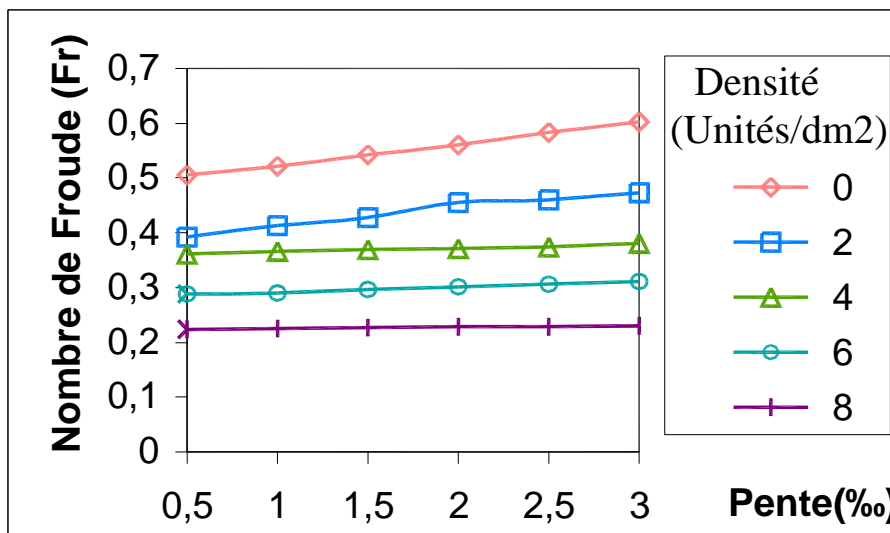


Figure (4.75) : Variation du nombre de Froude en fonction de la pente; $Fr = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 8$ mm) et débit $Q = 1.51$ (L/S).

IV-5-3-3- Variation du nombre de Froude à débit Q= 1.98 (l/s) :

La figure (4.76) montre que pour un débit de 1.98 (l/s) le nombre de Froude croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-5-3-3-1- Densité = 2Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.40 à 0.48 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,4012 (I)^{0,1049} \quad (R^2 = 0,9507); \quad (4-297)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-3-3-2- Densité = 4Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.37 à 0.39 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,3693 (I)^{0,0338} \quad (R^2 = 0,9722); \quad (4-298)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-3-3-3- Densité = 6Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.28 à 0.31 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,2859 (I)^{0,0459} \quad (R^2 = 0,8465); \quad (4-299)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-3-3-4- Densité = 8Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.226 à 0.229 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,2258 (I)^{0,0082} \quad (R^2 = 0,9356). \quad (4-300)$$

Où R : coefficient de corrélation.

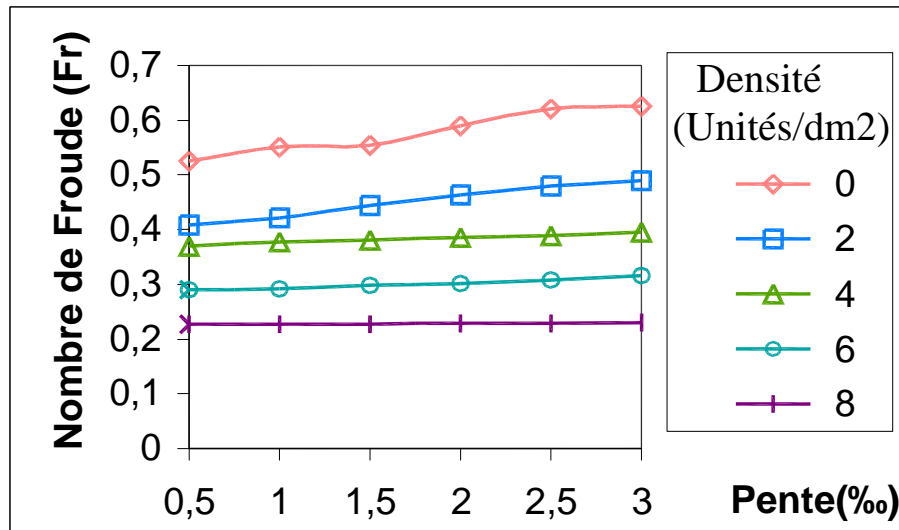


Figure (4.76) : Variation du nombre de Froude en fonction de la pente; $Fr = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 8 \text{ mm}$) et débit $Q = 1.98 \text{ (L/S)}$.

IV-5-3-4- Variation du nombre de Froude à débit $Q = 2.54 \text{ (l/s)}$:

La figure (4.77) montre que pour un débit de 2.54 (l/s) le nombre de Froude croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-5-3-4-1- Densité = 2 Unités/dm^2 : Le nombre de Froude croît de 0.42 à 0.50 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm^2 . La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,4128 (I)^{0,1054} \quad (R^2 = 0,942) ; \quad (4-301)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-3-4-2- Densité = 4 Unités/dm^2 : Le nombre de Froude croît de 0.37 à 0.40 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm^2 . La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,3759 (I)^{0,0327} \quad (R^2 = 0,9304) ; \quad (4-302)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-3-4-3- Densité = 6Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.29 à 0.31 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,2922 (I)^{0,0352} \quad (R^2 = 0,7926); \quad (4-303)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-3-4-4- Densité = 8Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.22 à 0.23 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,229 (I)^{0,007} \quad (R^2 = 0,9357). \quad (4-304)$$

Où R : coefficient de corrélation.

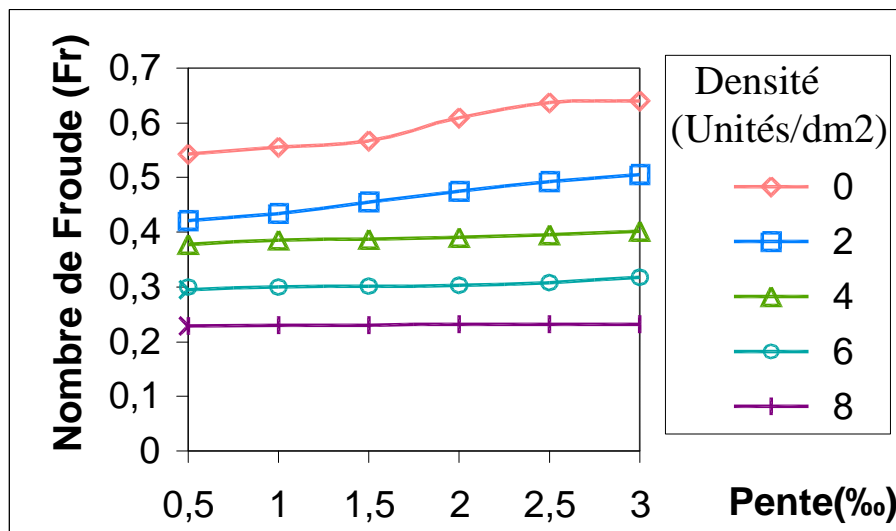


Figure (4.77) : Variation du nombre de Froude en fonction de la pente; $Fr = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 8 \text{ mm}$) et débit $Q = 2.54 \text{ (L/S)}$.

IV-5-4- Variation du nombre de Froude pour des essais à diamètre $\varnothing = 10$ mm:

Tableau 4.20 : Variation du nombre de Froude Fr, pour des essais à diamètre $\varnothing = 10$ mm avec densités = 0unités/dm².

	Pente	0,5 ‰	1 ‰	1,5 ‰	2 ‰	2,5 ‰	3 ‰
Débit	1,11 (l/s)	0,3652	0,3766	0,3813	0,4038	0,4064	0,4091
	1,51 (l/s)	0,5091	0,5187	0,5353	0,5565	0,5870	0,5910
	1,98 (l/s)	0,5368	0,5455	0,5515	0,5829	0,6067	0,6137
	2,54 (l/s)	0,5486	0,5536	0,5588	0,5972	0,6243	0,6338

IV-5-4-1- Variation du nombre de Froude à débit Q= 1.11 (l/s) :

La figure (4.78) montre bien que pour un débit de 1.11 (l/s) le nombre de Froude croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-5-4-1-1- Densité = 2Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.36 à 0.40 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,3618 (I)^{0,0686} \quad (R^2 = 0,9183) ; \quad (4-305)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-4-1-2- Densité = 4Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.32 à 0.34 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,3267 (I)^{0,0315} \quad (R^2 = 0,9336) ; \quad (4-306)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-4-1-3- Densité = 6Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.25 à 0.26 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,2566 (I)^{0,019} \quad (R^2 = 0,9643); \quad (4-307)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-4-1-4- Densité = 8Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.18 à 0.19 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,1838 (I)^{0,0179} \quad (R^2 = 0,9391). \quad (4-308)$$

Où R : coefficient de corrélation.

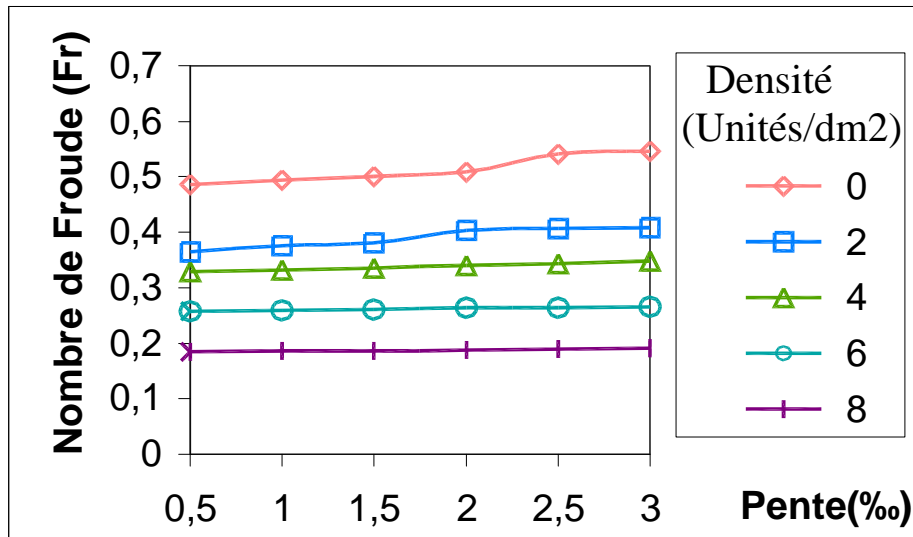


Figure (4.78) : Variation du nombre de Froude en fonction de la pente; $Fr = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 10$ mm) et débit $Q = 1.11$ (L/S).

IV-5-4-2- Variation du nombre de Froude à débit $Q = 1.51$ (l/s) :

La figure (4.79) montre que pour un débit de 1.51 (l/s) le nombre de Froude croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-5-4-2-1- Densité = 2Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.38 à 0.42 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,3783 (I)^{0,072} \quad (R^2 = 0,9519); \quad (4-309)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-4-2-2- Densité = 4Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.34 à 0.37 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,3402 (I)^{0,0355} \quad (R^2 = 0,6505); \quad (4-310)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-4-2-3- Densité = 6Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.26 à 0.27 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,2643 (I)^{0,0277} \quad (R^2 = 0,9529); \quad (4-311)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-4-2-4- Densité = 8Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.191 à 0.196 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,1905 (I)^{0,0155} \quad (R^2 = 0,9051). \quad (4-312)$$

Où R : coefficient de corrélation.

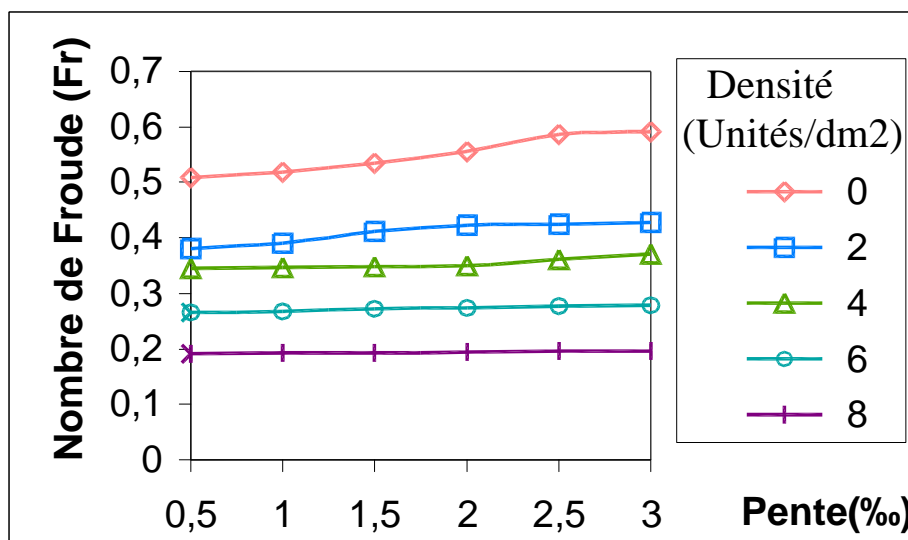


Figure (4.79) : Variation du nombre de Froude en fonction de la pente; $Fr = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 10$ mm) et débit $Q = 1.51$ (L/S).

IV-5-4-3- Variation du nombre de Froude à débit $Q= 1.98$ (l/s) :

La figure (4.80) montre que pour un débit de 1.98 (l/s) le nombre de Froude croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-5-4-3-1- Densité = 2Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.39 à 0.44 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,3923 (I)^{0,0716} \quad (R^2 = 0,9298); \quad (4-313)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-4-3-2- Densité = 4Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.35 à 0.37 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,3532 (I)^{0,0305} \quad (R^2 = 0,8935); \quad (4-314)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-4-3-3- Densité = 6Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.26 à 0.27 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,2653 (I)^{0,0279} \quad (R^2 = 0,9473); \quad (4-315)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-4-3-4- Densité = 8Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.193 à 0.196 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,1931 (I)^{0,0074} \quad (R^2 = 0,9356). \quad (4-316)$$

Où R : coefficient de corrélation.

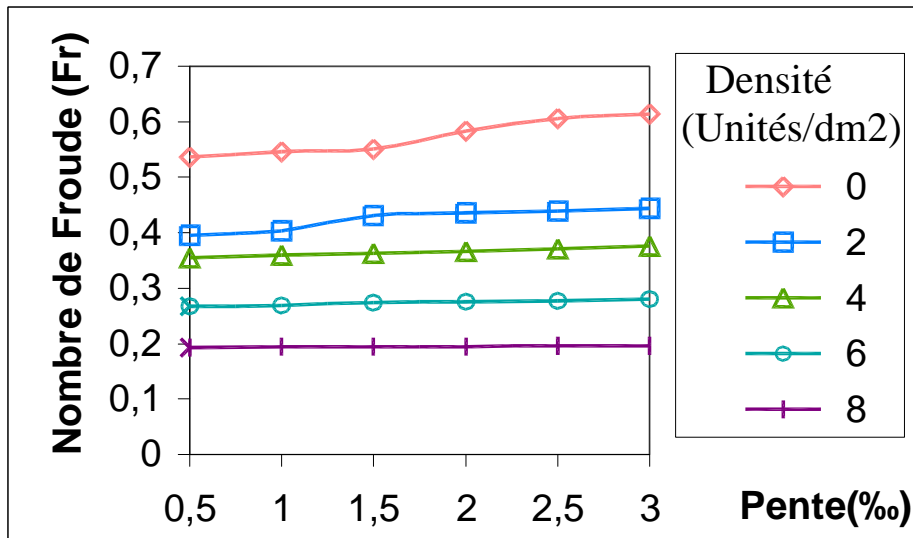


Figure (4.80) : Variation du nombre de Froude en fonction de la pente; $Fr = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 10$ mm) et débit $Q = 1.98$ (L/S).

IV-5-4-4- Variation du nombre de Froude à débit $Q = 2.54$ (l/s) :

La figure (4.81) montre que pour un débit de 2.54 (l/s) le nombre de Froude croît sous forme de relation puissance en fonction de la pente du canal:

IV-5-4-4-1- Densité = 2Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.40 à 0.45 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 2 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,4022 (I)^{0,0741} \quad (R^2 = 0,9289); \quad (4-317)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-4-4-2- Densité = 4Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.35 à 0.37 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 4 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,3571 (I)^{0,031} \quad (R^2 = 0,9863); \quad (4-318)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-4-4-3- Densité = 6Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.26 à 0.28 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 6 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,2662 (I)^{0,028} \quad (R^2 = 0,9595); \quad (4-319)$$

Où R : coefficient de corrélation.

IV-5-4-4-4- Densité = 8Unités/dm²: Le nombre de Froude croît de 0.196 à 0.199 respectivement pour une pente allant de 0.5 ‰ à 3 ‰ avec une densité du roseau de 8 unités / dm². La relation entre le nombre de Froude (Fr) et la pente (I) est donnée par la relation:

$$Fr = 0,1962 (I)^{0,0092} \quad (R^2 = 0,8765). \quad (4-320)$$

Où R : coefficient de corrélation.

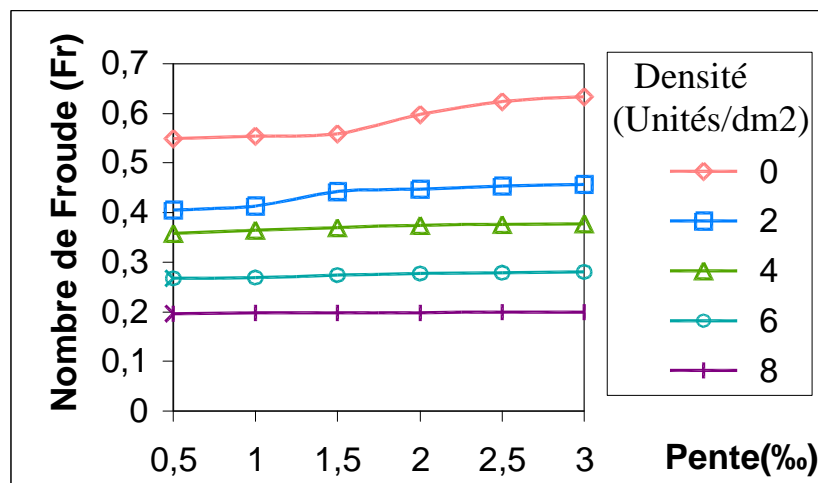


Figure (4.81) : Variation du nombre de Froude en fonction de la pente; $Fr = f(I)$ pour des essais à diamètre ($\varnothing = 10$ mm) et débit $Q = 2.54$ (L/S).

IV-5-5- Conclusion sur les variations du nombre de Froude en présence du roseau:

Les résultats obtenus nous permettent de constater que :

- 1- Pour une même série de mesures, (diamètre et densité de roseau constantes), on a globalement une augmentation sous forme de relation puissance du nombre de Froude en fonction de la pente du canal.
- 2- Plus la densité du roseau augmente, plus le nombre de Froude diminue.
- 3- L'augmentation du débit d'écoulement fait augmenter le nombre de Froude.
- 4- Le nombre de Froude diminue avec la croissance du diamètre du roseau.

CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS

1- Conclusion générale:

Les principaux résultats de l'étude expérimentale de l'effet du roseau sur l'écoulement peuvent être récapitulés dans les points suivants :

- Pour une même série de mesures, (diamètre et densité de roseau constantes), on a globalement :
 - Une diminution linéaire de la hauteur d'eau en fonction de la pente du canal.
 - une augmentation sous forme de relation puissance de la vitesse d'écoulement d'eau en fonction de la pente du canal.
 - une augmentation sous forme de relation puissance du coefficient de Manning en fonction de la pente du canal.
 - une augmentation sous forme de relation puissance du nombre de Reynolds en fonction de la pente du canal.
 - une augmentation sous forme de relation puissance du nombre de Froude en fonction de la pente du canal.
- Plus la densité du roseau augmente, plus la hauteur d'eau, le coefficient de Manning et le nombre de Reynolds augmentent. Par contre la vitesse d'écoulement d'eau et le nombre de Froude diminuent lors de cette augmentation.
- L'augmentation du débit d'écoulement fait augmenter la hauteur d'eau, la vitesse d'écoulement d'eau et le nombre de Froude. Néanmoins le coefficient de Manning et le nombre de Reynolds diminuent lors de cette augmentation.
- Enfin, la croissance du diamètre du roseau fait augmenter la hauteur d'eau, le coefficient de Manning et le nombre de Reynolds. Quoique la vitesse d'écoulement d'eau et le nombre de Froude diminuent lors de cette croissance.

2- Recommandations:

Ces essais ne constituent cependant qu'une première étape d'une recherche plus générale dans laquelle devront être étudiées d'autres configurations géométriques et prenant en compte les contraintes constructives : rugosité des éléments rugueux variables en fonction de la profondeur, présence de seuils de fond, formes des macro-rugosités plus naturelles, variabilité des espacements plus importante. On fera porter les efforts sur l'influence du facteur distance dans ce type d'écoulement, sachant que les caractéristiques hydrauliques varient au long des canaux en présence du roseau.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] **C.D.A.R.S. Ouargla** (1997) : Plan Directeur Général de Développement des Régions Sahariennes, Phase II A3 (Ressources en eau : Connaissances d'ensemble).
- [2] **Atef Ben Lamnaouar** (2008): Etude de la réhabilitation de l'oued righ (cas du canal oued righ), Thèse de Magister, université de Ouargla.
- [3] **Sayah Lembarek Mohammed** (2008): Etude hydraulique du canal oued righ, détermination des caractéristiques hydrauliques, Thèse de Magister, université de Ouargla.
- [4] **Catherine Allain Jegou** (2002) : Relations : végétation - écoulement - transport solide dans le lit des rivières, étude de l'Isère dans le Grésivaudan. Thèse pour obtenir le titre de Docteur de l'institut national polytechnique de Grenoble.
- [5] **D. Poggi, A. Porporato and L. Ridolfi** (2003): The effect of vegetation density on canopy sub-layer turbulence. Dipartimento di Idraulica, Trasporti ed Infrastrutture Civili, Politecnico di Torino, Torino, Italy.
- [6] **Sergio De Felice** (2008): Experimental study on the hydrodynamic characteristics of a vegetated channel. Indirizzo Ingegneria Idraulica ed Ambientale. Università Degli Studi Di Napoli FEDERICO II.
- [7] **Laurence Pietri1, Muriel Amielh, Fabien Anselmet** (2006): Effect of the vegetation density on the turbulence properties in a canopy flow. Université de Perpignan Via Domitia, Perpignan, France.
- [8] **S. Richard, J . Chorda et M. Larinier** (1999) : Ecoulements au-dessus de macro-rugosités artificielles constituées de plots. Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse.
- [9] **Chouaib Labiod** (2005) : Ecoulement à surface libre sur fond de rugosité inhomogène. Thèse pour obtenir le titre de Docteur de l'institut national polytechnique de Toulouse.

[10] **Zaouali Sahbi** (2008) : Structure et modélisation d'écoulements a surface libre dans des canaux de rugosité inhomogène. Thèse pour obtenir le titre de Docteur de l'école nationale d'ingénieurs de Tunis.

[11] **Benabid Abderrahmane** (2009): Contribution à l'étude des écoulements permanents graduellement variés en canal prismatique, Thèse de Magister, université de Batna.

[12] **Juha Järvelä** (2004): Flow resistance in environmental channels; focus on vegetation, Helsinki University of Technology (Espoo, Finland).

[13] **Wikipedia**

[14] **Michelle Robinson** (2002): Common Reed: An Invasive Wetland Plant, (Phragmites australis), D.C.R. Office of Water Resources, Lakes and Ponds Program.

[15] **Office Nationale de l'Assainissement** (2007) : Etude d'exécution du lot Drainage de la vallée de Ouargla.

[16] **Pawel M. Rowinski, Janusz Kubrak** (2002): A mixing-length model for predicting vertical velocity distribution in flows through emergent vegetation, Faculty of Environmental Science, Warsaw Agriculture University SGGW, Poland.

[17] **Michel Carlier** (1972) : Hydraulique générale et appliquée.

[18] **Stéphane Ladreyt** (2005) : Notice sur les déversoirs – Synthèse des lois d'écoulement au droit des seuils et déversoirs. Centre d'Etudes Techniques Maritimes Et Fluviales, France.