

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة قاصدي مرباح - ورقلة

تخصص : هندسة مدنية

كلية العلوم التطبيقية

فرع : منشآت الري والتهيئة

قسم الهندسة المدنية والري

أطروحة دكتوراه علوم

من إعداد مشري العيد

بعنوان

دراسة تأثير النباتات على الجريان في القنوات المفتوحة في المناطق الجافة

نوقشت يوم : الخميس 12 صفر 1439 هـ الموافق لـ 02 نوفمبر 2017

أمام اللجنة المتكونة من

جامعة قاصدي مرباح - ورقلة	رئيس	أستاذ محاضر - أ -	كاتب سمير
جامعة قاصدي مرباح - ورقلة	مؤطر	أستاذ تعليم عالٍ	بوطوطاو جمال
جامعة قاصدي مرباح - ورقلة	مساعد مؤطر	أستاذ تعليم عالٍ	كريكر عبد الواحد
جامعة باجي مختار - عنابة	ممتحن	أستاذ محاضر - أ -	لكحل موسى
جامعة العربي بن مهيدي - أم البواقي	ممتحن	أستاذ محاضر - أ -	معروف نذير

فهرس المواضيع

1.....	مقدمة
6.....	الفصل الأول : الخصائص الطبيعية للمنطقة المدروسة
6.....	1-1 الوضعية الجغرافية
6.....	2-1 الوضعية الطبوغرافية ..
8.....	3-1 الوضعية المناخية
9.....	4-1 الوضعية الهيدرولوجية
10.....	5-1 الوضعية الجيولوجية
10.....	1-5-1 العصر الرابع
10.....	2-5-1 العصر الثالث
10.....	3-4-1 العصر الثاني
12.....	6-1 الوضعية الهيدرولوجية
13.....	7-1 دراسة ميدانية حول نمو الأعشاب في قنوات الصرف الفلاحي
21.....	الفصل الثاني : دراسة نظرية حول خصائص الجريان في القنوات المفتوحة والمعشوشبة
21.....	1-2 خصائص الجريان في القنوات المفتوحة
22.....	2-2 أنواع الجريان
22.....	1-2-2 الجريان الدائم المنتظم
22.....	2-2-2 الجريان الدائم المتغير
22.....	3-2-2 الجريان الغير دائم والمنتظم
22.....	4-2-2 الجريان الغير دائم والمتغير
24.....	3-2 نظام الجريان
24.....	4-2 السرعة وتدفق الجريان
25.....	5-2 معادلة الاستمرار
25.....	6-2 عدد رينولدز " Reynolds "
26.....	7-2 عدد فرود "Froude"
27.....	8-2 قوى الاحتكاك
28.....	9-2 علاقة شيزي Chézy
29.....	10-2 علاقة مانينغ ستريكلار Manning-Strickler
30.....	11-2 معامل الخشونة المركب

30	12-2 الدراسات السابقة
35	الفصل الثالث : الأدوات والطرق المستعملة في الدراسة التجريبية لقناة معشوشبة
35	1-3 شروط التجربة
35	1-1-3 عدد رينولدز Re
35	2-1-3 عدد فرود Fr
36	2-3 الأدوات المستعملة
36	1-2-3 قناة التجارب
36	1-2-3 حوض التجميع
37	3-2-3 المضخة ولواحقها
37	4-2-3 آلية التحكم في ميل القناة
38	5-2-3 جهاز قياس مستوى الماء (Limnimètre)
38	6-2-3 جهاز قياس التدفق
39	7-2-3 جهاز قياس الميل
39	8-2-3 الألواح الخشبية
40	9-2-3 نبات القصب
40	3-3 كيفية إجراء التجارب
40	1-3-3 المرحلة الأولى
41	2-3-3 المرحلة الثانية
42	3-3-3 المرحلة الثالثة
43	4-3 الخصائص المدروسة
43	1-4-3 ارتفاع الماء النسبي
43	2-4-3 السرعة النسبية
43	3-4-3 معامل الخشونة النسبي
43	5-3 الخصائص المعلومة
43	1-5-3 التدفق النسبي
44	2-5-3 الكثافة النسبية للعوائق
47	الفصل الرابع : دراسة النتائج المحصل عليها حول خصائص الجريان في القنوات المعشوشب
48	دراسة ارتفاع الماء النسبي داخل القناة
62	2-4 دراسة السرعة النسبية للجريان
74	3-4 دراسة معامل الخشونة النسبي

87	الفصل الخامس : دراسة الحل المقترح لمحاربة نمو الأعشاب في القنوات المفتوحة
88	1-5 خصائص الجريان في الوسط المسامي
88	1-1-5 قانون دارسي Darcy
88	2-1-5 شروط تطبيق علاقة دارسي
89	3-1-5 الناقلية الهيدروليكية
89	4-1-5 المسامية
89	5-1-5 سرعة دارسي
90	6-1-5 الوسط المتجانس
90	7-1-5 الوسط المتماثل
90	8-1-5 السرعة الحقيقية للجريان في الوسط المسامي
91	2-5 الأدوات المستعملة
94	3-5 كيفية إجراء التجارب
94	1-3-5 المرحلة الأولى
95	2-3-5 المرحلة الثانية
96	3-3-5 المرحلة الثالثة
97	4-3-5 المرحلة الرابعة
98	5-3-5 المرحلة الخامسة
99	4-5 الخصائص المعنية بالدراسة
99	1-4-5 ارتفاع الماء النسبي
99	2-4-5 السرعة الحقيقية النسبية
100	3-4-5 المسامية التجريبية
100	4-4-5 التدفق النسبي
101	5-4-5 القطر النسبي
102	5-5 دراسة ارتفاع الماء النسبي داخل القناة
102	1-5-5 ارتفاع الماء النسبي عند $L = 0.00$ m
104	2-5-5 ارتفاع الماء النسبي عند $L = 50$ cm
106	2-5-5 ارتفاع الماء النسبي عند $L = 100$ cm
108	2-5-5 ارتفاع الماء النسبي عند $L = 150$ cm
115	6-5 دراسة السرعة النسبية للجريان
115	1-6-5 دراسة السرعة النسبية عند $L = 0.00$

- 118..... L = 50 cm دراسة السرعة النسبية عند L = 50 cm 2- 6-5
- 120..... L = 100 cm دراسة السرعة النسبية عند L = 100 cm 3- 6-5
- 122..... L = 150 cm دراسة السرعة النسبية عند L = 150 cm 4- 6-5
- 131..... الفصل السادس : تأكيد النتائج المحصل عليها ومقارنتها بالحل المقترح
- 132..... 1-6 دراسة ميدانية لتأثير نبات القصب على خصائص الجريان
- 133..... 2-6 التأكد من نتائج تأثير الأعشاب على ارتفاع الماء
- 134..... 3-6 التأكد من نتائج تأثير الأعشاب على سرعة الجريان
- 135..... 4-6 التأكد من نتائج تأثير الأعشاب على معامل الخشونة
- 136..... 5-6 المقارنة بين نتائج تأثير الأعشاب وتأثير الحصى على خصائص الجريان
- 137..... 1-5-6 مقارنة ارتفاع الماء في القناة المعشوشبة مع الوسط المسامي
- 139..... 2-5-6 مقارنة سرعة الجريان في القناة المعشوشبة مع الوسط المسامي
- 141..... 6-6 خلاصة
- 142..... خلاصة عامة
- 144..... تقصيات
- 145..... المصطلحات المستعملة
- 149..... المراجع

فهرس الأشكال

رقم الصفحة	العنوان	رقم الشكل
8	منحنى تغير القيم المتوسطة الشهرية للتساقطات والتبخر والنتح خلال السنة	01 - أ
9	منحنى تغير القيم المتوسطة الشهرية لدرجة الحرارة والرطوبة خلال السنة	01 - ب
11	مختلف الطبقات الهيدروجيولوجية للصحراء الجزائرية	02
12	مقطع هيدروجيولوجي شمال - جنوب للمركب النهائي Complexe terminal لأسفل الصحراء - الجزائر	03
14	تطور تدفق التصريف عبر القناة الرئيسية لواد ريغ	04
15	تطور مردودية إنتاج التمور في بلديات تقرت المرتبطة بواد ريغ	05
24	توزيع سرعة الجريان في حالة الجريان اللزج المفتوحة	06
25	مبدأ انخفاض الكتلة (معادلة الاستمرار)	07
26	المساحة المبللة والمحيط المبلل في مقطع عرضي لقناة	08
27	القوى المؤثرة على حركة المياه داخل قناة	09
28	تمثيل قوى الثقالة والاحتكاك على مساحة جزئية من الماء داخل قناة مفتوحة	10
43	شكل توضيحي لتأثير وجود عوائق في مقطع قناة	11
49	منحنى تغير ارتفاع الماء النسبي Y^* بدلالة المساحة النسبية للمقطع Ω عند التدفق النسبي $q = 0.011$	12
51	منحنى تغير ارتفاع الماء النسبي Y^* بدلالة المساحة النسبية للمقطع Ω عند التدفق النسبي $q = 0.015$	13
54	منحنى تغير ارتفاع الماء النسبي Y^* بدلالة المساحة النسبية للمقطع Ω عند التدفق النسبي $q = 0.020$	14
55	منحنى تغير ارتفاع الماء النسبي Y^* بدلالة المساحة النسبية للمقطع Ω عند التدفق النسبي $q = 0.026$	15
58	منحنى تغير المعامل E بدلالة التدفق النسبي q	16
60	قيم ارتفاع الماء النسبي التجريبية Y_{exp}^* بدلالة ارتفاع الماء النسبي Y_{TH}^* الناتجة من العلاقة (41)	17
62	منحنى تغير السرعة النسبية V^* بدلالة المساحة النسبية للمقطع Ω عند التدفق النسبي $q = 0.011$	18
64	منحنى تغير السرعة النسبية V^* بدلالة المساحة النسبية للمقطع Ω عند التدفق النسبي $q = 0.015$	19
66	منحنى تغير السرعة النسبية V^* بدلالة المساحة النسبية للمقطع Ω عند التدفق النسبي $q = 0.020$	20
68	منحنى تغير السرعة النسبية V^* بدلالة المساحة النسبية للمقطع Ω عند التدفق النسبي $q = 0.026$	21
70	منحنى تغير المعامل C بدلالة التدفق النسبي q	22
72	قيم السرعة النسبية التجريبية V_{exp}^* بدلالة السرعة النسبية V_{TH}^* الناتجة من العلاقة (43)	23
74	منحنى تغير معامل الخشونة النسبي K^* بدلالة المساحة النسبية للمقطع Ω عند التدفق النسبي $q = 0.011$	24
76	منحنى تغير معامل الخشونة النسبي K^* بدلالة المساحة النسبية للمقطع Ω عند التدفق النسبي $q = 0.015$	25
78	منحنى تغير معامل الخشونة النسبي K^* بدلالة المساحة النسبية للمقطع Ω عند التدفق النسبي $q = 0.020$	26
80	منحنى تغير معامل الخشونة النسبي K^* بدلالة المساحة النسبية للمقطع Ω عند التدفق النسبي $q = 0.026$	27

82	منحنى تغير المعامل G بدلالة التدفق النسبي q	28
84	قيم معامل الخشونة النسبي التجريبية K_{exp}^* بدلالة معامل الخشونة النسبي K_{TH}^* الناتجة من العلاقة (45)	29
88	مركبات عينة من الحصى	30
100	شكل توضيحي لمقطع قناة في حالة وجود وعدم وجود الحصى	31
102	تغيرات ارتفاع الماء النسبي Y_g^* بدلالة التدفق النسبي q_g عند $L = 0.00$ cm وفي حالة المسامية $\varepsilon = 0.25$	32
104	تغيرات ارتفاع الماء النسبي Y_g^* بدلالة التدفق النسبي q_g عند $L = 50.0$ cm وفي حالة المسامية $\varepsilon = 0.25$	33
106	تغيرات ارتفاع الماء النسبي Y_g^* بدلالة التدفق النسبي q_g عند $L = 100$ cm وفي حالة المسامية $\varepsilon = 0.25$	34
108	تغيرات ارتفاع الماء النسبي Y_g^* بدلالة التدفق النسبي q_g عند $L = 150$ cm وفي حالة المسامية $\varepsilon = 0.25$	35
110	منحنى تغير المعامل t بدلالة القطر النسبي φ	36
113	قيم ارتفاع الماء النسبي التجريبية $Y_{g\ exp}^*$ بدلالة ارتفاع الماء النسبي $Y_{g\ TH}^*$ الناتجة من العلاقة (60)	37
116	تغيرات السرعة النسبية V_g^* بدلالة التدفق النسبي q_g عند $L = 0.00$ cm وفي حالة المسامية $\varepsilon = 0.25$	38
118	تغيرات السرعة النسبية V_g^* بدلالة التدفق النسبي q_g عند $L = 50.0$ cm وفي حالة المسامية $\varepsilon = 0.25$	39
120	تغيرات السرعة النسبية V_g^* بدلالة التدفق النسبي q_g عند $L = 100$ cm وفي حالة المسامية $\varepsilon = 0.25$	40
122	تغيرات السرعة النسبية V_g^* بدلالة التدفق النسبي q_g عند $L = 150$ cm وفي حالة المسامية $\varepsilon = 0.25$	41
124	منحنى تغير المعامل w بدلالة القطر النسبي φ	42
127	قيم السرعة النسبية التجريبية $V_{g\ exp}^*$ بدلالة السرعة النسبية $V_{g\ TH}^*$ الناتجة من العلاقة (62)	43
132	تغيرات Y_2^* المستنتجة من الدراسة الميدانية بدلالة Y_1^* المستنتجة من العلاقة (41)	44
133	تغيرات V_2^* المستنتجة من الدراسة الميدانية بدلالة V_1^* المستنتجة من العلاقة (43)	45
134	تغيرات K_2^* المستنتج من الدراسة الميدانية بدلالة K_1^* المستنتج من العلاقة (45)	46
137	تغيرات Y^* و Y_g^* المحصل عليها من العلاقة (41) والعلاقة (60) بدلالة قطر الاحجار φ وعند مسامية $\varepsilon = 0.25$	47
138	تغيرات ارتفاع الماء النسبي في الوسط المسامي Y_g^* المحصل عليه من العلاقة (60) بدلالة المسامية ε عند القطر 0.32 m	48
139	تغيرات V^* و V_g^* المحصل عليها من العلاقة (***) والعلاقة (***) بدلالة قطر الاحجار φ وعند مسامية $\varepsilon = 0.25$	49
140	تغيرات السرعة النسبية في الوسط المسامي V_g^* المحصل عليه من العلاقة (62) بدلالة المسامية ε عند القطر 0.73 m	50

فهرس الجداول

رقم الصفحة	العنوان	رقم الجدول
8	قيم المتوسط الشهري للحرارة والرطوبة والتساقطات والتبخر والنتح في الفترة (1975-2005) لمنطقة وادي ريغ	01
23	أنواع الجريان في القنوات المفتوحة	02
48	قيم ارتفاع الماء في حالة وجود وحالة عدم وجود نبات القصب عند التدفق النسبي $q = 0.011$	03
50	قيم ارتفاع الماء في حالة وجود وحالة عدم وجود نبات القصب عند التدفق النسبي $q = 0.015$	04
52	قيم ارتفاع الماء في حالة وجود وحالة عدم وجود نبات القصب عند التدفق النسبي $q = 0.020$	05
54	قيم ارتفاع الماء في حالة وجود وحالة عدم وجود نبات القصب عند التدفق النسبي $q = 0.026$	06
58	قيم D و E و R^2 المحصل عليها من نتائج دراسة ارتفاع الماء بدلالة التدفق النسبي q	07
59	قيم ارتفاع الماء النسبي التجريبية Y_{exp}^* وقيم ارتفاع الماء النسبي النظرية Y_{TH}^*	08
61	قيم السرعة في حالة وجود وعدم وجود نبات القصب والسرعة النسبية التجريبية عند التدفق النسبي $q = 0.011$	09
63	قيم السرعة في حالة وجود وعدم وجود نبات القصب والسرعة النسبية التجريبية عند التدفق النسبي $q = 0.015$	10
65	قيم السرعة في حالة وجود وعدم وجود نبات القصب والسرعة النسبية التجريبية عند التدفق النسبي $q = 0.020$	11
67	قيم السرعة في حالة وجود وعدم وجود نبات القصب والسرعة النسبية التجريبية عند التدفق النسبي $q = 0.026$	12
69	قيم A و C و R^2 المحصل عليها من نتائج دراسة سرعة الجريان بدلالة التدفق النسبي q	13
72	قيم السرعة النسبية التجريبية V_{exp}^* وقيم السرعة النسبية النظرية V_{TH}^*	14
73	قيم معامل الخشونة في حالة وجود وحالة عدم وجود نبات القصب عند التدفق النسبي $q = 0.011$	15
75	قيم معامل الخشونة في حالة وجود وحالة عدم وجود نبات القصب عند التدفق النسبي $q = 0.015$	16
77	قيم معامل الخشونة في حالة وجود وحالة عدم وجود نبات القصب عند التدفق النسبي $q = 0.020$	17
79	قيم معامل الخشونة في حالة وجود وحالة عدم وجود نبات القصب عند التدفق النسبي $q = 0.026$	18
81	قيم F و G و R^2 المحصل عليها من نتائج دراسة معامل الخشونة النسبي بدلالة التدفق النسبي q	19
83	قيم معامل الخشونة النسبي التجريبية K_{exp}^* وقيم معامل الخشونة النسبي النظرية K_{TH}^*	20
100	قيم أبعاد الحصى المستعمل في التجارب	21
101	ارتفاع الماء النسبي Y_g^* عند $L = 0.00$ m وفي حالة المسامية $\varepsilon = 0.25$	22
102	قيم M و t و R^2 المحصل عليها عند $L = 0.00$ m وبدلالة أقسام الحصى المستعمل	23
103	ارتفاع الماء النسبي Y_g^* عند $L = 50.0$ cm وفي حالة المسامية $\varepsilon = 0.25$	24
104	قيم M و t و R^2 المحصل عليها عند $L = 50.0$ cm وبدلالة أقسام الحصى المستعمل	25
105	ارتفاع الماء النسبي Y_g^* عند $L = 100$ cm وفي حالة المسامية $\varepsilon = 0.25$	26
106	قيم M و t و R^2 المحصل عليها عند $L = 100$ cm وبدلالة أقسام الحصى المستعمل	27
107	ارتفاع الماء النسبي Y_g^* عند $L = 150$ cm وفي حالة المسامية $\varepsilon = 0.25$	28
108	قيم M و t و R^2 المحصل عليها عند $L = 150$ cm وبدلالة أقسام الحصى المستعمل	29
109	القيم الدنيا والعظمى لارتفاع الماء النسبي Y_g^* في كل المقاطع المدروسة ولجميع أقسام الحصى المستعمل	30

	وفي حالة المسامية $\varepsilon = 0.25$	
110	القيم المتوسطة للمعاملات M و t في كل المقاطع المدروسة ولجميع أقسام الحصى المستعمل	31
112	قيم ارتفاع الماء النسبي التجريبية $Y_{g\ exp}^*$ وقيم ارتفاع الماء النسبي النظرية $Y_{g\ TH}^*$ وفي حالة المسامية $\varepsilon = 0.25$	32
114	تأثير مختلف قيم المسامية ε على مدى إرتباطية العلاقة المقترحة (61) بالنتائج المحصل عليها	33
115	ارتفاع السرعة النسبية V_g^* عند $L = 0.00$ وفي حالة المسامية $\varepsilon = 0.25$	34
116	قيم U و w و R^2 المحصل عليها عند $L = 0.00$ وبدلالة أقسام الحصى المستعمل	35
117	ارتفاع السرعة النسبية V_g^* عند $L = 50.0$ وفي حالة المسامية $\varepsilon = 0.25$	36
118	قيم U و w و R^2 المحصل عليها عند $L = 50.0$ وبدلالة أقسام الحصى المستعمل	37
119	ارتفاع السرعة النسبية V_g^* عند $L = 100$ وفي حالة المسامية $\varepsilon = 0.25$	38
120	قيم U و w و R^2 المحصل عليها عند $L = 100$ وبدلالة أقسام الحصى المستعمل	39
121	ارتفاع السرعة النسبية V_g^* عند $L = 150$ وفي حالة المسامية $\varepsilon = 0.25$	40
122	قيم U و w و R^2 المحصل عليها عند $L = 150$ وبدلالة أقسام الحصى المستعمل	41
123	القيم الدنيا والعظمى للسرعة النسبية Y_g^* في كل المقاطع المدروسة ولجميع أقسام الحصى المستعمل وفي حالة المسامية $\varepsilon = 0.25$	42
124	القيم المتوسطة للمعاملات U و w في كل المقاطع المدروسة ولجميع أقسام الحصى المستعمل	43
126	قيم السرعة النسبية التجريبية $V_{g\ exp}^*$ وقيم السرعة النسبية النظرية $V_{g\ TH}^*$ وفي حالة المسامية $\varepsilon = 0.25$	44
128	تأثير مختلف قيم المسامية ε على مدى إرتباطية العلاقة المقترحة (63) بالنتائج المحصل عليها	45
128	قيم المعاملان a و b في العلاقة (64)	46
132	قيم Y_1^* و Y_2^* المحصل عليها من نتائج الدراسة المخبرية والدراسة الميدانية	47
133	قيم V_1^* و V_2^* المحصل عليها من نتائج الدراسة المخبرية والدراسة الميدانية	48
134	قيم K_1^* و K_2^* المحصل عليها من نتائج الدراسة المخبرية والدراسة الميدانية	49
135	قيم Y^* و Y_g^* المحصل عليها من العلاقة (41) والعلاقة (60)	50
136	قيم V^* و V_g^* المحصل عليها من العلاقة (43) والعلاقة (62)	51

فهرس الصور

رقم الصفحة	العنوان	رقم الصورة
7	الوضعية الجغرافية لوادي ريغ	01
7	الوضعية الطبوغرافية لوادي ريغ	02
13	صعود المياه الجوفية بجانب وادي ريغ - منطقة سيدي عمران 2012	03
13	تراكم الأملاح بعد تبخر المياه السطحية - منطقة أنقوسة - ورقلة 2012	04
14	تآكل وانحيار جدران القناة الرئيسية لوادي ريغ - منطقة عين الشوشة 2012	05
15	نمو نبات القصب في قنوات الصرف الفلاحي - منطقة عين الشوشة 2012	06
16	نبات من الفصيلة الرطراطية على جانبي القناة الرئيسية لوادي ريغ - تقرت	07
16	نبات الطرفا على أطراف قناة للصرف الفلاحي - ورقلة	08
17	نبات القصب الشائع أو القصب الصغير	09
17	نبات القصب على جانبي وفي وسط قناة وادي ريغ - تقرت	10
18	طول نبات القصب الشائع - ورقلة	11
18	أقطار نبات القصب الشائع الموجودة في منطقة الواحات ورقلة	12
18	أبعاد زهرة نبات القصب الشائع الموجودة في منطقة الواحات ورقلة	13
19	قناة في منطقة ورقلة تم تنظيفها من نبات القصب عن طريق استعمال الآلات	14
19	نمو نبات القصب في نفس القناة السابقة وبعد مرور أربعة أشهر ونصف	15
19	نمو نبات القصب في نفس القناة السابقة وبعد مرور ثلاث سنوات وستة أشهر	16
35	قناة مفتوحة ذات مقطع مستطيل مثبتة في المخبر الهيدروتقني بجامعة ورقلة ضبط التدفق	17
36	المضخة ولواحقها	18
36	لولب - صامولة (Vis-écrou) لضبط ميل القناة التجارب	19
37	جهاز Limnimètre لقياس مستويات الماء في القناة المفتوحة	20
37	جهاز الهدار Déversoir لقياس تدفقات الماء في القناة المفتوحة	21
38	هاز المسواة Niveau لقياس ميل أرضية قناة التجارب	22
38	صفيحة خشبية لاستعمالها في التجارب	23
39	قطع وتجميع نبات القصب	24
40	إجراء التجارب على الصفائح وهي فارغة من سيقان القصب	25
40	تجارب بوجود سيقان القصب باستعمال أصغر قطر وبكثافة مختلفة	26
41	تجارب بوجود سيقان القصب باستعمال أكبر قطر وبكثافة مختلفة	27
57	آثار المياه بعد انخفاض المنسوب	28
91	القسم DI للحصى المستعمل	29

91	القسم D2 للحصى المستعمل	30
92	القسم D3 للحصى المستعمل	31
92	القسم D4 للحصى المستعمل	32
93	مسطرة قياس ارتفاع داخل الوسط المسامي	33
93	إجراء التجارب على القناة وهي فارغة من الحصى	34
94	قياس ارتفاع الماء داخل القناة في حالة الحصى المستعمل D1 ولمختلف التدفقات المستعملة	35
95	قياس ارتفاع الماء داخل القناة في حالة الحصى المستعمل D2 ولمختلف التدفقات المستعملة	36
96	قياس ارتفاع الماء داخل القناة في حالة الحصى المستعمل D3 ولمختلف التدفقات المستعملة	37
98	قياس ارتفاع الماء داخل القناة في حالة الحصى المستعمل D4 ولمختلف التدفقات المستعملة	38
131	القناة التي أجريت عليها التجارب الميدانية - ورقة	39
131	إعداد محطة القياس	40
131	قياس ارتفاع الماء بعد قطع عدد معين من القصب	41

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مُقَدِّمَةٌ

خلق الله البشر على الكرة الأرضية لغاية ما، فكان أول ما خلق من البشر آدم عليه السلام كما قال **جَلَّالَهُ**: ﴿وَإِذْ قَالَ رَبُّكَ لِلْمَلَائِكَةِ إِنِّي جَاعِلٌ فِي الْأَرْضِ خَلِيفَةً﴾ ﴿البقرة 30﴾ ، ثم خلق حواء وبدء بعدها الإنسان في التكاثر كما قال **جَلَّالَهُ**: ﴿يَا أَيُّهَا النَّاسُ اتَّقُوا رَبَّكُمُ الَّذِي خَلَقَكُمْ مِنْ نَفْسٍ وَاحِدَةٍ وَخَلَقَ مِنْهَا زَوْجَهَا وَبَثَّ مِنْهُمَا رِجَالًا كَثِيرًا وَنِسَاءً﴾ ﴿النساء 1﴾ ، وبسبب سنة التدافع كما يقول الدكتور عبد الرحمن المطرودي في كتابه "الإنسان وجوده وخلافته في الأرض" : إن دافع الخلود هو دافع نفسي فطري يجده كل إنسان في أعماق ذاته، حيث أن الأمل يسير به دائما إلى الأمام في المزيد من الحياة [2]، ومن أجل هذا الدافع وغيره بدء الإنسان في اكتشاف خيرات الأرض، قال **جَلَّالَهُ**: ﴿وَلَقَدْ مَكَّنَّاكُمْ فِي الْأَرْضِ وَجَعَلْنَا لَكُمْ فِيهَا مَعَايِشَ قَلِيلًا مَا تَشْكُرُونَ﴾ ﴿الأعراف 10﴾. ثم ازداد عدد البشر مما أدى إلى اتساع في رقعة الأرض التي يستغلونها، فانتشر الإنسان على شكل جماعات وقبائل إلى حيث وفرة ورغد العيش الكريم، قال **جَلَّالَهُ**: ﴿يَا أَيُّهَا النَّاسُ إِنَّا خَلَقْنَاكُمْ مِنْ ذَكَرٍ وَأُنْثَى وَجَعَلْنَاكُمْ شُعُوبًا وَقَبَائِلَ لِتَعَارَفُوا إِنَّ أَكْرَمَكُمْ عِنْدَ اللَّهِ أَتْقَاكُمْ إِنَّ اللَّهَ عَلِيمٌ خَبِيرٌ﴾ ﴿الحجرات 13﴾ ، ولعدة أسباب قد نعلم أو نجهد بعضها اتخذت بعض الشعوب الجبال والسواحل مكان للعيش كما استوطنت مجموعات أخرى السهوب ومنهم من لجأ إلى الصحراء وأماكن أخرى.

فكانت الصحراء الجزائرية من بين تلك الأراضي التي استغلت منذ قرون، حيث تشير بعض الدراسات إلى أن هناك نشاط بشري في الصحراء الكبرى امتد من 6100 ق.م إلى غاية 1000 ق.م [5]، فبرغم من صعوبة العيش وقسوة الطبيعة في مناطق تبدو خالية من مقومات الحياة استطاع الإنسان مقاومتها والتكيف مع ظروفها وهذا بوجود الماء الذي يعتبر العنصر الأساسي للحياة كما قال الله **جَلَّالَهُ**: ﴿وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ أَفَلَا يُؤْمِنُونَ﴾ ﴿الأنبياء 30﴾.

ومن بين تلك المناطق الشهيرة التي استعمرها البشر في الصحراء الجزائرية منطقة وادي ريغ والتي توجد في الجنوب الشرقي للجزائر، والتي تعتبر من أكبر الواحات في الصحراء الكبرى حيث تضم خمسون واحة [4]، كما تشير الدراسات

إلى أن عمق المياه القريبة من الأرض يتراوح بين 0.70 m إلى 2.00 m [38]، وهذا ما ساعد الإنسان على سهولة استغلال الماء في المنطقة حسب وسائله وإمكانياته المتوفرة له عبر العصور.

ومنذ قرون سابقة وسكان المنطقة يستغلون وجود المياه ومستوياته القريبة في زراعة النخيل خاصة، وذلك من أجل إنتاج أنواع التمور - الذي يعتبر تجارة وغذاء رئيسي لهم - بالإضافة إلى ذلك استخدام جذوع النخل وجريدها كمواد بناء ، واستعمل سعفها في إنتاج بعض الأدوات المنزلية (الملحق 01)، كما تحدث عنه ابن خلدون في مقدمته عن استعمال الخشب منذ أزمنة بعيدة: " فأما أهل البدو فيتخذون منها العمد والأوتاد لحياتهم والحدوج لظعائهم والرماح والقسي والسهام لسلاحهم وأما أهل الحضرة فالتسقف لبيوتهم والأغلاق لأبوابهم والكراسي لجلوسهم " [1].

ومع تطور السنين زاد استغلال الأراضي من أجل الوصول إلى إنتاج أكثر من تلك السلع، ومن الطبيعي زيادة استغلال الأراضي يؤدي إلى زيادة في طلب كميات مياه السقي، وهذا يزيد من تراكم المياه في حجم الطبقة السطحية غير أن الوضعية الطبوغرافية للمنطقة تسمح بتصريف طبيعي للمياه وذلك بوجود منحدر يتوسط المنطقة يسمى وادي ريغ، والذي تم تنظيمه سنة 1924 من أجل أن يحمل المياه الزائدة إلى منطقة منخفضة تسمى شط مروانة ثم شط ملغيغ على امتداد يبلغ 140 Km [13].

ومع التطور التكنولوجي في وسائل الحفر والتنقيب على المياه، وكبقية المناطق الصحراوية استغل سكان منطقة وادي ريغ طبقات المياه الجوفية العميقة وخاصة طبقة التداخل CI القاري وطبقة المركب النهائي CT وذلك من أجل توفير حاجات المياه المتزايدة ولكن حجم المياه الضخم الناتج عن الطبقتين أكبر بكثير من قدرة استيعاب الطبقة العلوية مما أدى إلى صعود المياه إلى السطح [12]، وخاصة في النقاط المنخفضة وهذا ما يعرف بظاهرة صعود مياه الطبقة السطحية (Nappe phréatique) والتي أدت بدورها إلى مشكلة ملوحة التربة مما يقلل في مردودية الإنتاج الفلاحي [19].

ولأجل حل هذه المشكلة أقيمت عدة مشاريع حفر خنادق حول المساحات المزروعة وربطها بالمجرى الرئيسي لوادي ريغ، ومشاريع أخرى لإعادة تأهيل القناة الرئيسية لوادي ريغ من أجل ضمان تصريف جيد للمياه الزائدة [27]. وحسب مكتب الدراسات BRL ingénierie فقد تم إنجاز شبكة من قنوات الصرف الفلاحي تصب في القناة الرئيسية لوادي ريغ وذلك بتدفق 0,6 l/s/ha [13]. غير أنه في السنوات الأخيرة عرفت هذه القنوات عدة مشاكل منها تآكل وانحيار جدرانها، ومنها نمو الأعشاب الضارة وخاصة نبات القصب، وهذا ما أدى إلى ضعف في المردود والطاقة الكلية للتصريف (تصريف ضعيف) [20].

إن هذه المشاكل أدت بكثير من الباحثين إلى دراسة هذه القناة من عدة جوانب، مثل دراسة تلوث الطبقة وتآكل النخيل بوادي ريغ، حيث تشير الدراسة إلى أن سرعة جريان المياه في القنوات تتراوح بين $[0,66 \div 0,041]$ m/s، كما تذكر الدراسة أن مياه الطبقة السطحية جد ملوثة حيث تصل نسبة الملوحة في بعض المناطق القريبة من مجرى القناة الرئيسية إلى 14,92 g/l، كما تطرقت الدراسة إلى أبعاد القناة وكمية تصريف المياه خلال عدة محطات [38].

وبعد اطلاعي على مجموعة من البحوث المهمة بهذه المشاكل، فقد لاحظت أن معظمها لم تتطرق إلى أحد أهم الجوانب الرئيسية لمشكلة تآكل وانسداد مجرى المياه وهو نمو الأعشاب في القنوات، وخاصة نمو نبات القصب في قنوات الصرف الفلاحي، ومن المعلوم أن وجود الأعشاب في القنوات يؤثر على خصائص الجريان مثل السرعة وارتفاع الماء داخل القناة ولذلك طرحت التساؤل التالي: كيف يؤثر حجم وكثافة الأعشاب على خصائص جريان المياه؟ وكيف تتغير سرعة الجريان مثلاً من حالة قناة بدون أعشاب إلى قناة بالأعشاب؟ وكيف تتغير مستويات الماء داخل القنوات بعد نمو الأعشاب؟ وهل خشونة القناة تبقى نفسها أم تتغير؟

والفائدة من الجواب على هذا التساؤل يؤدي أولاً إلى مساعدة المهندسين والمصممين لشبكات الصرف الفلاحي على الأخذ بعين الاعتبار عامل نمو الأعشاب بعد زمن من انجاز القنوات وذلك من أجل ضمان ديمومة قنوات التصريف الفلاحي، ويساعد ثانياً على التنبؤ بمدى تأثير الأعشاب على التصريف الجيد للقناة من أجل تحديد موعد أعمال التنظيف، ولذلك تم اقتراح موضوع البحث الذي سنتطرق إليه في هذه الرسالة تحت عنوان: "دراسة تأثير نمو النباتات على الجريان في القنوات المفتوحة في المناطق الجافة".

حيث اتبعت في المرحلة الأولى من هذه الدراسة طريقة للوصول إلى معرفة كيفية تغير بعض خصائص الجريان من قناة بدون أعشاب إلى قناة بوجود الأعشاب، وذلك على حسب كثافة وسمك هذه الأعشاب، وقد اخترنا الخصائص المهمة للجريان والتي تستعمل خاصة في تصميم القنوات المفتوحة، والخصائص هي سرعة الجريان وارتفاع الماء ومعامل الخشونة. وفي المرحلة الثانية من هذه الدراسة قمنا باقتراح حل لظاهرة نمو الأعشاب في القنوات، حيث تمت دراسة هذا الحل من الجانب النظري والتطبيقي. ثم أجرينا مقارنة بين الحل المقترح والحالات التي تنمو بها الأعشاب في القنوات، وذلك لمقارنة تغير السرعة وارتفاع الماء داخل القناة في الحالتين.

ومن أجل الوصول إلى هذا الهدف قسمت هذا العمل إلى فصول رئيسية وتحتها فروع، فكان الفصل الأول خاص بالتعريف بالمنطقة وقد بينت فيه ملخص عام عن الحالة الجغرافية والمناخية والوضعية الطبوغرافية والتكوين الجيولوجي للمنطقة، ثم أضفت له مبحث خاص أشرح فيه بعض الظواهر وخصائص الأعشاب التي تنمو في قنوات الصرف الفلاحي وذلك بعد عدة زيارات ميدانية للمنطقة المدروسة.

أما الفصل الثاني كان خاص بدراسة القوانين الهيدروليكية العامة التي تسير جريان الماء داخل القنوات المفتوحة، ثم تطرقت لبعض الدراسات السابقة والمشاهدة لمشكلة تغير خصائص الجريان بوجود الأعشاب.

وفي الفصل الثالث قمت بشرح بروتوكول التجارب التي أجريتها وتبيين الأدوات المستعملة وشروط إجراء التجارب، كما وضحت كيفية أخذ القياسات من أجل حساب قيم خصائص الجريان.

أما الفصل الرابع فكان خاص بسرد النتائج المحصل عليها، حيث أتبعته كل نتيجة بقراءتها وتحليلها، ثم أضفت دراسة تحليلية لكل النتائج والتي أعطتنا نماذج رياضية جديدة خاصة بهذه الظاهرة.

وفي الفصل الخامس تطرقت إلى شرح الحل المقترح لمحاربة نمو الأعشاب في القنوات المفتوحة وكيفية إجراء التجارب المخبرية لهذا الحل، ثم سرد النتائج المخبرية الخاصة بالحل ومن ثم استخلاص بعض النماذج الرياضية وذلك من أجل مقارنتها مع النماذج الأخرى.

أما الفصل السادس فقد تناولت فيه تأكيد النتائج المحصل عليها تجريبياً وذلك من خلال مقارنتها مع النماذج المقترحة من طرف الباحثين من جهة ومقارنتها مع نتائج دراسة ميدانية من جهة أخرى ثم وباستعمال النماذج الرياضية المحصل عليها قمت بدراسة ما هي أهم وأفضل النتائج النظرية للحل المقترح، ثم اتبعته بملخص عن هذه الدراسة.

وفي الأخير وضعت خاتمة لهذا البحث مبيناً فيه أسباب هذه الدراسة وأهم العلاقات الرياضية التي تهتم بهذه المسألة وأهم النتائج المحصل عليها والحل المقترح، وقد ختمت هذا البحث بتوصيات عامة للاستفادة منها مستقبلاً.

أرجو أن يكون هذا البحث عاملاً مساعداً للإنسان على معرفة بعض الظواهر التي تحيط به وتساعد الباحثين في إيجاد حل جذري ويلاءم البيئة لمشكلة نمو الأعشاب في قنوات الصرف الفلاحي وخاصة بمنطقة وادي ريغ التي تؤدي إلى نتائج سلبية على حياة واقتصاد الفرد والمجتمع في هذه المنطقة من العالم.

الفصل

الأول



الخصائص الطبيعية للمنطقة المدروسة

الفصل الأول

الخصائص الطبيعية للمنطقة المدروسة

من أجل دراسة تأثير الأعشاب على جريان المياه تم اختيار منطقة وادي ريغ التي تعرف انتشار كبير لنمو الأعشاب في قنوات الصرف الفلاحي ، والتي من بينها القناة الرئيسية لوادي ريغ، ولذلك كان لزاماً علينا أن نبين ونوضح طبيعة المنطقة التي تعيش فيها هذه النباتات وهذا من أجل الوصول إلى النقاط التالية :

- تحديد المجال التطبيقي للنماذج الرياضية المستعملة والمقترحة في الفصل الرابع.
- معرفة بعض القيم الموجودة في الواقع وذلك من أجل محاكاتها مع التجارب المخبرية.
- اختيار الحل المناسب لطبيعة المنطقة وحسب الموارد الطبيعية الموجودة في المنطقة.

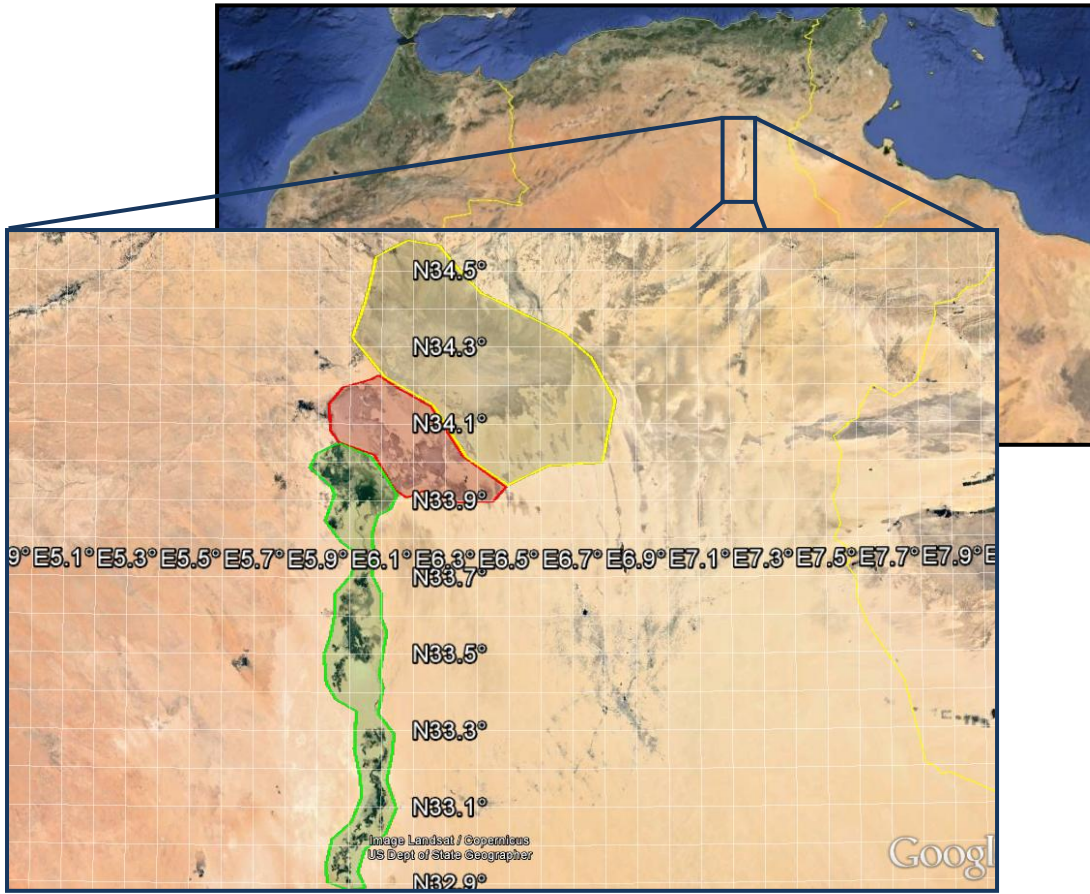
1-1 الوضعية الجغرافية :

تقع منطقة وادي ريغ في الجنوب الشرقي للجزائر بين دائرتي عرض $32,75^{\circ}$ و $34,75^{\circ}$ شمالاً وخطي طول $05,80^{\circ}$ و $06,90^{\circ}$ شرقاً [52]، ويمر وادي ريغ بثماني بلديات (مقاطعات) تابعة لمقاطعة تقرت الإدارية وولاية الوادي، حيث يبتدئ بمنطقة تسمى القوق El Goug ببلدية تماسين ثم يمر ببلدية تقرت ثم بلدية تسبست ثم الزاوية العابدية ثم بلدية المقارين ثم بلدية سيدي سليمان ثم بلدية جامعة ثم بلدية المغير حيث ينتهي في مصب يسمى شط مروانة (صورة 01) .

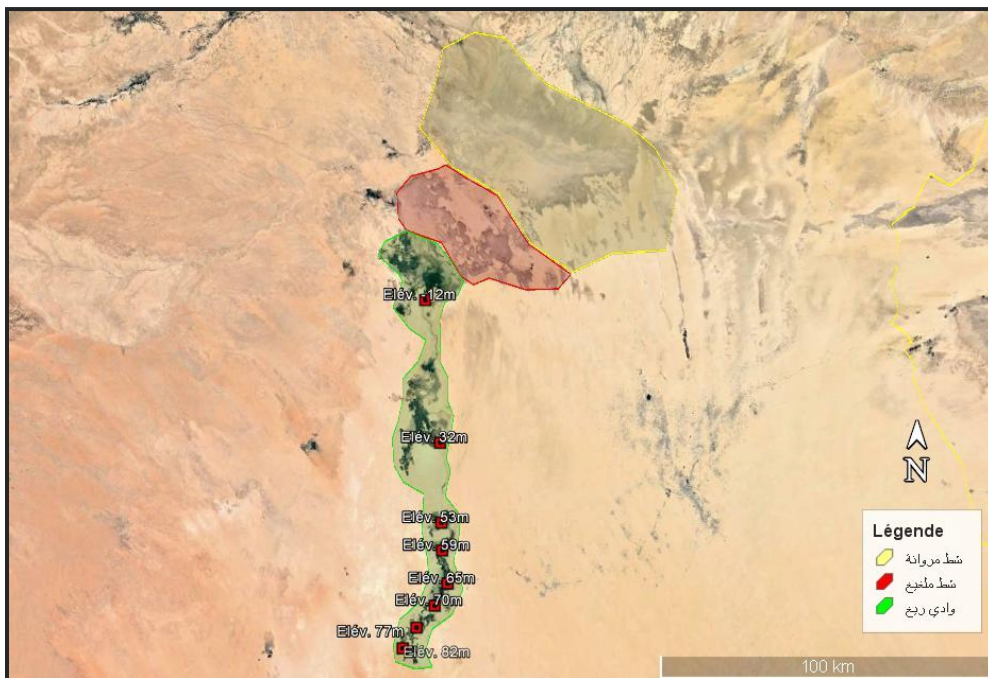
2-1 الوضعية الطبوغرافية :

حسب الصور التي يبينها برنامج Google Earth فإن منطقة وادي ريغ تعتبر منحدر طبيعي ذات طول 150 Km وعرض يتراوح بين 20 إلى 30 Km حيث يرتفع عن سطح البحر بـ 82 m عند منطقة البداية (القوق) وينتهي بارتفاع

12- m عن سطح البحر وذلك عند آخر نقطة في مجرى الرئيسي للواد بمنطقة المغير (الصورة 02) ، مما يعطي ميل مقداره 0,62 % أما المصب فهو عبارة عن سبخة (شط) بمساحة تتجاوز 96000 هكتار وبارتفاع 14- عن سطح البحر [53].



صورة 01 :الوضعية الجغرافية لوادى ريغ [53]



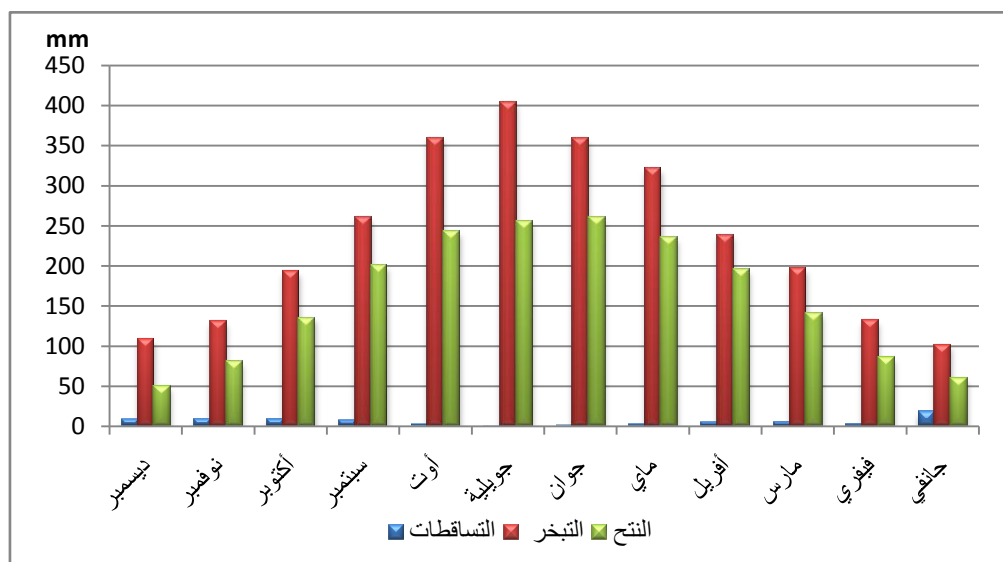
صورة 02 :الوضعية الطبوغرافية لوادى ريغ [53]

3-1 الوضعية المناخية :

تصنف منطقة وادي ريغ بأنها منقطة مفرطة الجفاف (hyper aride) حيث أن مناخ المنطقة يلعب دور كبير في انتشار ونمو النبات بصفة عامة وقد لوحظ أنه في فصل الشتاء يزداد نمو نبات القصب في الخنادق (مصارف فلاحية) بينما يقل في فصل الصيف، وحسب محطة الأرصاد الجوية الموجودة بعين المكان فإن المنطقة تعتبر من المناطق الصحراوية ذات درجة حرارة عالية صيفاً حيث تصل إلى أكثر من 34 °C كأقصى متوسط شهري ، ورطوبة منخفضة نوعاً ما تصل إلى أكثر من 66 % كأقصى متوسط شهري، أم كمية التساقطات فلا تعتبر ذات أهمية حيث سجلت mm 17.68 كأقصى قيمة لمتوسط شهري كما يوضحه الجدول 01 والشكل 01 .

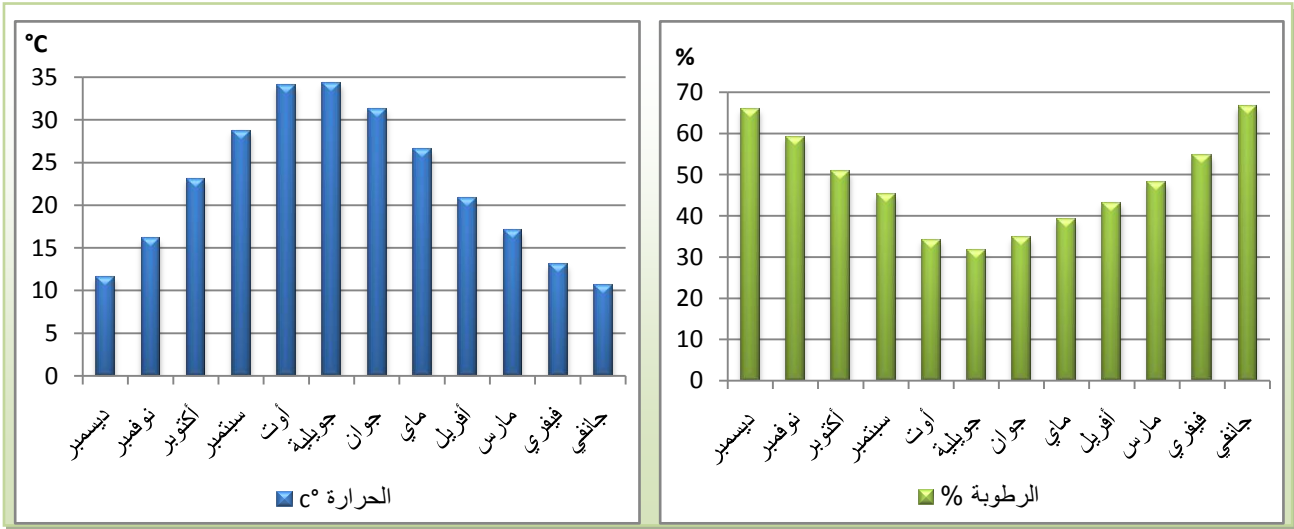
الجدول 01 : قيم المتوسط الشهري للحرارة والرطوبة والتساقطات والتبخر والنتح في الفترة (1975-2005) لمنطقة وادي ريغ [21][38]

الشهر	جانفي	فيفري	مارس	أفريل	ماي	جوان	جويلية	أوت	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
الحرارة °C	10.61	13.10	17.06	20.85	26.53	31.32	34.32	33.99	28.76	23.08	16.07	11.65
الرطوبة %	66.70	54.80	48.20	43.20	39.10	34.70	31.70	34.20	45.20	50.80	59.00	66.10
التساقطات mm	17.68	2.97	5.25	4.82	2.69	1.04	0.02	2.17	7.21	8.48	9.05	8.28
التبخر mm	101.2	131.7	197.0	238.9	321.3	358.9	404.2	360.0	260.4	192.9	130.4	108.0
النتح mm	60	85	140	195	235	260	255	243	200	135	80	50



الشكل 01 - أ : منحني تغير القيم المتوسطة الشهرية للتساقطات والتبخر والنتح خلال السنة [21]

واضح من خلال الشكل (01 - أ) أنه يوجد فارق كبير بين كمية النتح والتبخر من جهة وكمية التساقطات من جهة أخرى وذلك في أشهر الصيف خاصة، ورغم هذا الفرق فإننا لاحظنا في كثير من الأماكن بالمنطقة ظهور مياه على السطح مما يدل على أن مصدرها ليست التساقطات كما أشرنا إلى ذلك في المقدمة.



الشكل 01 - ب : منحنى تغير القيم المتوسطة الشهرية لدرجة الحرارة والرطوبة خلال السنة [38]

كما نلاحظ في الشكل (01 - ب) أن الرطوبة تنخفض في أشهر الصيف عن باقي الأشهر الأخرى وذلك بالرغم من زيادة درجة الحرارة في نفس الفترة من السنة، مما يؤثر على أن هذه المنطقة تصنف منطقة حارة وجافة [52]، وهذا ما يؤدي لمشكل تراكم الأملاح في الترب الزراعية، مما يجعل من تصريف المياه الزائدة عبر قنوات الصرف الفلاحي أمر ضروري للمنطقة بشكل عام وللزراعة بشكل خاص.

4-1 الوضعية الهيدرولوجية :

تنقسم الوضعية الهيدرولوجية لمنطقة وادي ريغ إلى قسمين على حسب تواجد المياه فنجد مياه سطحية مثل الشط والبرك والمياه التي تنساب في المجرى الرئيسي لقناة وادي ريغ ، ونلاحظ أن هذه المياه ضئيلة مقارنة مع القسم الثاني (طبقة CT و CI) وهذا راجع لقلة الأمطار والتساقطات على هذه المنطقة كما يوضحه الجدول 01 ونظراً لدرجة الحرارة العالية وقلّة نسبة الرطوبة التي تعرفها منطقة وادي ريغ فإن كمية التبخر تكون مرتفعة وهذا حسب الجدول 01 حيث نلاحظ أن كمية التبخر تفوق كمية التساقطات بكثير مما يعطينا فكرة عن مشكلة تراكم الأملاح في الترب الزراعية .

أما القسم الثاني من المياه فتتواجد في الطبقات الجوفية، حيث تنقسم إلى ثلاث طبقات رئيسية، فنجد الطبقة السطحية والتي تتواجد في عمق 0.7 m وفي بعض الأماكن يصل هذا العمق إلى 2 m ، وقد تصل الناقلية الكهربائية للمياه في هذه الطبقة إلى 9 mm hos/cm [38] مما يجعلها غير مفيدة في مجال ري الفلاحي. أما الطبقة الثانية فهي طبقة المركب النهائي الذي يتراوح عمق المياه فيها ما بين 100 و 500 m كما تصل مساحتها إلى 350.000 km² [38] وتعتبر هذه الطبقة الأكثر استغلال في مجال الري . أما الطبقة الثالثة فهي طبقة المتداخل القاري والتي تتواجد المياه فيها على عمق يصل إلى 1000 m وتبلغ مساحتها 600.000 Km² وبحكم عمق هذه الطبقة فإن درجة حرارة المياه تكون مرتفعة نوعاً ما عن الطبقات الأخرى حيث تصل إلى 60 °C كما تبلغ ملوحتها من 1 إلى 2 g/l [38].

5-1 الوضعية الجيولوجية :

إن الشكل 02 يعطي نظرة عن التكوين الجيولوجي للمنطقة المدروسة وذلك حسب العصر الجيولوجي المتكونة فيه كل طبقة فنجد :

1-5-1 العصر الرابع: Ere quartenaire

من خلال الشكل 02 نلاحظ أنه تكون في هذا العصر طبقة نصف نفوذة من الطين والرمل ثم تكونت طبقة من الرمل والتي تشكل الطبقة السطحية ، وهي الطبقة التي يتم فيها النشاط الزراعي لهذه لمنطقة واد ريغ.

2-5-1 العصر الثالث : Ere tertiaire

يتكون هذا العصر من ثلاث عصور رئيسية وهي

عصر الإيوسان الأدنى : تكونت في هذا العصر طبقة من الكلس وطبقة أخرى فوقها من الطين حيث نجد في هذه العصر الطبقة الثالثة للمركب النهائي

العصر الإيوسان الأعلى : تكونت في هذا العصر طبقة من الطين الغير نفوذة ثم طبقة من الرمل والحجر الرملي وهو ما يعرف بالطبقة الثانية للمركب النهائي.

العصر الميوليوسان : تشكلت في العصر طبقة من الطين النصف نفوذ ثم طبقة من الرمل والتي تعرف بالطبقة الأولى للمركب النهائي.

3-5-1 العصر الثاني : Ere secondaire

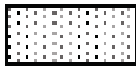



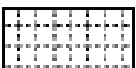







ينقسم هذا العصر إلى أربعة أقسام رئيسية وهي من الأقدم إلى الأحدث :

عصر الألبان : وتتكون المنطقة أساسا في هذا العصر من الرمل والحجر الرملي وهو ما يعرف بطبقة الألبان المعروفة في منطقتنا بالمياه الساخنة والمضغوطة مسبقاً أو ما يسمى بـ المتداخل القاري .

عصر السينومانان : تشكلت المنطقة في هذه الفترة الجيولوجية من الطين والطين الجيري وهي طبقة غير نفوذة.

عصر التيرونيان : في هذه الفترة تكونت طبقة من الرمل الكلسي والمعروفة بـ Calcaire-marneux وهي طبقة نصف نفوذة.

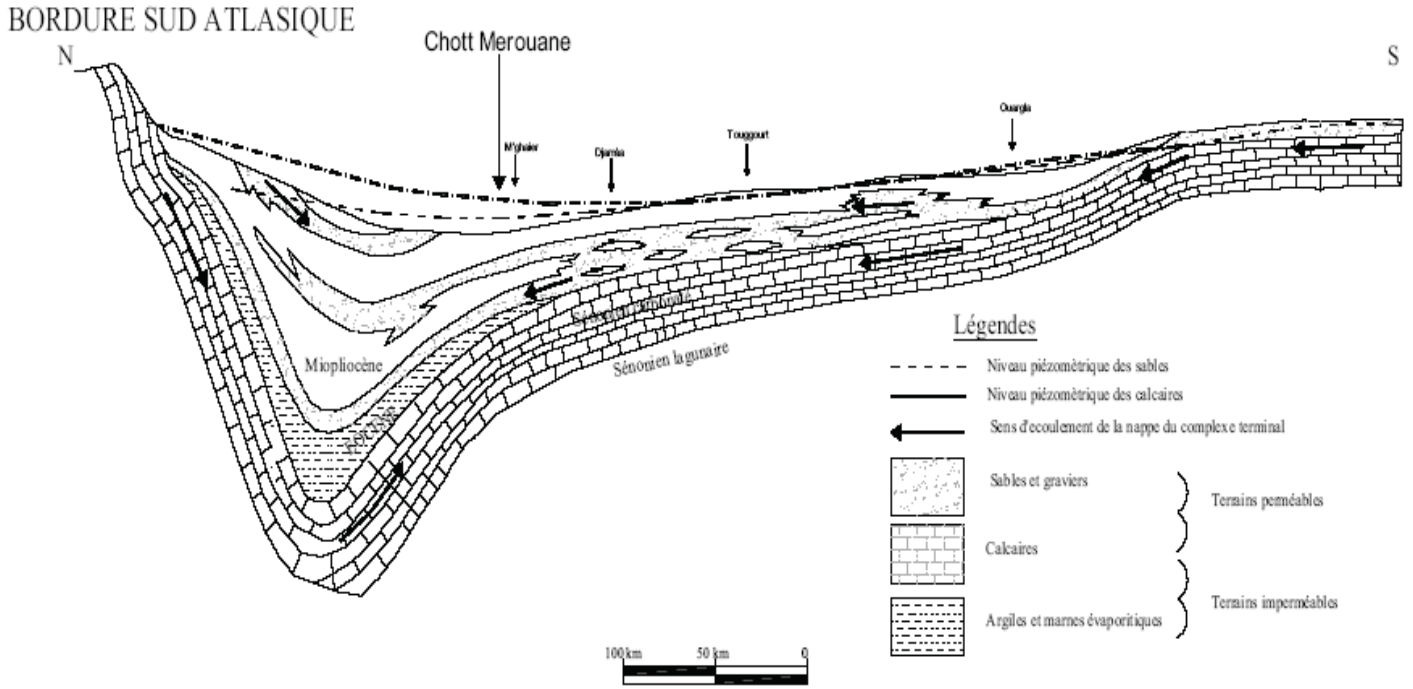
عصر السينونيان : وتتشكل الطبقة المتكونة في هذا العصر من مادة الطين وأملاح المتبخرات وهي طبقة نصف نفوذة حيث توجد في هذه الطبقة كمية معتبرة من المياه وتستخدم عادة في مجال الفلاحة وذلك باستعمال آلات الحفر الحديثة.

Ere	Etage	Lithologie	Nature hydrogéologique	Coupe Lithologique
Quaternaire		Sable	Nappe phréatique	
		Argiles évaporites	Semi-perméables	
Tertiaire	Miopliocene	Sable	1 ^{ère} nappe CT ₁	
		Argiles	Semi-perméables	
	Eocène inférieur	Sable et grés	2 ^{ème} nappe CT ₂	
		Argiles	impermeables	
	Eocène inférieur	Argiles lagunaires	impermeables	
		Calcaires	3 ^{ème} nappe CT ₃	
Secondaire	Sénonien	Argiles évaporites	Semi-perméables	
	Turonien	Calcaire-marneux	Semi-perméables	
	Cénomaniien	Argiles, marnes	impermeables	
	Albien	Sable et grés	Nappe du Cl	

الشكل 02 : مختلف الطبقات الجيولوجية للصحراء الجزائرية [10]

6-1 الوضعية الهيدروجيولوجية :

من خلال المقطع الجيولوجي للمنطقة المدروسة الموضح في الشكل 03 نلاحظ أنه توجد طبقة غير نفوذة متكونة أساسا من مادة الكلس حيث تجعل المياه محصورة في حيز ، كما نلاحظ أن الجريان المياه السطحية يتجه نحو منطقة وادي ريغ وهذا ما يزيد من كمية المياه الجوفية في هذه الطبقة وبمرور الزمن تصعد نحو الأعلى كما أشرنا ذلك في المقدمة.



الشكل 03 : مقطع هيدروجيولوجي شمال - جنوب للمركب النهائي Complexe terminal لأسفل الصحراء - الجزائر [21]

7-1 دراسة ميدانية حول نمو الأعشاب في قنوات الصرف الفلاحي:

من أجل معرفة خصائص الأعشاب التي تنمو في قنوات الصرف الفلاحي، أجرينا عدة زيارات ميدانية لكثير من الخنادق الموجودة على طول وادي ريغ وأخرى موجودة في مدينة ورقلة، وهذا قصد استنتاج بعض القيم المطلوبة في التجارب ومعرفة حجم المشكل الناجم عن ظهور مثل هذه النباتات في قنوات الصرف الفلاحي .



لقد لاحظنا وجود إسراف كبير

لكمية المياه المستعملة في السقي والمستخرجة عن طريق الضخ من طبقات السينونيان والألبيان وهذا مما أدى إلى عدم قدرة الطبقة العلوية على استيعابها مما أدى إلى صعود المياه السطحية [12]، وخاصة في النقاط المنخفضة كما تبينه الصورة 03.

صورة 03 : صعود المياه الجوفية بجانب وادي ريغ - منطقة سيدي عمران



وحسب الجدول 01 فإن درجة الحرارة العالية ونسبة الرطوبة المنخفضة تؤدي إلى تبخر المياه الظاهرة على السطح وذلك بخاصة في الفصل الذي تزيد فيه كميات مياه السقي ذات الملوحة المعتدلة، وبعد عملية التبخر تترك كميات هائلة من الأملاح مما أدت إلى تراكمها على التربة (صورة 04).

صورة 04 : تراكم الأملاح بعد تبخر المياه السطحية - منطقة أنقوسة - ورقلة

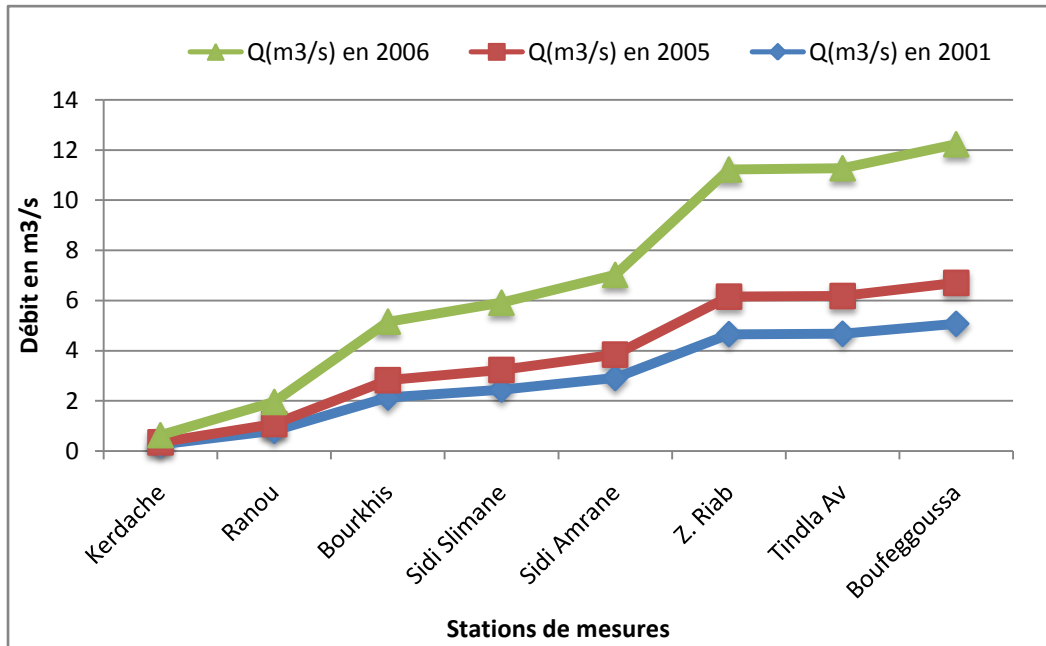


وخلال زيارتنا للقناة الرئيسية لوادي ريغ لاحظنا تآكل وانحيار جدرانها (صورة 05) مما يؤدي إلى تغير في مقطع القناة وبالتالي تغير في سرعة الجريان إلى درجة غير مقبولة حيث وصلت في بعض المقاطع إلى 0.04 m/s [38].

إن انخفاض السرعة يؤدي إلى بالضرورة لعدم التصريف الجيد مما يقلل من مردودية الإنتاج الفلاحي.

صورة 05 : تآكل وانحيار جدران القناة الرئيسية لوادي ريغ - منطقة عين الشوشة

ومن أجل معرفة تطور قيم تدفق التصريف الفلاحي على طول القناة الرئيسية وعبر فصول السنوات أجرت الوكالة الوطنية للموارد المائية ANRH دراسة على عدة محطات في القناة الرئيسية لوادي ريغ (شكل 04)، حيث وجدت أن هناك تزايد ضئيل في كمية المياه المصروفة ما بين سنة 2001 وسنة 2005 مقارنة مع التزايد الكبير بين سنة 2005 وسنة 2006 [10]، وهذا راجع إلى الأعمال التي قام بها الديوان الوطني للسقي والتصريف ONID، حيث تم خلال سنة 2005 عملية تنظيف شاملة للقناة الرئيسية من الأعشاب الضارة [35].



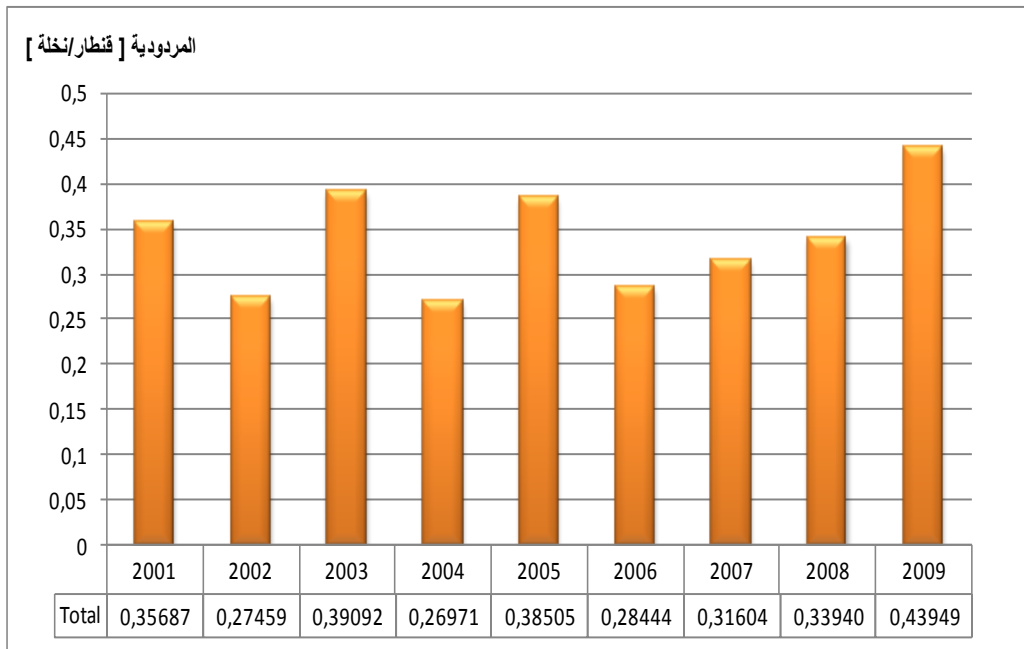
الشكل 04 : تطور تدفق التصريف عبر القناة الرئيسية لوادي ريغ [10]



صورة 06 : نمو نبات القصب في قنوات الصرف الفلاحي - منطقة عين الشوشة

وهذا مما يدل على أن لهذه الأعشاب تأثير على قدرة تصريف القناة والتي تنتشر بشكل كبير في القناة الرئيسية لوادي ريغ (صورة 06) وأيضاً في قنوات الصرف الفلاحي الثانوية، وعند مراجعة سجلات إنتاج التمور (الشكل 05) للمناطق المجاورة لهذه القناة وجدنا أن قيمة المردودية شهدت اضطراب حيث سجلت 0.26 خلال سنة 2001 أما في سنة 2005 فقد سجلت 0.38 (قنطار/نخلة) وهذا في الفترة التي نقصت فيها

قدرة القناة على التصريف ، أما في فترة ما بعد عملية تنظيف القناة الرئيسية (ما بين سنة 2005 وسنة 2009) فقد لوحظ تزايد في قيم المردودية من 0.26 (قنطار/نخلة) إلى غاية 0.43 (قنطار/نخلة) [18]، هذا إن دل على شيء إنما يدل على تأثير كمية التصريف على كمية الإنتاج كما أشارت إليه بعض الدراسات [44].



الشكل 05 : تطور مردودية إنتاج التمور في بلديات تقرت المرتبطة بواد ريغ [18]

ومن أجل معرفة طبيعة هذه الأعشاب ومدى تأثيرها على جريان المياه قمنا بتحديد أنواع النباتات التي تنمو قرب القناة الرئيسية لوادي ريغ، حيث لاحظنا خلال الزيارات أن هناك ثلاث أنواع رئيسية من الأعشاب التي تنمو في قنوات.



النبات الأول قليل الانتشار (صورة 07) وهو نبات من الفصيلة الرطراطية حيث أنه ينمو على جانبي القنوات ويلامس قليلا سطح المياه ولاحظنا أنه لا ينمو في وسط القنوات حيث لا يسبب عرقلة لجريان المياه.

أما النبات الثاني فهو أيضاً قليل الانتشار في قنوات الصرف الفلاحي (صورة 08) ويسمى نبات الطرفا، وقد لوحظ أنه لا ينمو في وسط القناة أو يلامس المياه

الجارية في القنوات بل إنه ينمو عادة خارج القنوات وعلى أطرافها.



الصورة 08 : نبات الطرفا على أطراف قناة للصرف الفلاحي - ورقلة



الصورة 09 : نبات القصب الشائع أو القصب الصغير

مجموع من البذور التي تتطاير مع الرياح، كما لوحظ بأنه ينمو في وسط وعلى جانبي القنوات (صورة 09)، كما يعتبر من النباتات المائية أو النباتات المغمورة جزئياً وبما إنه مغمور فإنه يعرقل جريان المياه المنسابة في القنوات، وله عدة أنواع من



الصورة 10 : نبات القصب على جانبي وفي وسط قناة وادي ريغ - تقرت

أما الثالث فهو نبات كثير الانتشار في القناة الرئيسية لوادي ريغ ومعظم قنوات الصرف الفلاحي ويسمى نبات القصب، وحسب معجم المعاني الجامع: "القصب: نَبَاتٌ مِنْ فَصِيلَةِ النَّجْلِيَّاتِ ، مَائِيٌّ ، وَهُوَ مُجَوَّفٌ وَمِنْهُ أَنْوَاعٌ مُخْتَلِفَةٌ " ، "هو كل نبات كانت ساقه أنابيب وكعوباً" [54] وحسب المشاهدة الميدانية لاحظنا بأنه نبات له سيقان طويلة وأوراق أحادية وفي أعلاه تنبت زهرة تكوّن

أهمها وأكثرهم انتشارا في العالم نجد القصب الشائع أو القصب الصغير ويصنف تحت الاسم العلمي *Phragmites australis* [34] وهو عبارة عن نبات ينمو على شكل سيقان طويلة ويطلق عليه قصب شائع لأنه ينتشر في جميع المناطق من العالم، وينمو في الأوساط الرطبة والجافة [7]

مثل منطقة الواحات عموماً ويستطيع أن ينمو في الترب المغمورة بالمياه مثل الخنادق وشبكات السقي كما توضحه الصور 10.



الصورة 11 : طول نبات القصب الشائع - ورقلة

وله خصائص ومميزات تميزه عن غيره من النباتات ومن أهمها :

الطول:

يتراوح طول ساق القصب الشائع من 3 إلى 5 أمتار في بعض الحالات كما توضحه الصورة 11



الصورة 12 : أقطار نبات القصب الشائع الموجودة في منطقة الواحات ورقلة

قطر الساق :

ينمو نبات القصب صغير أي بقطر صغير بحوالي 0.2 cm ثم يكبر إلى أن يبلغ قطر ساقه حوالي 2 cm كما في الصورة 12



الأزهار :

عند بلوغ نبات القصب تبدأ عملية الإزهار وهي عبارة عن مجموعة من حبوب الطلع والتي تتحول إلى بذور تتطاير مع الرياح حيث لا يزيد حجمها عن 30 cm طولاً و 15 cm عرضاً كما في الصورة 13 .

الصورة 13 : أبعاد زهرة نبات القصب الشائع الموجودة في منطقة الواحات ورقلة

سرعة نموه :

وهي من أهم مميزاتة حيث لاحظنا خلال متابعتنا لبعض الخنادق مدى انتشاره وسرعة نموه، حيث لاحظنا خلال فترة لا تزيد عن (04) أربع سنوات بعد عملية تنظيف بعض الخنادق استعاد انتشاره وبكثافة كما تبينه الصور 14 و15 و16 .



الصورة 14 : توضح قناة في منطقة ورقلة

تم تنظيفها من نبات القصب عن طريق

استعمال الآلات، التقطت الصورة

بتاريخ : 2013 / 01 / 12



الصورة 15 : توضح نمو نبات القصب في

نفس القناة السابقة وبعد مرور أربعة أشهر

ونصف من عملية التنظيف، التقطت الصورة

بتاريخ : 2013 / 05 / 27



الصورة 16 : توضح نمو نبات القصب في

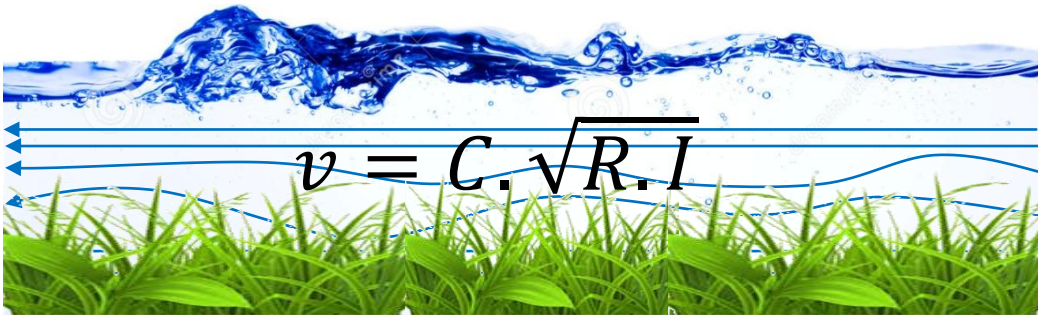
نفس القناة السابقة وبعد مرور ثلاث سنوات

وستة أشهر وعشرون يوم، التقطت الصورة

بتاريخ : 2016/12/17

الفصل

الثاني



خصائص الجريان في القنوات المفتوحة والمعشوشبة

الفصل الثاني

خصائص الجريان في القنوات المفتوحة والمعشوشبة

إن هذا الفصل يعتبر الأساس النظري الذي اعتمدنا عليه في إجراء التجارب المخبرية التي سنوضحها في الفصول اللاحقة، والذي سوف نبين فيها العلاقات النظرية والتجريبية التي تتحكم في مثل ظاهرة تأثير النباتات على خصائص الجريان.

من المعلوم أن للماء خاصية تسمى السيالان حيث تسمح لجزيئات الماء الانتقال من الوسط الأكثر ضغطاً إلى الوسط أقل ضغطاً أو من الارتفاع الأكبر إلى الارتفاع الأقل وهذا تحت تأثير الجاذبية g [31] ، فقد استغل المهندسون هذه الخاصية في شبكات تصريف المياه الزائدة عن مناطق تواجدها . فنجد من بينها شبكات الصرف الفلاحي، وهي مجموعة من القنوات المفتوحة أو النصف مفتوحة (المثقوبة) والتي تعتمد على ميل أرضية القناة لإنتاج فرق في الضغط أو فرق في الارتفاع.

لكن السؤال هو هل جريان الماء المتكون من خلال هذا الفرق له نفس الخصائص ؟ وهل قوانين الفيزياء العامة تنطبق على كل أنواع الجريان ؟ لذلك سوف نبين في هذا الفصل خصائص الجريان المدروسة منذ عصور من طرف العلماء المعروفين في هذا المجال.

1-2 خصائص الجريان في القنوات المفتوحة:

من أجل معرفة خصائص الجريان في القنوات المكشوفة (المفتوحة) لابد من معرفة نوع الجريان المدروس، وهذا حتى يسهل على الباحث استنتاج أو تطبيق قوانين الفيزياء العامة وذلك من أجل الحصول على قيم بعدية (أبعاد) من أجل تصميم المنشآت الهيدروليكية أو إيجاد حلول لبعض المشاكل المطروحة في الهيدروليك.

2-2 أنواع الجريان:

ينقسم جريان المياه في القنوات المفتوحة إلى أربعة أقسام رئيسية وهي :

1-2-2 الجريان الدائم المنتظم :

يقال عن الجريان أنه دائم إذا كان عمق الماء لا يتغير أو إذا أمكن اعتباره ثابت خلال الفترة الزمنية [6]، ويدعى الجريان المنتظم إذا كان عمق الماء نفسه في جميع مقاطع القناة [6]، بمعنى آخر أن الجريان الدائم هو الذي يكون عمق الماء فيه دائم عبر الزمن، ومنتظم لأنه ثابت عبر المسافة.

2-2-2 الجريان الدائم المتغير:

هذا النوع يقسمه العلماء إلى قسمين هما [6] :

- أ - متغير تدريجياً : يسمى الجريان دائم ومتغير تدريجياً إذا تغير عمق الماء بين مسافة وأخرى تدريجياً.
- ب -متغير بسرعة : إذا تغير عمق الماء بين مسافات قصيرة وبصورة سريعة نسميه جريان دائم متغير بسرعة.

3-2-2 الجريان الغير دائم والمنتظم:

هو الجريان الذي يكون فيه عمق الماء متغير عبر الزمن، أي أن عمق الماء يكون ثابتاً على طول القناة من حين لآخر بحيث يبقى متساوي في جميع مقاطع القناة خلال كل فترة، هذا النوع من الجريان نادر الحدوث في الواقع.

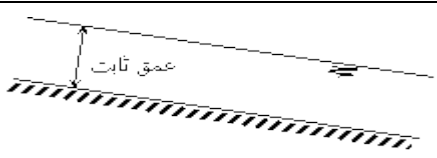
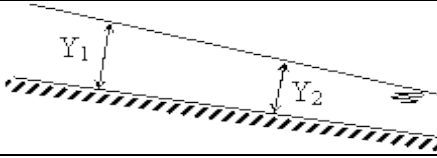
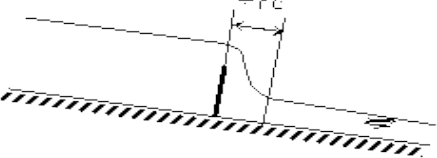
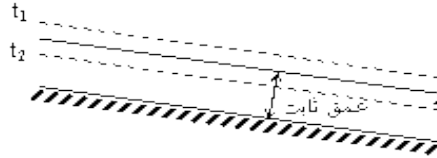
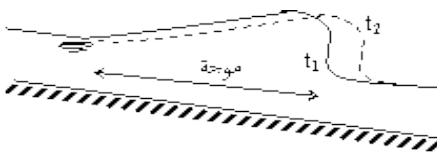
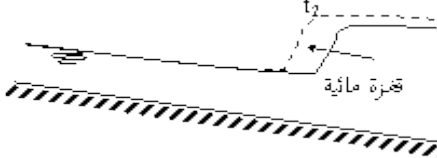
4-2-2 الجريان الغير دائم والمتغير :

بدوره ينقسم إلى قسمين هما [6]:

- أ - متغير تدريجياً : إذا تغير عمق الماء من حين إلى آخر ومن نقطة إلى أخرى على مسافات كبيرة نسميه جريان غير دائم ومتغير تدريجياً.
- ب -متغير بسرعة : أما إذا تغير عمق الماء من حين إلى آخر ومن نقطة إلى أخرى وعلى مسافات قصيرة نسميه حينئذ جريان غير دائم ومتغير بسرعة.

يمكن أن نلخص أقسام الجريان في الجدول التالي :

جدول 02 : أنواع الجريان في القنوات المفتوحة

شكل توضيحي	علاقة ارتفاع الماء عبر المسافة	علاقة ارتفاع الماء بالزمن	نوع الجريان	
 vt	ثابتة	مستقلة	منتظم	الجريان الدائم
 vt	متغيرة على مسافات كبيرة	مستقلة	تدرجياً	
 vt	متغيرة على مسافات قصيرة	مستقلة	بسرعة	
	ثابتة	متغيرة	منتظم	الجريان الغير دائم
	متغيرة على مسافات كبيرة	متغيرة	تدرجياً	
	متغيرة على مسافات قصيرة	متغيرة	بسرعة	

إن معظم القوانين الأساسية للهيدروليكا في القنوات المكشوفة تركز على الجريان الدائم المنتظم، غير أن هذا النوع يعتبر نادر الحدوث في الطبيعة حيث أن أغلب أنواع الجريان الموجودة في المجاري المفتوحة هو الجريان الدائم والمتغير تدرجياً [6]، ويطلق عليه في معظم المراجع بالجريان المنتظم.

ولكن مع ذلك يفرض في كثير من الأحيان جريان منتظم في حساب هذه المجاري، وتؤدي هذه الفرضية إلى حسابات سهلة ونتائج تقريبية وكافية في أكثر المسائل العملية [6].

3-2 نظام الجريان :

إن ما يتحكم في نظام الجريان في القنوات المفتوحة هي تأثيرات قوى الزوجة وقوى الثقالة بالنسبة لقوى العطالة للجريان. يمكن للإجهاد السطحي (الخاصية الشعرية) أن يؤثر على حالة الجريان في ظروف معينة ولكنه لا يلعب دوراً محسوساً في المسائل التي يتعرض لها المهندس [6].

4-2 السرعة وتدفق الجريان :

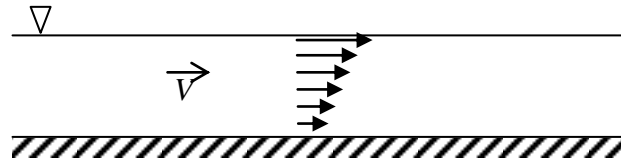
يعرف تدفق الجريان بأنه كمية السائل الجارية في وحدة الزمن وعبر مقطع القناة، كما يمكن أن يقاس التدفق بدلالة الكتلة وتدعى في هذه الحالة بالتدفق الكتلي [kg/s]، كما يمكن أن يعبر عليها بوحدة الحجم [m/s] ويسمى في هذه الحالة بالتدفق الحجمي.

في حالة الجريان غير اللزج حيث لا يوجد احتكاك، تكون سرعة الجريان u ثابتة في جميع نقاط المقطع [8]، ويكون التدفق بالعلاقة التالية:

$$Q = u.S \quad (01)$$

حيث S تمثل مساحة المقطع العمودي على اتجاه الجريان.

أما في حالة الجريان اللزج حيث تنعدم سرعة الجريان في الطبقات الملاصقة لجدران القناة فإن السرعة تكون غير ثابتة، فنلاحظ في الشكل 06 أن السرعة تكون أعظمية في الطبقة العلوية والملاصقة للهواء وتكون معدومة في أسفل القناة.



الشكل 06 : توزيع سرعة الجريان في حالة الجريان اللزج في قناة المفتوحة

ويحسب التدفق في هذه الحالة بالمعادلة [8]:

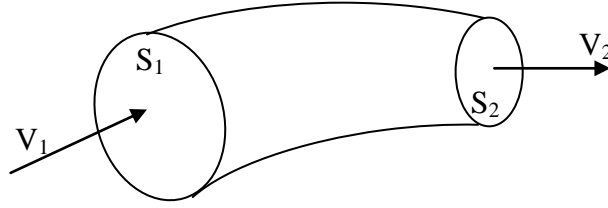
$$Q = \int_S u \cdot ds \quad (02)$$

وبتكامل هذه العلاقة (02) نستنتج علاقة التدفق :

$$Q = V.S \quad (03)$$

5-2 معادلة الاستمرار :

يعتمد مبدأ إنحفاظ الكتلة على أن المادة لا تنعدم ولا يمكن أن تخلق من عدم، باستثناء ما يحدث في التفاعلات النووية. ويمكن تطبيق المبدأ على جريان السوائل (الشكل 07) [8].



الشكل 07 : مبدأ انحفاظ الكتلة (معادلة الاستمرار)

يمكن أن نكتب :

$$m_1 = m_2 \quad (04)$$

حيث m_1 تمثل كتلة السائل الداخلة إلى الحيز (قناة) و m_2 يمثل كتلة السائل الخارجة من الحيز ومنه نتحصل على العلاقة التالية :

$$\rho_1 V_1 S_1 = \rho_2 V_2 S_2 \quad (05)$$

وفي حالة جريان مستقر غير قابل للانضغاط فإن $\rho_1 = \rho_2$ ومنه نتحصل على العلاقة التالية :

$$V_1 S_1 = V_2 S_2 = Q \quad (06)$$

2-6 عدد رينولدز Reynolds :

إن حاصل قسمة قوى العطالة على قوى اللزوجة يعطي عدد لابيدي، يسمى عدد رينولدز Re [33]:

$$Re = \frac{VL}{\nu} = \frac{4VR}{\nu} \quad (07-a)$$

$$Re' = \frac{VR}{\nu} \quad (07-b)$$

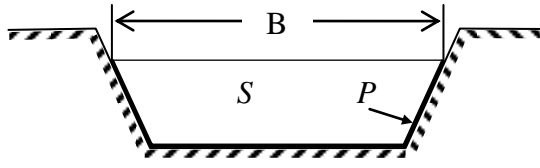
حيث :

$$V = \frac{Q}{S} \quad (08)$$

حيث Q يمثل التدفق و S يمثل مساحة المقطع العرضي للقناة و ν تمثل اللزوجة الحركية للسائل

$$L = \text{الطول المميز ويعتبر في هذه الحالة النصف القطر الهيدروليكي } R: \quad (09)$$

من الشكل 08 يمكن توضيح كل من S و P ويطلق عليهما على التوالي المساحة المبللة والمحيط المبلل.



شكل 08 : المساحة المبللة والمحيط المبلل في مقطع عرضي لقناة

ν : اللزوجة الحركية للماء وتساوي $10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ عند درجة حرارة 20°C [46]

إن لعدد رينولدز أهمية في تحديد نوعية الجريان بحيث [6]:

إذا كان $Re' < 500$ فإن الجريان يكون صفائحيًا

إذا كان $Re' > 2000$ فإن الجريان يكون مضطربًا

أما إذا كان $500 < Re' < 2000$ فإن الجريان يكون انتقاليًا

فائدة : من أجل عمل نماذج مخبرية لدراسة جريان مشابه للطبيعة فإنه يجب أن يصمم قناة التجارب بحيث يبقى عدد

رينولدز Re في المجال المضطرب [6].

2-7 عدد فرود $Froude$:

إن حاصل قسمة قوى العطالة على قوى الجاذبية ينتج عدد لا بعدي يسمى عدد فرود Fr [33]:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gl}} \quad (10)$$

حيث :

V : سرعة الجريان وتعطى بالعلاقة (08)

l : الطول المميز ويعتبر في حالة القنوات المفتوحة العمق الوسطي y_m والذي يساوي $y_m = \frac{S}{B}$

حيث S تمثل المساحة المبللة و B عرض السطح الحر (الشكل 08) .

إذا كان $Fr = 1$ أو $V = \sqrt{gy_m}$ فإن الجريان يكون في الحالة الحرجة، حيث تسمى هذه السرعة بالسرعة الحرجة.

إذا كان $Fr < 1$ أو $V < \sqrt{gy_m}$ فإن الجريان يكون في الحالة دون الحرجة أو جريان هادئ أو نهرى، في هذا النوع

تلعب قوى الثقالة دور أكبر من قوى العطالة حيث تكون سرعة الجريان ضعيفة.

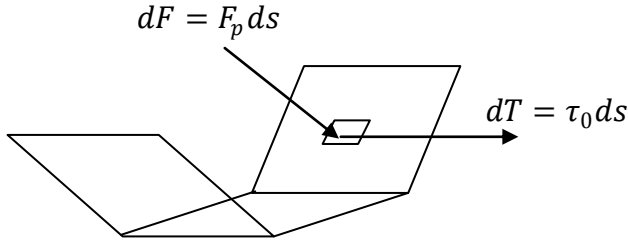
وإذا كان $Fr > 1$ أو $V > \sqrt{gy_m}$ فإن الجريان يكون في الحالة فوق الحرجة أو جريان غزير أو شلالي، أما في هذا

النوع فإن قوى الثقالة لها دور أقل من قوى العطالة حيث تكون السرعات في أقصى قيمها.

فائدة : بما إن قوى الثقالة تتحكم بأكثر الجزئيات في القنوات المكشوفة فإن عمل نماذج لدراسة جريان مشابه لقناة طبيعية يجب أن يصمم بحيث يكون عدد فرود Fr للقناة مساوياً لعدد فرود للقناة الطبيعية [6].

2-8 قوى الاحتكاك :

تتولد قوى الاحتكاك من خلال حركة الماء واحتكاكها مع جدران القناة [16] كما هو موضح في الشكل 09 :



شكل 09 : القوى المؤثرة على حركة المياه داخل قناة

حيث ds تمثل مساحة جزئية بين السائل وجدران القناة، و dF قوة الضغط المسلط على الجدران و dT قوى الاحتكاك بين السائل وجدران القناة ، ويسمى F_p بالإجهاد الناظمي، ويسمى τ_0 قوة الاحتكاك على وحدة المساحة أو الإجهاد المماسي، ويعطى الإجهاد المماسي في الجريان المضطرب بالعلاقة (11) [6] :

$$\tau_0 = f \frac{\rho}{2} V^2 \quad (11)$$

حيث:

f : معامل الاحتكاك ويمكن حسابه من خلال التجارب حسب نوعية جدران القنوات.

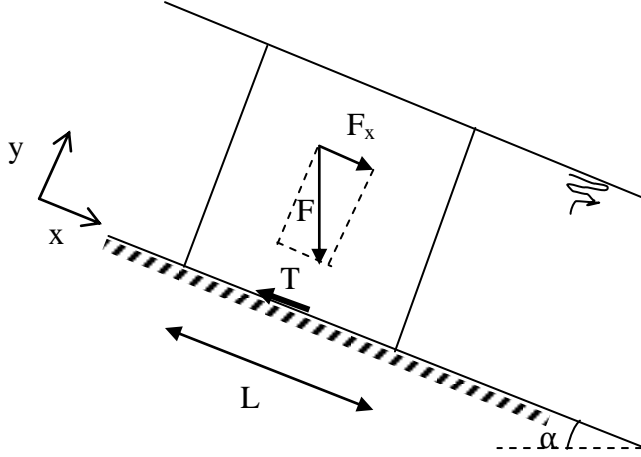
ρ : الكتلة الحجمية للسائل.

V : سرعة جريان السائل (السرعة المتوسطة).

2-9 علاقة شيزي Chézy :

إن معظم الدراسات التي تهتم بالجريان في القنوات المفتوحة تركز على علاقة العالم شيزي، والتي تربط أهم خصائص الجريان مع بعضها البعض.

من خلال الشكل 10 يمكن أن نلاحظ :



شكل 10 : تمثيل قوى الثقالة والاحتكاك على مساحة جزئية من الماء داخل قناة مفتوحة

خلال انتقال جزيئات السائل عبر المسافة L ولكي يبقى الجريان منتظم فإنه يجب أن تكون القوى الناجمة عن العطالة F_x تساوي القوى الناجمة عن احتكاك هذه الجزيئات مع جدران القناة T ومنه يمكن أن نكتب :

$$F_x = T \quad (12)$$

ونحن نعلم أن :

$$F_x = mg = \rho \cdot S \cdot L \cdot g \cdot \sin(\alpha) \quad (13)$$

$$T = \tau_0 S_t = \tau_0 \cdot P \cdot L \quad (14)$$

حيث :

m : كتلة كمية السائل [kg] g : الجاذبية الأرضية [m/s²]

ρ : الكتلة الحجمية للسائل [kg/m³] S_t : مساحة المقطع المتعامد على اتجاه الجريان [m²]

L : طول المسافة التي ينتقل خلالها جزيء السائل [m] α : زاوية ميلان سرير القناة [Degrée]

P : المحيط المبلل [m] τ_0 : الاجهاد المماسي [N/m²]

$$\rho \cdot S \cdot L \cdot g \cdot \sin(\alpha) = \tau_0 \cdot P \cdot L \quad (15)$$

وبتالي فإن :

إذا اعتبرنا أن زاوية ميلان القناة صغير فإن $\sin(\alpha) = i$ حيث i يمثل ميل القناة.
وبعد الاختصار نتحصل على :

$$\tau_0 = \rho \cdot g \cdot R \cdot i \quad (16)$$

ومن خلال العلاقة (11) والعلاقة (16) يمكن أن نكتب :

$$\rho \cdot g \cdot R \cdot i = f \frac{\rho}{2} V^2 \quad (17)$$

ومنه :

$$V = \sqrt{\frac{8g}{f}} \sqrt{R \cdot i} \quad (18)$$

$$V = c \sqrt{R \cdot i} \quad (19) \quad \text{وبوضع } c = \sqrt{\frac{8g}{f}} \text{ فإنه ينتج}$$

وتسمى العلاقة (19) بعلاقة *Chézy* وهي واسعة الاستعمال في الجريان بالسطح الحر، حيث يسمى c معامل شيزي ويمكن استنتاجه بعدة علاقات تجريبية من أهمها علاقة *Manning-Strickler* .

2-10 علاقة مانينغ ستريكلار *Manning-Strickler* :

إن العالم الإيرلاندي روبرت مانينغ *Robert Manning* اقترح العلاقة التالية [33] :

$$c = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}} \quad (20)$$

حيث n يمثل معامل مانينغ *Manning* ويتعلق بطبيعة جدران القناة (ملحق 02) ، ولتحديد قيمة هذا المعامل اقترح العالم ستريكلار العلاقة التالية :

$$K = \frac{1}{n} \quad (21)$$

ومنه تصبح العلاقة (19) كما يلي :

$$V = K \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}} \quad (22)$$

حيث K يمثل معامل المقاومة للجريان ويطلق عليه أحياناً معامل الخشونة حسب *Strickler* ويعطى من خلال جداول (ملحق 03).

2-11 معامل الخشونة المركب :

في كثير من الأحيان تكون القناة مركبة من جدران مختلفة الطبيعة ، أو تحدث عوامل تجعل جوانب القناة يختلف عن سرير القناة مثل نمو الأعشاب فإنها تبدأ من أسفل القناة ثم تنتشر حتى تصل إلى جوانبها، ولذلك فإن معامل الخشونة يصبح مركب من مجموعة معاملات مختلفة الطبيعة ، من أجل هذا فقد اقترح العالم أينستين *Einstein* العلاقة التالية [33] :

$$K = \left[\frac{P}{\sum \frac{P_i}{K_i^{3/2}}} \right]^{2/3} \quad (23)$$

حيث : P يمثل المحيط المبلل الكلي

P_i : يمثل المحيط المبلل المقابل للسطح i

K_i : خشونة السطح i حسب ستريكلار.

2-12 الدراسات السابقة :

من خلال ما سبق فإننا لاحظنا أن خشونة القناة تتأثر بطبيعة القناة الأصلية، وكما أشرنا في المقدمة فإن قنوات السقي والصرف الفلاحي تتعرض لنمو بعض الأعشاب مما يغير في طبيعة القناة وبالتالي تغير خشونة القناة والتي بدورها تغير من ارتفاع الماء وسرعة الجريان حسب العلاقات الرياضية السابقة الذكر، من هنا اهتم العديد من العلماء والباحثين حول تأثير النباتات على جريان الماء في القنوات المفتوحة والتي تتعرض لنمو الأعشاب، حيث أن لكل باحث غاية ما، فمنهم من يريد أن يعالج مشكلة ما في الهيدروليك مثل خصائص وأبعاد القنوات التي تتعرض لهذه المشكلة. ومنهم من يبحث عن تفسير لظاهرة موجودة في الطبيعة .

ففي هذه الفقرة من الفصل سنسرد بعض الدراسات السابقة في مجال تأثير الأعشاب على خصائص الجريان، حيث سنبين بعض الخصائص والقوانين التي تتحكم في جريان المياه في القنوات المفتوحة بوجود الأعشاب وفي غيابها، ثم نتطرق إلى بعض العلاقات التجريبية المقترحة من طرف بعض الباحثين في هذا المجال.

إن المصدر الرئيسي لتغير خصائص الجريان في القنوات هو مقاومة الجريان، وبما أن القنوات المستعملة في التصريف الفلاحي تتعرض لنمو كثيف للنباتات، فقد اعتبرها كثير من الباحثين بأنها المصدر الرئيسي لمقاومة الجريان [24].

تعتبر العلاقة (20) من أكثر العلاقات التجريبية المستعملة في مجال الجريان في القنوات المكشوفة وتسمى بعلاقة Manning حيث يمثل n معامل الخشونة (المقاومة) ، حيث وضع العالم Cowan طريقة لحساب قيمة n اعتباراً من العلاقة [6]:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5 \quad (24)$$

حيث:

n_0 : هي القيمة الأساسية لـ n لقناة مستقيمة منتظمة السطوح

n_1 : قيمة تضاف إلى n_0 لتصحيحها بسبب تأثير عدم انتظام السطوح

n_2 : قيمة تبين تأثير شكل وأبعاد مقطع القناة

n_3 : قيمة تبين تأثير الانسداد

n_4 : قيمة تبين تأثير النباتات وشروط الجريان

m_5 : قيمة تصحيحية من أجل المنعطفات في القناة

وقد أعطى Cowan جدول خاص لبعض القيم المناسبة لهذه العلاقة (ملحق 04)

وأما الباحث Baraukov فقد أعطى قيمة لمعامل المقاومة الهيدروليكية λ بالعلاقة التالية [49]:

$$\lambda = 4 \frac{V_h^2}{V^2} S_m C_e K \frac{1}{M_p^2} \quad (25)$$

حيث:

V_h : السرعة المتوسطة في المجال المعشوشب C_e : معامل له علاقة بشكل وكيفية تغير النبات في الوسط المائي.

S_m : مساحة مقطع النبات وله علاقة بـ h_h : ارتفاع النبات و d_h : قطر ساق النبات.

M_p : المساحة المتوسطة لمقطع القناة في المجال المعشوشب

كما يمكن استنتاج λ تجريبياً من العلاقة التالية :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 0,4 \left(\frac{h}{h_h} \right)^{\frac{1}{2} \sqrt{\lambda}} j \quad (26)$$

حيث j معامل يتعلق بطبيعة القياسات الحيوية (biométrique) للنبات ويؤخذ بالعلاقة [49]:

$$j = \frac{M_p}{\sqrt{S_m C_e K}} \quad (27)$$

وبالأخذ بعين الاعتبار نظرية *Prandtl* فقد أعطى العالم *Altchul* توزيع السرعات في المجال المعشوشب بالعلاقة التالية :

$$V = V_h \left(1 - \frac{\text{Sh} \frac{1}{\chi j} \left(1 - \frac{2}{h_h} \right)}{\text{Sh} \frac{1}{\chi j}} \right) \quad (28)$$

أين χ يمثل معامل *Karman* ، كما بينت التجارب أن هذا المعامل لا يتجاوز القيمة 0,4 وتبلغ القيمة المتوسطة له حوالي 0,2 [50].

وقد اقترح الباحث *Gantcharov* علاقة لمعامل الخشونة للقنوات التي تعرف نمو الأعشاب n_h ، حيث وجد أن معامل الخشونة للقنوات المعشوشبة له علاقة بكثافة النبات والطول المتوسط لسيقان النبات. أما النسبة بين معامل الخشونة n_h ومعامل الخشونة في حالة القناة فارغة (بدون نبات) n_0 فتتراوح بين 3 إلى 7.5 ويمكن أن تصل في حدود المجال المعشوشب إلى 30 [51].

أما الباحث *Karassiev* فقد اقترح علاقة لحساب معامل خشونة القناة المعشوشبة بالعلاقة التالية :

$$n_h = \left\{ n_0^2 \left(1 - d_h \sqrt{\alpha_r + \frac{182 h^{\frac{1}{3}} \alpha_r d_h h_h}{2g(Re \cdot 10^{-3})^{1,2}}} \right) \right\}^{0,5} \quad (29)$$

حيث

n_0 : معامل خشونة القناة في حالة الفارغة h : ارتفاع الماء في الحالة الفارغة d_h : يمثل قطر ساق النبات

h_h : طول ساق النبات α_r : الكثافة النسبية للنبات (عدد سيقان النبات في مساحة 1 m²)

Re : عدد رينولدز

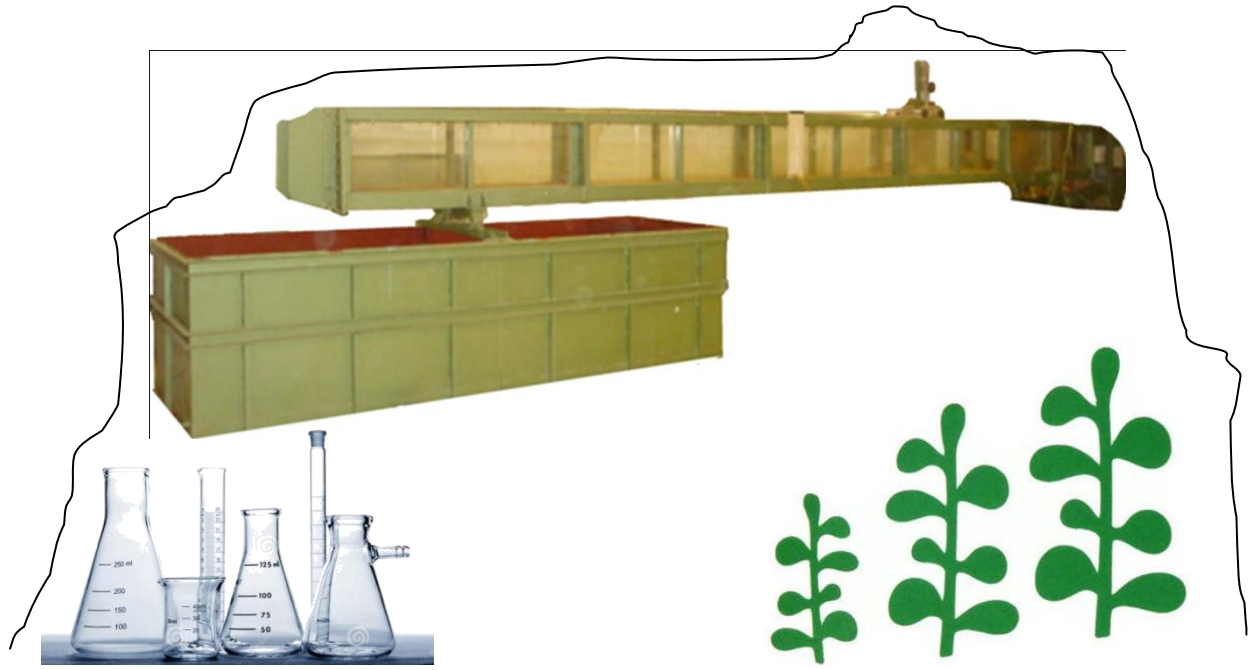
خلاصة :

من خلال الدراسات السابقة نلاحظ أنه من الصعوبة أن نستنتج قيم الخصائص الهيدروليكية للجريان باستعمال هذه العلاقات وخاصة العلاقة (26) التي تعتبر من العلاقات الضمنية (Implicite) للمعامل λ والتي يصعب حلها بطريقة مباشرة، كما نلاحظ أن بعض القيم - الموجودة في الطرف المعلوم للعلاقات - يصعب الحصول عليها بطريقة مباشرة أو غير مباشرة وخاصة في العلاقة (28) و (29)، ولذلك سنقوم في هذه الدراسة باقتراح علاقات تجريبية لهذه الخصائص (ارتفاع الماء وسرعة الجريان ومعامل الخشونة) بشكلٍ أسهل من العلاقات المذكورة سابقاً ومن أجل استعمالها بطريقة مباشرة في تصميم القنوات.

ومما سبق من الدراسة النظرية لجريان الماء في القنوات المفتوحة، يمكن أن نستنتج أنه بمعرفة بعض القيم التجريبية مثل ارتفاع الماء "h" و ميل القناة "i" وتدفق الجريان "Q" وذلك من خلال القياس المباشر في التجارب، يمكننا أن نحسب قيم السرعة "V" باستعمال العلاقة (08) وإذا أردنا استنتاج معامل *Strickler* "K" للقناة فإننا نستعمل العلاقة (21) والعلاقة (22) في حالة قناة بدون أعشاب أو بوجود الأعشاب.

الفصل

الثالث



الأدوات والطرق المستعملة في الدراسة التجريبية

الفصل الثالث

الأدوات والطرق المستعملة في الدراسة التجريبية

في هذا الفصل سوف نبين كيفية إجراء التجارب التي سوف نتحصل من خلالها على نتائج تأثير القصب على جريان الماء في القنوات المفتوحة، يجدر بنا الإشارة إلى أن معظم التجارب المخبرية أجريت في مخبر استغلال وتثمين الموارد الطبيعية في المناطق الجافة "EVRNZA"، كما يجب الإشارة إلى أن دقة النتائج ومدى قربها من الحقيقة مرتبط ببعض الشروط الواجب توفيرها في التجربة وبنوع الأدوات والنماذج الرياضية المستعملة وأيضاً بكيفية أخذ القياسات المطلوبة.

3-1 شروط التجربة :

كما هو مبين في الفقرتين 2-6 و 2-7 من الفصل الثاني فإن الشرطان الأساسيان هما تحقيق قيمة عددي رينولدز Re

وفرود Fr

3-1-1 عدد رينولدز Re :

يجب أن يكون العدد Re في المجال المضطرب حتى تكون النتائج متماثلة بين التجربة والواقع، ومن أجل ذلك اخترنا تدفقات وميل القناة اللذان يعطيان تدفق مضطرب حيث كان عدد رينولدز Re محصور بين القيمتين 15460 و 32890 وهما ينتميان للمجال المضطرب.

3-1-2 عدد فرود Fr :

يجب أن يكون العدد Fr للتجربة مساوياً لعدد Fr للواقع، من أجل ذلك أخذنا التدفق النسبي q المبين في العلاقة (36) كعامل أساسي في التجارب، حيث أن كل قيم التجارب المستنتجة مرتبطة بدلالة q والذي هو بدوره مرتبط بعدد فرود Fr . ومن ثم يكفي اعتبار قيم q المطبقة في التجارب كشرط لتطبيق نتائج هذه التجارب على الواقع، حيث كانت قيم q محصورة في المجال $[0,011, 0,026]$.

3-2 الأدوات المستعملة :

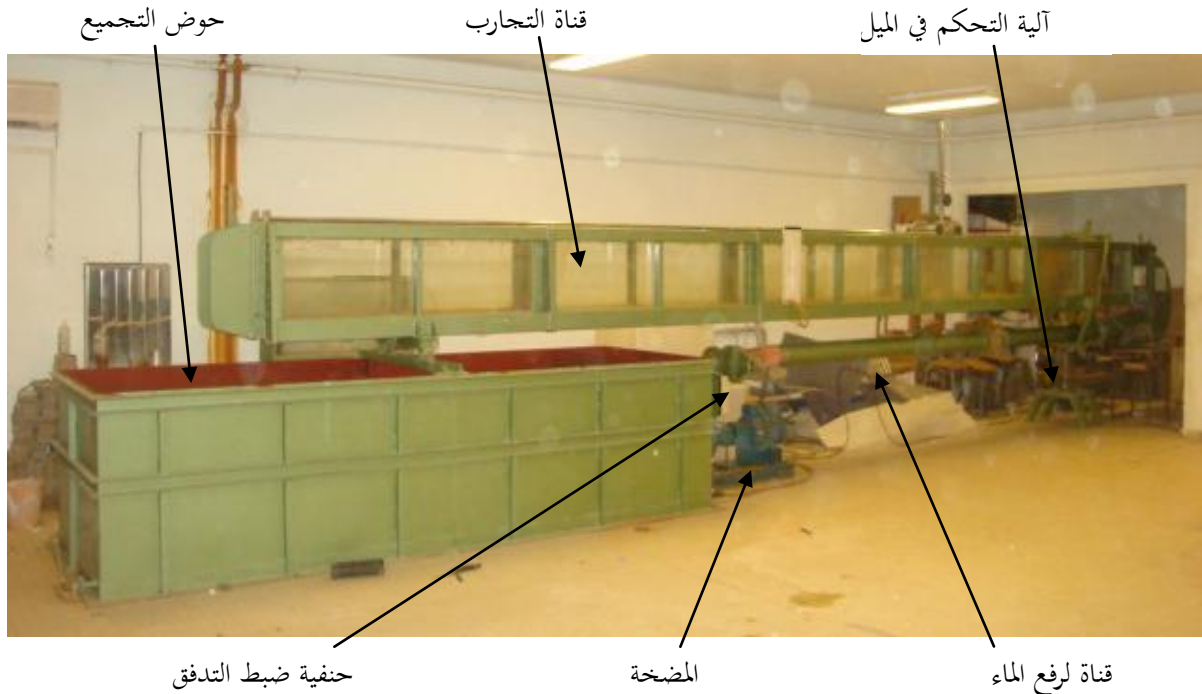
تم استعمال عدة وسائل لإجراء هذه التجارب منها ما هو موجود على مستوى مخبر EVRNZA ومنها ما هو خارج عن المخبر. إن كل تجارب المخبر أجريت على قناة مفتوحة من نوع ALSTHOM ATLANTIQUE (صورة 17) مثبتة في المخبر الهيدروتيقي التابع لكلية العلوم التطبيقية بجامعة ورقلة، وهي عبارة عن مجمع لعدة أدوات لكل منها مميزات كما يلي :

3-2-1 قناة التجارب :

هي عبارة عن قناة ذات مقطع مستطيل جدرانها من الزجاج وسريها من الحديد، ذات طول 11 أمتار وعرض 25 cm وارتفاع جدرانها 50 cm (صورة 17).

3-2-2 حوض التجميع :

تصب المياه المتدفقة عبر قناة التجارب في حوض تجميع ذو حجم 6 m^3 ، مصنوع من مادة الحديد ومصبوغ بمادة تمنع تأكسد الحديد بوجود الماء.



صورة 17 : قناة مفتوحة ذات مقطع مستطيل مثبتة في المخبر الهيدروتيقي بجامعة ورقلة

3-2-3 المضخة ولواحقها :

يتم رفع الماء من حوض التجميع إلى بداية قناة التجارب عن طريق مضخة ذات استطاعة 3.5 kw وبتدفق أعظمي يقدر بـ 50 l/s، حيث يتم نقل الماء من الحوض إلى قناة التجارب عبر قناة دائرية المقطع ذات قطر 150 mm. ولتوفير عدة قيم مختلفة للتدفق تم تثبيت حنفية بعد المضخة باتجاه القناة (الصورة 18).



صورة 18 : المضخة ولواحقها

إن المضخة تقوم بمص المياه من حوض التجميع فتقله إلى أعلى عند بداية قناة التجارب لينساب الماء عن طريق القوة الناشئة من ميل القناة (قوى الجاذبية الأرضية) ، فتتدفق المياه إلى المخرج أين يستقبلها حوض التجميع من جديد وهكذا تبقى المياه في دورة مستمرة حتى تتوقف المضخة عن العمل.

3-2-4 آلية التحكم في ميل القناة :

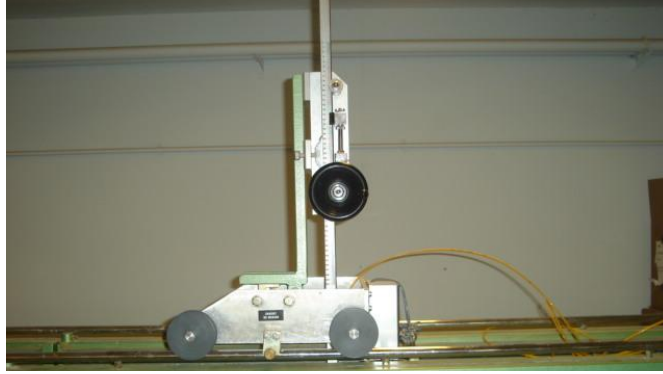


في الجهة المقابلة لحوض التجميع يوجد لولب (Vis) مثبت من الأعلى مع بداية قناة التجارب ومن الأسفل بصامولة (Ecrou) مثبتة على الأرضية حيث تسمح هذه الأخيرة بزيادة أو نقصان طول اللولب وهذا ما يعطي لقناة التجارب ميل، لأن نهاية القناة مثبتة بطريقة لا تسمح بالصعود أو النزول وإنما تسمح بالدوران فقط (صور 19).

صورة 19 : لولب - صامولة (Vis-écrou) لضبط ميل قناة التجارب

3-2-5 جهاز قياس مستوى الماء (Limnimètre):

فوق قناة التجارب يمكن لجهاز قياس مستوى الماء أن ينزلق عبر حامل خاص وهذا يمكننا من قياس في أي نقطة (مقطع) من القناة. هذا الجهاز هو عبارة عن مسطرة مدرجة بتدرجات تسمح بقراءة 1/10 من المليمتر كما في الصورة 20.



صورة 20 : جهاز Limnimètre لقياس مستويات الماء في القناة المفتوحة

3-2-6 جهاز قياس التدفق :

هو عبارة عن هذّار مثلث الشكل بزاوية $58^{\circ}3'$ ذو سمك نحيف (Paroi mince) مصنوع من مادة بلاستيكية، ويثبت عادة في أماكن خاصة في قناة التجارب (الصورة 21).



صورة 21 : جهاز الهدّار Déversoir لقياس تدفقات الماء في القناة المفتوحة

3-2-7 جهاز قياس الميل :

هو عبارة عن جهاز التسوية العادية المستعملة في ميدان الطبوغرافية (صورة 22).



صورة 22 : جهاز التسوية لقياس ميل أرضية قناة التجارب

أما الوسائل الخارجية فتتمثل في الأدوات الخارجة عن المخبر مثل الألواح الخشبية ونبات القصب المعني بهذه الدراسة.

3-2-8 الألواح الخشبية :

هي صفائح خشبية ذات طول 2 m وعرض 25 cm وسمك 1,8 mm ، تستعمل هذه الألواح لتثبيت القصب عليها (صورة 23)، حيث تثبت هي الأخرى أسفل قناة التجارب بعد الهدار بمسافة 2 m إلى 3 m وهذا حتى نمنع تأثير منطقة اضطراب الماء التي تحدث بعد الهدار.



صورة 23 : صفيحة خشبية لاستعمالها في التجارب

3-2-9 نبات القصب:

إن القصب المستعمل في التجارب كله من نوع القصب الشائع تم الحصول عليه من خلال الخنادق التي ينمو بها في محيط مدينة ورقلة (صورة 24) وهو نفسه الموجود في منطقة وادي ريغ، حيث تمت عملية قطعه ثم تجميعه على حسب قطر الساق ، وكانت الأقطار كما يلي : 2 ، 4 ، 6 ، 8 ، 10 ، 12 ، 13 ملليمتر.



صورة 24 : قطع وتجميع نبات القصب

3-3-3 كيفية إجراء التجارب :

بعد تثبيت كل الأجهزة في مكانها نقوم بإجراء التجارب حيث إن لكل مرحلة من مراحل هذه التجارب عمليات شبه ثابتة وتتمثل في تحديد ميل القناة باستعمال اللولب وجهاز التسوية ثم قياس التدفق المار في قناة التجارب باستعمال الهدار و يمكن شرح الطريقة المتبعة في هذه الدراسة كما يلي:

3-3-1 المرحلة الأولى :

هذه المرحلة تجرى على كل الصفائح المختارة في هذه الدراسة، نقوم بفتح المضخة والحنفية بحيث تعطي تدفق أولي بعدها يتم أخذ القياسات المطلوبة في المقاطع على مستوى الصفيحة الخشبية وهي فارغة (الصورة 25). بعدها نقوم بفتح الحنفية قليلاً من أجل زيادة قيمة التدفق ثم نقوم بقياس هذا التدفق الجديد ثم نأخذ قياسات في نفس المقاطع السابقة، ثم نكرر هذه العملية حتى نكمل كل التدفقات المختارة في هذه الدراسة.



صورة 25 : إجراء التجارب على الصفائح وهي فارغة من سيقان القصب

3-3-2 المرحلة الثانية :

يتم إضافة عدد معين من سيقان القصب لكل صفيحة تم اختبارها في المرحلة الأولى وبتوزيع منتظم وذات أصغر قطر ممكن، بحيث تنتج لنا كثافات مختلفة من سيقان القصب وبنفس القطر (صورة 26)، ثم نجري نفس التجارب المذكورة سابقاً ولكن هذه المرة بصفائح مثبت عليها عدد معين من سيقان القصب ويتم أخذ القياسات في نفس المقاطع السابقة



صورة 26 : تجارب بوجود سيقان القصب باستعمال أصغر قطر وبكثافة مختلفة

3-3-3 المرحلة الثالثة :

نغير في قطر ساق القصب ونعيد نفس الخطوات المذكورة في المرحلة الثانية حتى نصل إلى أكبر قطر ممكن (صورة 27).



صورة 27 : تجارب بوجود سيقان القصب باستعمال أكبر قطر وبكثافة مختلفة

ملاحظات :

- إن التجارب على الصفائح الفارغة تؤخذ كمرجع أو شاهد لكل تجربة.
- اخترنا خمسة نقاط لأخذ قياسات مستوى الماء أي بتباعد 50 cm بين نقطة وأخرى على مستوى الصفيحة الخشبية .
- خلال كل تجربة تم تثبيت عدد معين من سيقان القصب أي كثافة معينة للقصب N حيث كانت على النحو التالي:
$$N_1 = 2 \text{ u/dcm}^2 \quad N_2 = 4 \text{ u/dcm}^2 \quad N_3 = 6 \text{ u/dcm}^2 \quad N_4 = 8 \text{ u/dcm}^2$$
 إن العدد N يمثل عدد سيقان القصب في كل 1 dcm^2 .
- القيم المختارة من التدفقات هي كالتالي : $Q_1 = 1.11 \text{ l/s}$, $Q_2 = 1.51 \text{ l/s}$, $Q_3 = 1.98 \text{ l/s}$, $Q_4 = 2.54 \text{ l/s}$ ومن جهة أخرى استعملنا في هذه التجارب المتغيرات اللابعدية حتى يتم الانتقال من التجربة إلى الواقع بدون تأثير أبعاد التجربة و لتعميم نتائج هذه الدراسة وفي شروط استعمالها.
- إن خصائص الجريان المعنية بالدراسة هي السرعة V وارتفاع الماء Y ومعامل الخشونة حسب علاقة ستريكلار K ، كما سيتم دراسة هذه الخصائص بدلالة تغير كل من التدفق النسبي q والكثافة النسبية للعوائق. وبالتالي يمكن تقسيم الخصائص إلى قسمين :

3-4 الخصائص المدروسة :

وهي الخصائص المعنية في هذه الدراسة والتي سيتم معرفة تغيراتها بدلالة قيم معلومة وهي كما يلي :

3-4-1 ارتفاع الماء النسبي Y^* :

$$Y^* = \frac{Y_h}{Y_0} \quad (30)$$

حيث Y_h تمثل ارتفاع الماء عند المقطع في حالة وجود القصب، و Y_0 تمثل ارتفاع الماء عند نفس المقطع بدون وجود قصب. ويمكن استنتاج قيمة Y_h و Y_0 من خلال القياس المباشر أثناء التجربة.

3-4-2 السرعة النسبية V^* :

$$V^* = \frac{V_h}{V_0} \quad (31)$$

حيث V_h تمثل السرعة عند المقطع في حالة وجود القصب، و V_0 تمثل السرعة عند نفس المقطع بدون وجود قصب. ويمكن استنتاج قيم V_h و V_0 باستعمال العلاقة (08).

3-4-3 معامل الخشونة النسبي K^* :

$$K^* = \frac{K_h}{K_0} \quad (32)$$

حيث K_h يمثل معامل الخشونة في حالة وجود القصب، و K_0 يمثل معامل الخشونة بدون وجود قصب. ويمكن حساب قيم K_h و K_0 باستعمال العلاقة (21) و (20).

3-5 الخصائص المعلومة :

وهي الخصائص المحسوبة من خلال القيم المدخلة على التجارب مثل قيمة التدفق وعدد قطر سيقان القصب وهي :

3-5-1 التدفق النسبي :

من أجل أن تبقى النتائج صالحة للواقع يكفي أن نجد عدد لا بعدي يمكن تطبيقه ويربط بين الحالتين التجريبية والطبيعية، لذلك سوف نستخدم عدد فرود Fr كما أشرنا في الفصل السابق أنه من اجل عمل نماذج لقنوات طبيعية فإنه يجب على عدد فرود Fr أن يكون متساوي (نفسه).

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gy}} \quad (33) \quad) \quad \text{لدينا من العلاقة (09)}$$

$$L = y_m = y \quad \text{حيث}$$

$$S = By \quad (34) \quad) \quad \text{وبما أن قناة التجربة مستطيلة الشكل فإن :}$$

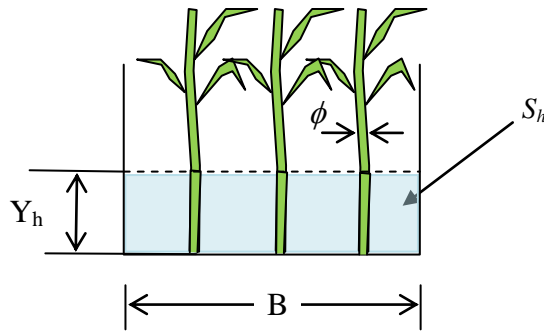
$$Fr = \sqrt{\frac{BQ^2}{g(By)^3}} = \sqrt{\left(\frac{B}{y}\right)^3} \frac{Q}{\sqrt{gB^5}} \quad (35) \quad \text{وباستعمال العلاقة (08) فإنه ينتج}$$

$$q = \frac{Q}{\sqrt{gB^5}} \quad (36) \quad \text{من العلاقة (35) يمكن أن نسمي } q \text{ بالتدفق النسبي من الشكل :}$$

نلاحظ من خلال العلاقة (36) أن التدفق q بدون وحدة (لابعدي) وهذا ما نريده، ولذلك سوف ندرس القناة بدلالة هذا التدفق وذلك من أجل تعميم نتائج التجارب على الواقع.

3-5-2 الكثافة النسبية للعوائق :

إن المقصود بالعوائق هو عدد وحجم سيقان القصب والتي تغير من مساحة وشكل المقطع وتغير من طبيعة أرضية القناة وبالتالي تؤثر على سرعة وارتفاع الماء وأيضاً على خشونة القناة [14] و [26] كما في الشكل 11.



الشكل 11 : شكل توضيحي لتأثير وجود عوائق في مقطع قناة

من خلال الشكل 11 يمكن أن نستنتج مساحة المقطع في حالة وجود القصب S_h كما يلي:

$$S_h = Y_h(B - N\phi) = Y_h B \left(1 - \frac{N\phi}{B}\right) \quad (37) \quad)$$

حيث أن

S_h : مساحة المقطع في حالة وجود نبات القصب

\emptyset : قطر الساق

N : عدد السيقان في المقطع

B : تمثل عرض القناة

Y_h : ارتفاع الماء في حالة وجود القصب

نسمي ω المساحة النسبية للمقطع بحيث:

$$\omega = 1 - \frac{N\emptyset}{B} \quad (38)$$

ويمكن أن نسمي θ الكثافة النسبية للعوائق حيث :

$$\theta = \frac{N\emptyset}{B} \quad (39)$$

ومن خلال العلاقة (37) و(38) والعلاقة (39) نستنتج علاقة مساحة المقطع بدلالة كثافة العوائق كما يلي:

$$S_h = Y_h B \omega = Y_h B (1 - \theta) \quad (40)$$

من أجل توضيح الشروط الحدية لتطبيق العلاقة (40) يمكن أن نلاحظ ما يلي :

- 1 - في حالة القناة لا ينمو فيها قصب أي لا وجود للعوائق فإن $\theta = 0$ و $Y_h = Y_0$ ومنه $S_0 = Y_0 B$
- 2 - أما في حالة نمو كثيف جداً للقصب أي $N\emptyset = B$ فإن $\theta = 1$ ومنه $S_h = 0$ أي لا يوجد جريان للمياه

الفصل

النتائج



دراسة النتائج المحصل عليها حول خصائص الجريان في القنوات المعشوشبة

الفصل الرابع

دراسة النتائج المحصل عليها حول خصائص الجريان في القنوات المعشوشبة

في هذا الفصل سنسرد النتائج المحصل عليها من خلال التجارب المذكورة في الفصل السابق، كما نشير إلى أن دقة القياس تقدر بـ $\pm 0,5 \text{ mm}$ بالنسبة لارتفاع الماء أما بالنسبة للتدفق فتقدر بـ $\pm 0,01 \text{ l/s}$ ، ومن أجل إظهار النتائج بشكل واضح واستنتاج طبيعة تغيرات خصائص الجريان في حالة وجود نبات القصب، قمنا بوضع النتائج وفق الترتيب التالي :

❖ دراسة ارتفاع الماء النسبي للجريان Y^* :

- ✓ تخطيط الجداول على حسب تغيرات التدفقات الأربعة المدروسة.
- ✓ وضع في كل جدول القيم المعلومة من التجارب والمتمثلة في قطر ϕ وكثافة سيقان القصب N وعرض القناة B ثم حساب قيمة المساحة النسبية Ω للمقطع .
- ✓ حساب ووضع القيم الخاصة بارتفاع الماء في حالة وجود القصب Y_h وفي حالة عدم وجود قصب Y_0 من خلال أخذ القياسات المباشرة من التجارب .
- ✓ رسم منحني تغير ارتفاع الماء النسبي Y^* بدلالة المساحة النسبية للمقطع Ω ، ثم نقوم بتفسير النتائج.
- ✓ دراسة تحليلية للنتائج ثم استخراج نماذج رياضية تعبر عن هذه الظاهرة.

❖ دراسة السرعة النسبية للجريان V^* :

- ✓ تخطيط الجداول على حسب تغيرات التدفقات المدروسة.
- ✓ وضع في كل جدول القيم المعلومة من التجارب والمتمثلة في قطر ϕ وكثافة سيقان القصب N وعرض القناة B ثم حساب قيمة المساحة النسبية Ω للمقطع باستعمال العلاقة (39) والتي تعبر عن الكثافة النسبية للعوائق θ .
- ✓ حساب ووضع قيم سرعة الجريان في القناة بدون قصب V_0 وسرعة الجريان في حالة وجود قصب V_h من خلال العلاقات الموضحة في الفصلين 2 و 3 .
- ✓ رسم منحني تغير سرعة الجريان النسبية V^* بدلالة المساحة النسبية للمقطع Ω ، ثم نقوم بتفسير النتائج.
- ✓ دراسة تحليلية للنتائج ثم استخراج نماذج رياضية تعبر عن هذه الظاهرة.

❖ دراسة معامل الخشونة النسبي K^* :

- ✓ تخطيط الجداول على حسب تغيرات التدفقات الأربعة المدروسة.
- ✓ وضع في كل جدول القيم المعلومة من التجارب والمتمثلة في قطر ϕ وكثافة سيقان القصب N وعرض القناة B ثم حساب قيمة المساحة النسبية Ω للمقطع.
- ✓ حساب ووضع قيم معامل خشونة القناة في حالة وجود القصب K_h وفي حالة عدم وجود القصب K_0 من خلال العلاقات الموضحة في الفصلين 2 و 3 .
- ✓ رسم منحنى تغير معامل خشونة القناة K^* بدلالة المساحة النسبية للمقطع Ω ، ثم نقوم بتفسير النتائج.
- ✓ دراسة تحليلية للنتائج ثم استخراج نماذج رياضية تعبر عن هذه الظاهرة.

4 1 دراسة ارتفاع الماء النسبي داخل القناة Y^* :

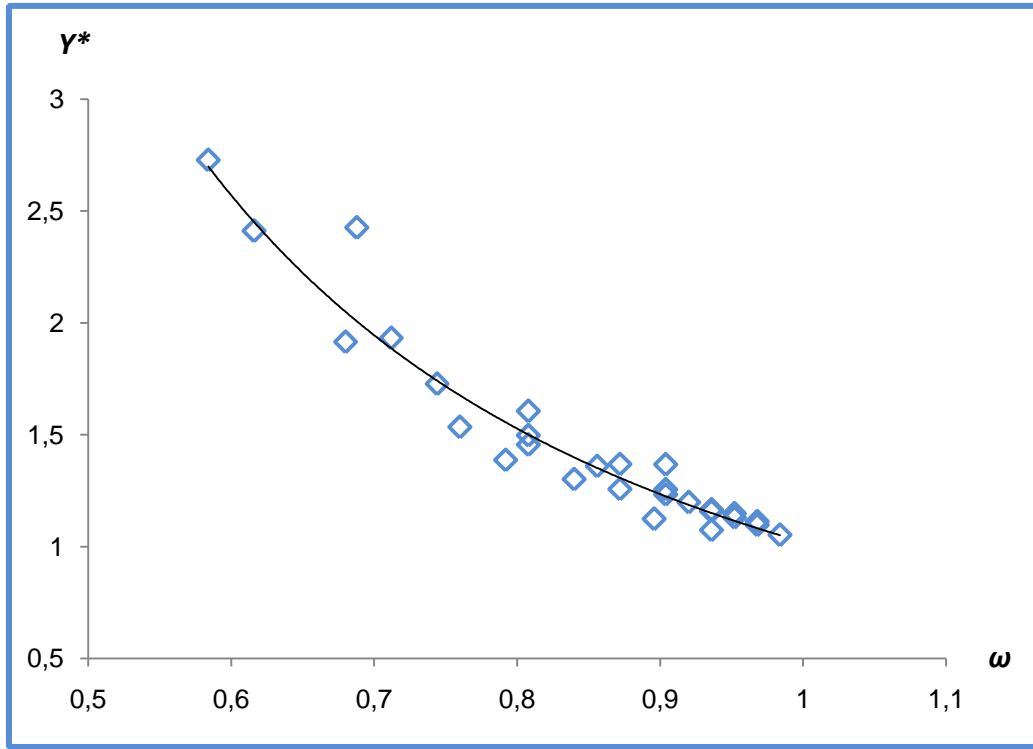
من خلال القياسات المباشرة في التجارب وباستعمال جهاز Limnimètre يمكن أن نحسب قيم ارتفاع الماء في خمس نقاط على طول القناة وذلك في حالة وجود القصب Y_h وفي حالة القناة فارغة Y_0 ، ويقسم الارتفاع الأول على الثاني عند كل نقطة نتحصل على قيم الارتفاع النسبي داخل القناة Y^* ، ويمكن وضع النتائج على حسب التدفق q في الجداول التالية :

• عند تدفق $Q = 1.11 \text{ l/s}$ الذي يعطي تدفق نسبي $q = 0.011$

الجدول 03 : قيم ارتفاع الماء في حالة وجود وحالة عدم وجود نبات القصب عند التدفق النسبي $q = 0.011$

q	ϕ (cm)	N	B (cm)	ω	Y_0 (cm)	Y_h (cm)	Y^*
0,011	0,2	2	25	0,984	1,35		
0,011	0,2	4	25	0,968	1,35		
0,011	0,2	6	25	0,952	1,35		
0,011	0,2	8	25	0,936	1,35		
0,011	0,4	2	25	0,968	2,06		
0,011	0,4	4	25	0,936	2,06		
0,011	0,4	6	25	0,904	2,06		
0,011	0,4	8	25	0,872	2,06		
0,011	0,6	2	25	0,952	2,08		
0,011	0,6	4	25	0,904	2,08		
0,011	0,6	6	25	0,856	2,08		
0,011	0,6	8	25	0,808	2,08		
0,011	0,8	2	25	0,936	2,02		
0,011	0,8	4	25	0,872	2,02		
0,011	0,8	6	25	0,808	2,02		
0,011	0,8	8	25	0,744	2,02		
0,011	1	2	25	0,92	2,02		
0,011	1	4	25	0,84	2,02		
0,011	1	6	25	0,76	2,02		
0,011	1	8	25	0,68	2,02		
0,011	1,2	2	25	0,904	1,77		
0,011	1,2	4	25	0,808	1,77		
0,011	1,2	6	25	0,712	1,77		
0,011	1,2	8	25	0,616	1,77		
0,011	1,3	2	25	0,896	1,29		
0,011	1,3	4	25	0,792	1,29		
0,011	1,3	6	25	0,688	1,29		
0,011	1,3	8	25	0,584	1,29		

من خلال الجدول السابق يمكن رسم منحنى توزيع نقاط Y^* بدلالة ω كما يلي :



الشكل 12 : منحنى تغير ارتفاع الماء النسبي Y^* بدلالة المساحة النسبية للمقطع ω عند التدفق النسبي $q = 0.011$

في حالة تدفق نسبي يساوي 0.011 فإن الجدول 03 والشكل 12 يوضحان أن ارتفاع الماء النسبي Y^* يتغير في المجال $[1.05, 2.73]$ ، ونلاحظ أنه كلما قلت المساحة النسبية للمقطع ω (أو زادت كثافة العوائق) فإن ارتفاع الماء النسبي يزداد، أي أن ارتفاع الماء عند وجود أدنى قيمة لكثافة العوائق θ يزداد بنسبة 5 % عن حالة القناة فارغة (الحالة الابتدائية)، كما نلاحظ أنه عندما تصل كثافة العوائق إلى أكبر قيمة فإن ارتفاع الماء النسبي يرتفع بنسبة 173 % من الحالة الابتدائية.

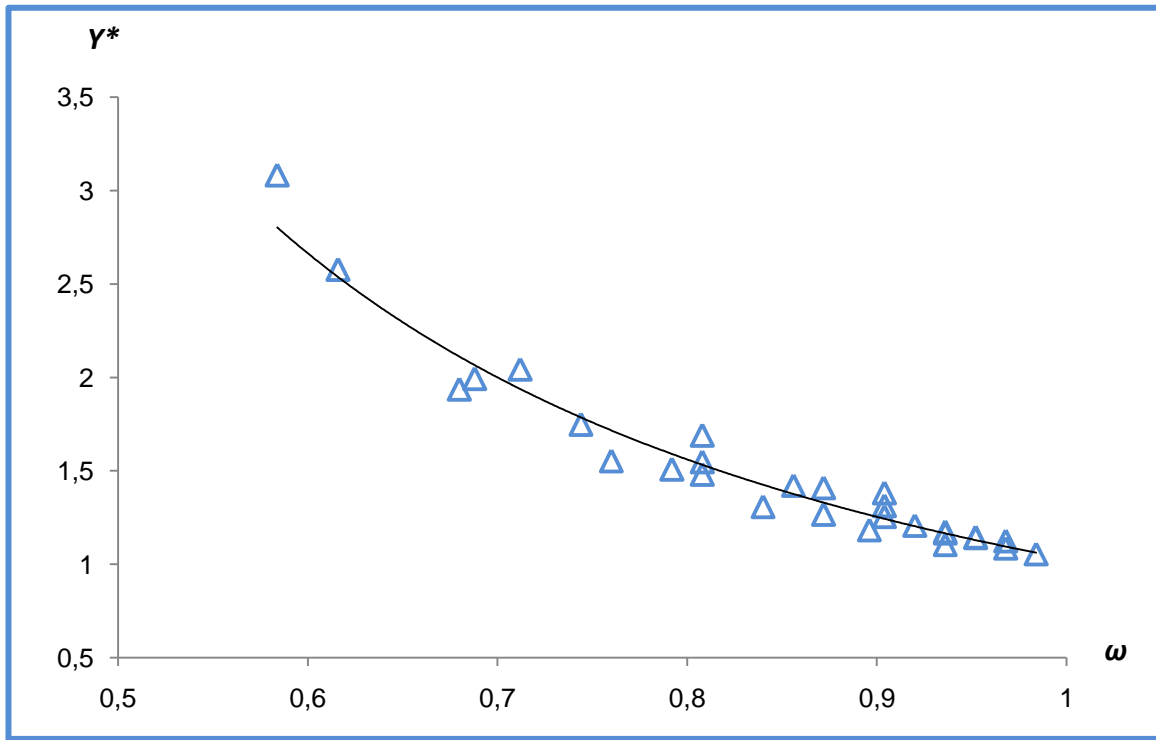
باستعمال طريقة المربعات الصغرى يمكن أن نلاحظ أن منحنى توزيع النقاط هو دالة من الشكل $y = Dx^{-E}$ وبمعامل التحديد $R^2 = 0.942$ ونلاحظ أن قيم المعاملات للدالة الأسية على النحو التالي : $D = 1.019$ و $E = 1.81$ إن قيمة معامل التحديد R^2 تدل على أن منحنى التوجيه المختار مناسب جداً لهذا التوزيع.

• عند تدفق $Q = 1.51$ l/s الذي يعطي تدفق نسبي $q = 0.015$

الجدول 04 : قيم ارتفاع الماء في حالة وجود وحالة عدم وجود نبات القصب عند التدفق النسبي $q = 0.015$

q	\emptyset (cm)	N	B (cm)	ω	Y_0 (cm)	Y_h (cm)	Y^*
0.015	0,2	2	25	0,984	1,61		
0.015	0,2	4	25	0,968	1,61		
0.015	0,2	6	25	0,952	1,61		
0.015	0,2	8	25	0,936	1,61		
0.015	0,4	2	25	0,968	2,39		
0.015	0,4	4	25	0,936	2,39		
0.015	0,4	6	25	0,904	2,39		
0.015	0,4	8	25	0,872	2,39		
0.015	0,6	2	25	0,952	2,39		
0.015	0,6	4	25	0,904	2,39		
0.015	0,6	6	25	0,856	2,39		
0.015	0,6	8	25	0,808	2,39		
0.015	0,8	2	25	0,936	2,39		
0.015	0,8	4	25	0,872	2,39		
0.015	0,8	6	25	0,808	2,39		
0.015	0,8	8	25	0,744	2,39		
0.015	1	2	25	0,92	2,4		
0.015	1	4	25	0,84	2,4		
0.015	1	6	25	0,76	2,4		
0.015	1	8	25	0,68	2,4		
0.015	1,2	2	25	0,904	2,04		
0.015	1,2	4	25	0,808	2,04		
0.015	1,2	6	25	0,712	2,04		
0.015	1,2	8	25	0,616	2,04		
0.015	1,3	2	25	0,896	1,57		
0.015	1,3	4	25	0,792	1,57		
0.015	1,3	6	25	0,688	1,57		
0.015	1,3	8	25	0,584	1,57		

من خلال الجدول السابق يمكن رسم منحنى توزيع نقاط Y^* بدلالة ω كما يلي :



الشكل 13 : منحنى تغير ارتفاع الماء النسبي Y^* بدلالة المساحة النسبية للمقطع ω عند التدفق النسبي $q = 0.015$

بالنسبة للتدفق النسبي $q = 0.015$ فإننا نلاحظ في الجدول 04 والشكل 13 أن ارتفاع الماء النسبي يتغير بنفس المنحنى وفي المجال $[1.05, 3.08]$ ، إن اتساع هذا المجال مقارنة بالمجال السابق يدل على أن زيادة التدفق النسبي q يؤثر سلباً على الارتفاع النسبي Y^* ، حيث نلاحظ نسبته وصلت إلى 208% عند أكبر كثافة ممكنة في هذه الدراسة، في حين بقيت نسبته تساوي نفس القيمة عند أقل كثافة مدروسة.

ونلاحظ أن منحنى توزيع النقاط يتبع دالة من الشكل $y = Dx^{-E}$ وذلك باستعمال طريقة المربعات الصغرى

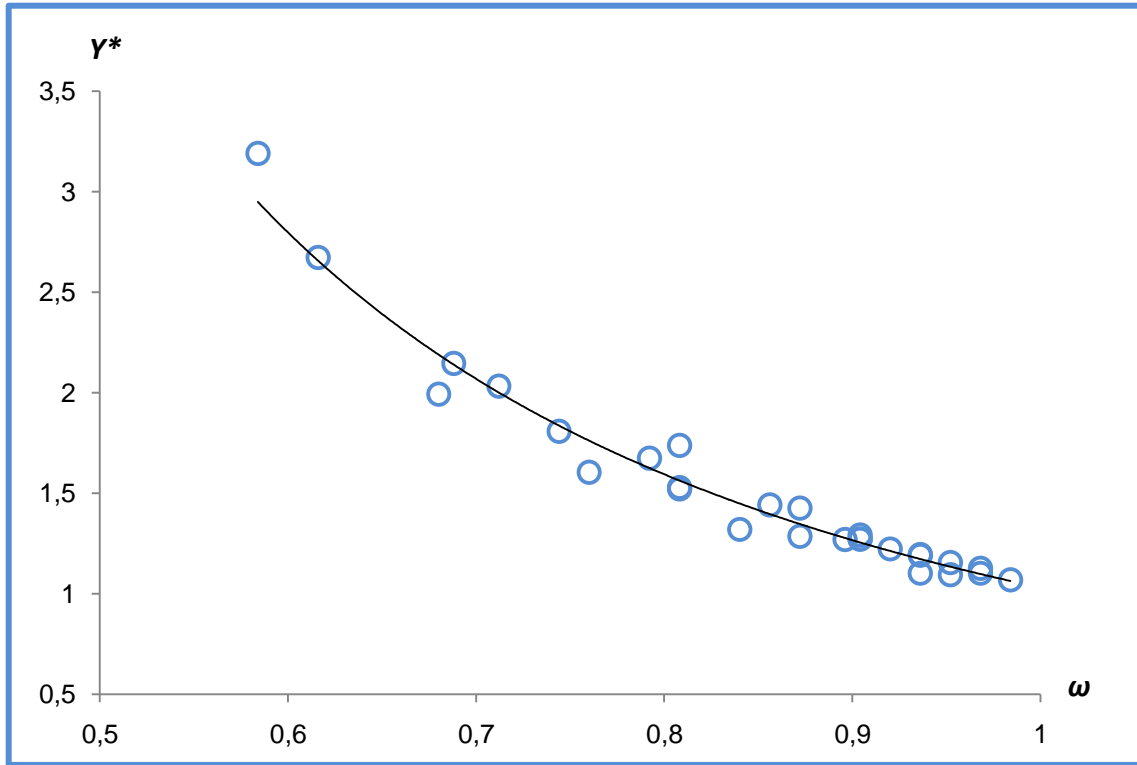
حيث أمكن حساب قيم المعاملات كما يلي : $D = 1.031$ و $E = 1.86$ وتصل قيمة معامل التحديد إلى $R^2 = 0.957$ وهي قيمة مقبولة جداً.

• عند تدفق $Q = 1.98 \text{ l/s}$ الذي يعطي تدفق نسبي $q = 0.020$

الجدول 05 : قيم ارتفاع الماء في حالة وجود وحالة عدم وجود نبات القصب عند التدفق النسبي $q = 0.020$

q	\emptyset (cm)	N	B (cm)	ω	Y_0 (cm)	Y_h (cm)	Y^*
0.020	0,2	2	25	0,984	1,86		
0.020	0,2	4	25	0,968	1,86		
0.020	0,2	6	25	0,952	1,86		
0.020	0,2	8	25	0,936	1,86		
0.020	0,4	2	25	0,968	2,77		
0.020	0,4	4	25	0,936	2,77		
0.020	0,4	6	25	0,904	2,77		
0.020	0,4	8	25	0,872	2,77		
0.020	0,6	2	25	0,952	2,83		
0.020	0,6	4	25	0,904	2,83		
0.020	0,6	6	25	0,856	2,83		
0.020	0,6	8	25	0,808	2,83		
0.020	0,8	2	25	0,936	2,76		
0.020	0,8	4	25	0,872	2,76		
0.020	0,8	6	25	0,808	2,76		
0.020	0,8	8	25	0,744	2,76		
0.020	1	2	25	0,92	2,78		
0.020	1	4	25	0,84	2,78		
0.020	1	6	25	0,76	2,78		
0.020	1	8	25	0,68	2,78		
0.020	1,2	2	25	0,904	2,42		
0.020	1,2	4	25	0,808	2,42		
0.020	1,2	6	25	0,712	2,42		
0.020	1,2	8	25	0,616	2,42		
0.020	1,3	2	25	0,896	1,78		
0.020	1,3	4	25	0,792	1,78		
0.020	1,3	6	25	0,688	1,78		
0.020	1,3	8	25	0,584	1,78		

من خلال الجدول السابق يمكن رسم منحنى توزيع نقاط Y^* بدلالة ω كما يلي :



الشكل 14 : منحنى تغير ارتفاع الماء النسبي Y^* بدلالة المساحة النسبية للمقطع ω عند التدفق النسبي $q = 0.020$

خلال الجدول 05 والشكل 14 يمكن استنتاج أن ارتفاع الماء النسبي محصورة في المجال $[1.07, 3.19]$ ، ونلاحظ أن هذا المجال أكبر من المجال السابق في التدفق السابق ($q = 0.015$) وهذا يدل على أن زيادة التدفق النسبي q يؤدي إلى زيادة Y^* كما تم الإشارة إليه في التحليل السابق للشكل 13 حيث تقترب نسبة Y^* إلى القيمة 220 % عند أكبر قيمة لكثافة القصب.

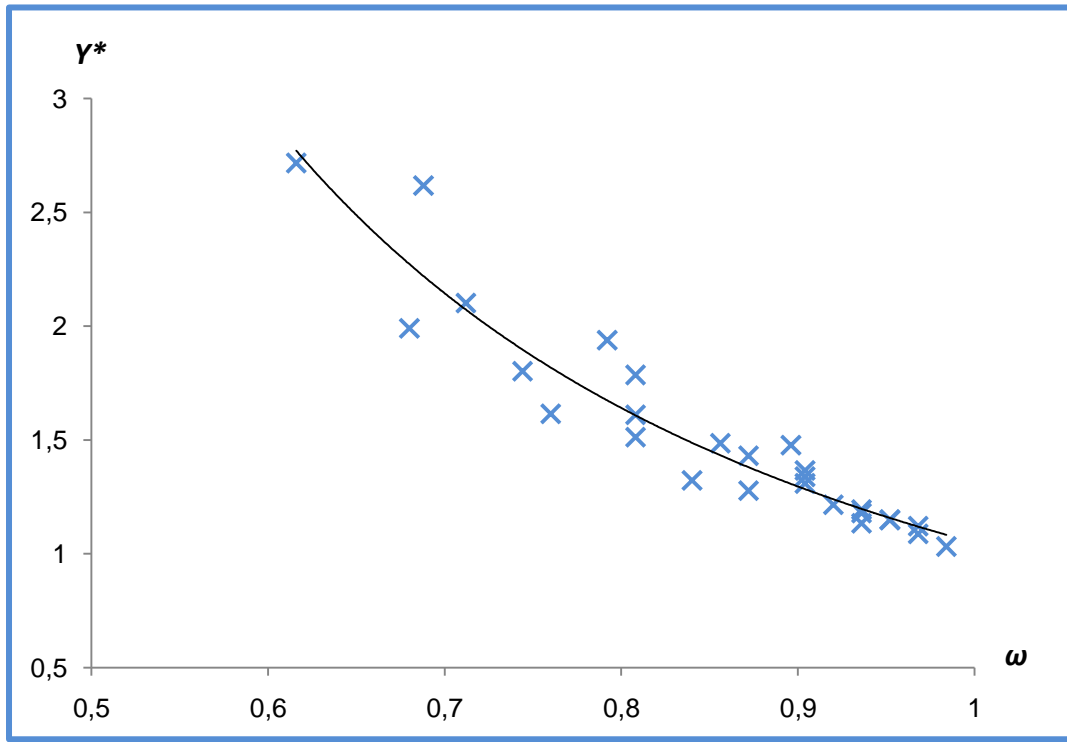
وحسب طريقة المربعات الصغرى فإن منحنى توزيع النقاط في هذه الحالة أيضاً يتبع دالة أسية من الشكل $y = Dx^{-E}$ حيث يبلغ معامل التحديد القيمة $R^2 = 0.971$ وهي قيمة مقبولة جداً ، ووجد أن قيم $D = 1.029$ و $E = 1.95$

• عند تدفق $Q = 2.54 \text{ l/s}$ الذي يعطي تدفق نسبي $q = 0.026$

الجدول 06 : قيم ارتفاع الماء في حالة وجود وحالة عدم وجود نبات القصب عند التدفق النسبي $q = 0.026$

q	\emptyset (cm)	N	B (cm)	ω	Y_0 (cm)	Y_h (cm)	Y^*
0.026	0,2	2	25	0,984	2,16		
0.026	0,2	4	25	0,968	2,16		
0.026	0,2	6	25	0,952	2,16		
0.026	0,2	8	25	0,936	2,16		
0.026	0,4	2	25	0,968	3,2		
0.026	0,4	4	25	0,936	3,2		
0.026	0,4	6	25	0,904	3,2		
0.026	0,4	8	25	0,872	3,2		
0.026	0,6	2	25	0,952	3,13		
0.026	0,6	4	25	0,904	3,13		
0.026	0,6	6	25	0,856	3,13		
0.026	0,6	8	25	0,808	3,13		
0.026	0,8	2	25	0,936	3,24		
0.026	0,8	4	25	0,872	3,24		
0.026	0,8	6	25	0,808	3,24		
0.026	0,8	8	25	0,744	3,24		
0.026	1	2	25	0,92	3,25		
0.026	1	4	25	0,84	3,25		
0.026	1	6	25	0,76	3,25		
0.026	1	8	25	0,68	3,25		
0.026	1,2	2	25	0,904	2,65		
0.026	1,2	4	25	0,808	2,65		
0.026	1,2	6	25	0,712	2,65		
0.026	1,2	8	25	0,616	2,65		
0.026	1,3	2	25	0,896	1,78		
0.026	1,3	4	25	0,792	1,78		
0.026	1,3	6	25	0,688	1,78		
0.026	1,3	8	25	0,584	1,78		

من خلال الجدول السابق يمكن رسم منحنى توزيع نقاط Y^* بدلالة ω كما يلي :



الشكل 15 : منحنى تغير ارتفاع الماء النسبي Y^* بدلالة المساحة النسبية للمقطع ω عند التدفق النسبي $q = 0.026$

خلال الشكل 15 والجدول 06 يمكن استنتاج أن ارتفاع الماء النسبي محصور في المجال [1.07 , 3.30] ، ونلاحظ أن هذا المجال أكبر من المجال السابق في التدفق السابق ($q = 0.020$) وهذا ما يزيد من التأكيد على أن زيادة التدفق النسبي q يؤدي إلى زيادة في قيمة ارتفاع الماء النسبي Y^* كما تم الإشارة إليه في التحليل السابق.

كما نلاحظ أنه كلما قلت ω زادت قيمة Y^* بحيث نلاحظ أن توزيع النقاط يتبع دالة أسية من الشكل $y = Dx^{-E}$ وباستعمال طريقة المربعات الصغرى نتحصل على قيمة معامل التحديد $R^2 = 0.916$ وهي قيمة مقبولة ، وقيم العوامل التحليلية $D = 1.048$ و $E = 2$

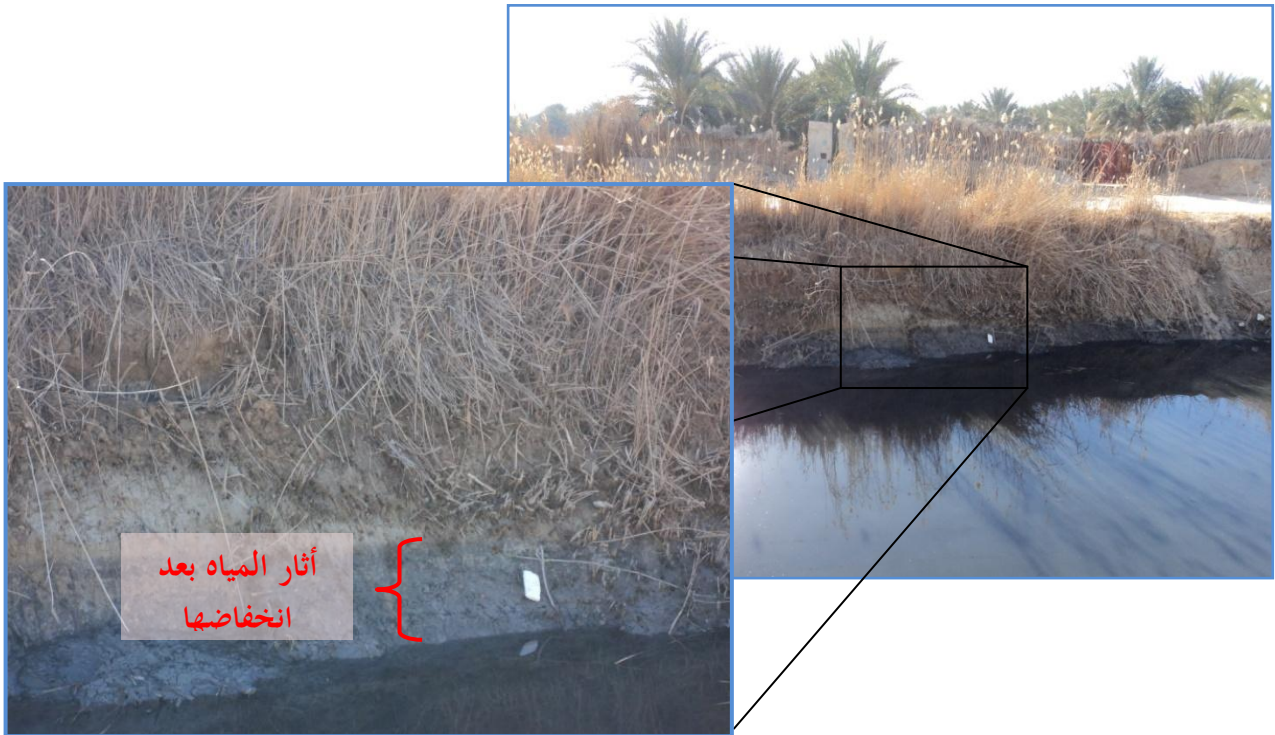
الدراسة التحليلية للنتائج :

مما سبق يمكن الوصول إلى نموذج رياضي يكون معبر عن القيم المحصل عليها تجريبياً وتحت شروط هذه الدراسة. كما يمكن أن نلاحظ أن قيم المساحة النسبية للمقطع ω تتراوح بين القيمة 0.584 والقيمة 0.984 في كل التجارب، ومن خلال العلاقة (40) يمكن حساب قيم كثافة سيقان القصب (العوائق) والتي تتراوح بين القيمة 0.016 والقيمة 0.416 أي أن كثافة العوائق θ لا تتجاوز 42 % .

عند استعمال أقل كثافة ممكنة في هذه الدراسة فإن ارتفاع الماء النسبي Y^* يكون في أصغر حالة ممكنة له، حيث يقدر بحوالي 5 % وذلك عند تدفق نسبي $q = 0.011$ ، أما في حالة استعمال تدفق نسبي $q = 0.026$ فإن ارتفاع الماء النسبي Y^* لا يزيد بقيمة محسوسة حيث يصل إلى 6 % عند نفس الكثافة.

أما في حالة استعمال أكبر كثافة ممكنة في هذه الدراسة فإن ارتفاع الماء النسبي Y^* يكون في أكبر قيمة له ، بحيث يصل إلى القيمة 173 % عند أقل تدفق نسبي مستعمل $q = 0.011$ ، أما في حالة التدفق النسبي $q = 0.026$ فإن ارتفاع الماء النسبي Y^* يصل إلى 230 % عند نفس كثافة سيقان القصب.

مما سبق نستنتج الخلاصة التالية: كلما زادت كثافة النباتات التي تنمو في القناة زاد ارتفاع الماء والعكس صحيح، وكلما زاد تدفق الجريان و في نفس كثافة النباتات زاد ارتفاع الماء داخل القناة، وهذا ما تثبته الصورة 28 الملتقطة خلال أحد الزيارات الميدانية لقناة وادي ريغ وذلك بعد عملية دورية لتنظيف القناة من نبات القصب.



صورة 28 : آثار المياه بعد انخفاض المنسوب

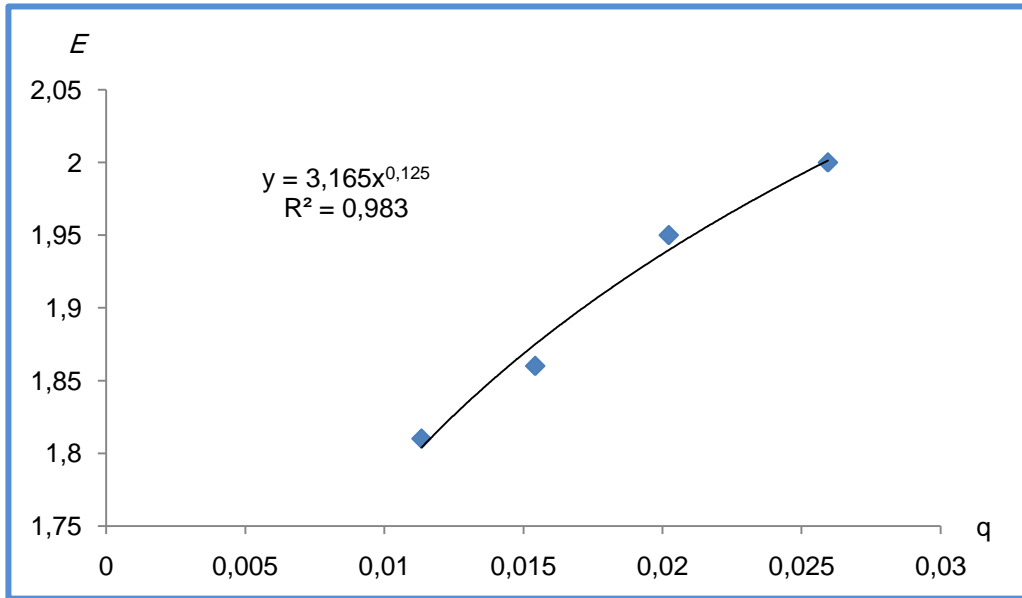
ومن أجل الوصول لنموذج رياضي يتحكم في تغير نسبة ارتفاع الماء بدلالة تغير نسبة كثافة القصب وتدفق الجريان فإنه يتحتم علينا دراسة القيم التحليلية المتحصل عليها من خلال التجارب، حيث وجدنا في تفسير المنحنيات السابقة أن تغير نسبة ارتفاع الماء Y^* بدلالة المساحة النسبية للمقطع ω وباستعمال طريقة المربعات الصغرى يتبع خط اتجاه على شكل دالة أسية متناقصة، من الشكل $y = Dx^{-E}$ ، و يمكن تلخيص قيم D و E و R^2 في الجدول التالي :

الجدول 07 : قيم D و E و R^2 المحصل عليها من نتائج دراسة ارتفاع الماء بدلالة التدفق النسبي q

q	D	E	R^2
0.011	1.019	1.81	0.942
0.015	1.031	1.86	0.957
0.020	1.029	1.95	0.971
0.026	1.048	2.00	0.916

نلاحظ من خلال الجدول 07 ما يلي :

- قيم معامل التحديد R^2 تدل على أن اختيار الدالة $y = Dx^{-E}$ مقبولة جدا ويمكن اعتمادها.
- إن قيم D مضطربة بالنسبة لتزايد قيم التدفق النسبي q ، فمن أجل الوصول إلى قيمة محددة للمعامل D يمكن أخذ القيمة المتوسطة كقيمة موحدة لكل التجارب أي $D = 1.031$.
- نلاحظ أن المعامل E يتزايد كلما زاد q ويمكن توضيح ذلك برسم المنحنى $E = f(q)$ في الشكل 16



الشكل 16 : منحنى تغير المعامل E بدلالة التدفق النسبي q

في الشكل 16 نلاحظ أن المعامل E يتزايد بدلالة زيادة التدفق النسبي q ، و باستعمال طريقة المربعات الصغرى للدالة الأسية التي يوفرها برنامج Excel يمكن أن نلاحظ أن منحني التوجيه من الشكل $E = 3.165q^{0.125}$ كما نلاحظ أن معامل التحديد R² يتجاوز القيمة 0.98 وتدلل هذه القيمة على أن اختيار هذه الدالة لخط التوجيه مناسب جداً. ومن خلال هذا التحليل الرياضي يمكن أن نجد أن تغير ارتفاع الماء النسبي Y* بدلالة المساحة النسبية للمقطع ω والتدفق النسبي q هو دالة متناقصة من الشكل :

$$***** (41) *$$

حيث :

Y_{TH}^* : ارتفاع الماء النسبي النظري في المقطع (وهو يمثل ارتفاع الماء داخل القناة في حالة وجود القصب على ارتفاع الماء داخل القناة بدون قصب)

ω : المساحة النسبية للمقطع - انظر العلاقة (38)

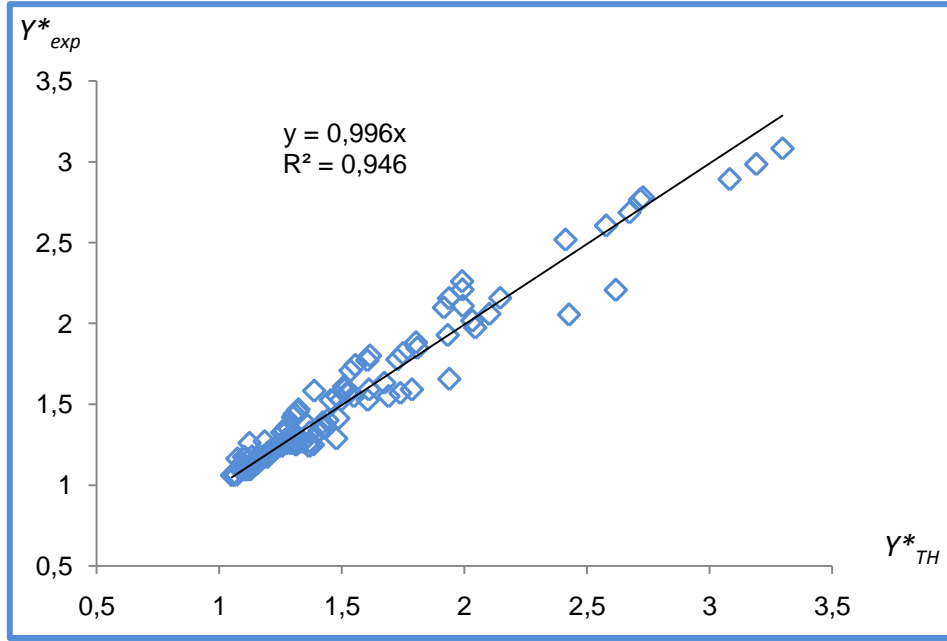
q : التدفق النسبي المار في القناة - انظر العلاقة (36)

ملاحظة : إن إشارة السالب الموجودة في العلاقة (41) هي ناتجة عن التحليل السابق للأشكال 12، 13 ، 14 و 15. وللتأكد من صلاحية العلاقة الرياضية المتحصل عليها وضعنا مقارنة بين 112 قيمة لارتفاع الماء النسبي متحصل عليها نظرياً باستعمال العلاقة (41) وقيم أخرى متحصل عليها تجريبياً من خلال قناة التجارب المذكورة في الفصل الثالث والجدول 08 يبين النتائج كما يلي :

الجدول 08 : قيم ارتفاع الماء النسبي التجريبية Y_{exp}^* وقيم ارتفاع الماء النسبي النظرية Y_{TH}^*

N°	q	∅ (cm)	N	ω	Y_{TH}^*	Y_{exp}^*	N°	q	∅ (cm)	N	ω	Y_{TH}^*	Y_{exp}^*
1	0.011	0,2	2	0,984			57	0.020	0,2	2	0,984		
2	0.011	0,2	4	0,968			58	0.020	0,2	4	0,968		
3	0.011	0,2	6	0,952			59	0.020	0,2	6	0,952		
4	0.011	0,2	8	0,936			60	0.020	0,2	8	0,936		
5	0.011	0,4	2	0,968			61	0.020	0,4	2	0,968		
6	0.011	0,4	4	0,936			62	0.020	0,4	4	0,936		
7	0.011	0,4	6	0,904			63	0.020	0,4	6	0,904		
8	0.011	0,4	8	0,872			64	0.020	0,4	8	0,872		
9	0.011	0,6	2	0,952			65	0.020	0,6	2	0,952		
10	0.011	0,6	4	0,904			66	0.020	0,6	4	0,904		
11	0.011	0,6	6	0,856			67	0.020	0,6	6	0,856		
12	0.011	0,6	8	0,808			68	0.020	0,6	8	0,808		
13	0.011	0,8	2	0,936			69	0.020	0,8	2	0,936		
14	0.011	0,8	4	0,872			70	0.020	0,8	4	0,872		
15	0.011	0,8	6	0,808			71	0.020	0,8	6	0,808		
16	0.011	0,8	8	0,744			72	0.020	0,8	8	0,744		
17	0.011	1	2	0,92			73	0.020	1	2	0,92		
18	0.011	1	4	0,84			74	0.020	1	4	0,84		
19	0.011	1	6	0,76			75	0.020	1	6	0,76		
20	0.011	1	8	0,68			76	0.020	1	8	0,68		
21	0.011	1,2	2	0,904			77	0.020	1,2	2	0,904		
22	0.011	1,2	4	0,808			78	0.020	1,2	4	0,808		
23	0.011	1,2	6	0,712			79	0.020	1,2	6	0,712		
24	0.011	1,2	8	0,616			80	0.020	1,2	8	0,616		
25	0.011	1,3	2	0,896			81	0.020	1,3	2	0,896		
26	0.011	1,3	4	0,792			82	0.020	1,3	4	0,792		
27	0.011	1,3	6	0,688			83	0.020	1,3	6	0,688		
28	0.011	1,3	8	0,584			84	0.020	1,3	8	0,584		
29	0.015	0,2	2	0,984			85	0.026	0,2	2	0,984		
30	0.015	0,2	4	0,968			86	0.026	0,2	4	0,968		
31	0.015	0,2	6	0,952			87	0.026	0,2	6	0,952		
32	0.015	0,2	8	0,936			88	0.026	0,2	8	0,936		
33	0.015	0,4	2	0,968			89	0.026	0,4	2	0,968		
34	0.015	0,4	4	0,936			90	0.026	0,4	4	0,936		
35	0.015	0,4	6	0,904			91	0.026	0,4	6	0,904		
36	0.015	0,4	8	0,872			92	0.026	0,4	8	0,872		
37	0.015	0,6	2	0,952			93	0.026	0,6	2	0,952		
38	0.015	0,6	4	0,904			94	0.026	0,6	4	0,904		
39	0.015	0,6	6	0,856			95	0.026	0,6	6	0,856		
40	0.015	0,6	8	0,808			96	0.026	0,6	8	0,808		
41	0.015	0,8	2	0,936			97	0.026	0,8	2	0,936		
42	0.015	0,8	4	0,872			98	0.026	0,8	4	0,872		
43	0.015	0,8	6	0,808			99	0.026	0,8	6	0,808		
44	0.015	0,8	8	0,744			100	0.026	0,8	8	0,744		
45	0.015	1	2	0,92			101	0.026	1	2	0,92		
46	0.015	1	4	0,84			102	0.026	1	4	0,84		
47	0.015	1	6	0,76			103	0.026	1	6	0,76		
48	0.015	1	8	0,68			104	0.026	1	8	0,68		
49	0.015	1,2	2	0,904			105	0.026	1,2	2	0,904		
50	0.015	1,2	4	0,808			106	0.026	1,2	4	0,808		
51	0.015	1,2	6	0,712			107	0.026	1,2	6	0,712		
52	0.015	1,2	8	0,616			108	0.026	1,2	8	0,616		
53	0.015	1,3	2	0,896			109	0.026	1,3	2	0,896		
54	0.015	1,3	4	0,792			110	0.026	1,3	4	0,792		
55	0.015	1,3	6	0,688			111	0.026	1,3	6	0,688		
56	0.015	1,3	8	0,584			112	0.026	1,3	8	0,584		

ولكي نتحقق من مدى تقارب النتائج بين القيم التجريبية والقيم النظرية نقوم بتوزيع النقاط في المنحنى التالي:



الشكل 17 : قيم ارتفاع الماء النسبي التجريبية Y_{exp}^* بدلالة ارتفاع الماء النسبي Y_{TH}^* الناتجة من العلاقة (41)

نلاحظ من خلال الشكل 17 أن توزيع النقاط تتكثف على المحور $y = x$ (المنصف الأول) وهذا يدل على تقارب قيم ارتفاع الماء النسبي المستنتجة من العلاقة (41) وقيم ارتفاع الماء النسبي التجريبي وبمعامل ارتباط $r = 0.972$ وهي قيمة معبرة جداً حسب جدول Pearson .

الخلاصة: يمكن أن نقول أن النموذج الرياضي المختار بالعلاقة (41) صالح للاستعمال في الشروط التالية :

- الكثافة النسبية لسبقان القصب θ تتراوح ما بين 0.016 و 0.416
- تدفق نسبي q يتراوح بين 0.011 و 0.026

حيث تصل قيمة الخطأ النسبي المتوسط إلى $\pm 4\%$ و يصل الخطأ المتوسط التريعي إلى القيمة 6 % .

استنتاج

العلاقة التي تربط بين ارتفاع الماء داخل القناة في حالة وجود القصب Y_h وارتفاع الماء داخل القناة قبل وجود القصب Y_0 تعطى بدلالة ω و q من الشكل: (42) *****

حيث : ω تمثل المساحة النسبية للمقطع وهي بدلالة الكثافة النسبية لنبات القصب (العلاقة 38)

q يمثل التدفق النسبي وله علاقة بالعرض والتدفق المار في القناة (العلاقة 36)

4 2 دراسة السرعة النسبية V^* للجريان :

من خلال العلاقات (08)، (31) و(34) يمكن أن نحسب قيم السرعة النسبية V^* والتي هي حاصل قسمة السرعة

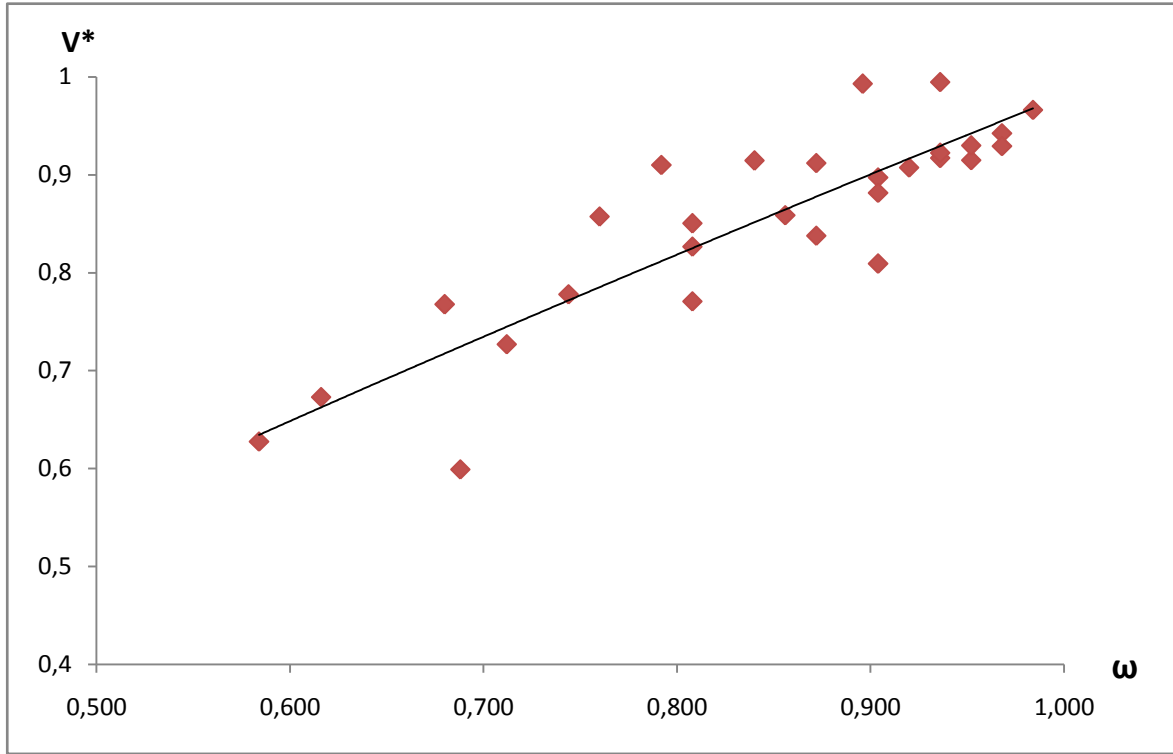
المتوسطة للجريان في حالة وجود القصب V_h على السرعة المتوسطة للجريان في حالة القناة بدون وجود قصب V_0 ،

عندها يمكن أن نضع النتائج على حسب التدفق النسبي q كما يلي :

الجدول 09 : قيم السرعة في حالة وجود وعدم وجود نبات القصب والسرعة النسبية التجريبية عند التدفق النسبي $q = 0.011$

q	\emptyset (cm)	N	B (cm)	ω	V_0 (m/s)	V_h (m/s)	V^*
0,011	0,2	2	25	0,984	0,329		
0,011	0,2	4	25	0,968	0,329		
0,011	0,2	6	25	0,952	0,329		
0,011	0,2	8	25	0,936	0,329		
0,011	0,4	2	25	0,968	0,216		
0,011	0,4	4	25	0,936	0,216		
0,011	0,4	6	25	0,904	0,216		
0,011	0,4	8	25	0,872	0,216		
0,011	0,6	2	25	0,952	0,212		
0,011	0,6	4	25	0,904	0,212		
0,011	0,6	6	25	0,856	0,212		
0,011	0,6	8	25	0,808	0,212		
0,011	0,8	2	25	0,936	0,220		
0,011	0,8	4	25	0,872	0,220		
0,011	0,8	6	25	0,808	0,220		
0,011	0,8	8	25	0,744	0,220		
0,011	1	2	25	0,92	0,220		
0,011	1	4	25	0,84	0,220		
0,011	1	6	25	0,76	0,220		
0,011	1	8	25	0,68	0,220		
0,011	1,2	2	25	0,904	0,251		
0,011	1,2	4	25	0,808	0,251		
0,011	1,2	6	25	0,712	0,251		
0,011	1,2	8	25	0,616	0,251		
0,011	1,3	2	25	0,896	0,344		
0,011	1,3	4	25	0,792	0,344		
0,011	1,3	6	25	0,688	0,344		
0,011	1,3	8	25	0,584	0,344		

من خلال الجدول السابق يمكن رسم منحنى توزيع نقاط V^* بدلالة ω كما يلي :



الشكل 18 : منحنى تغير السرعة النسبية V^* بدلالة المساحة النسبية للمقطع ω عند التدفق النسيبي $q = 0.011$

إن الجدول 09 والشكل 18 يبينان أن السرعة النسبية تتغير في المجال $[0.60, 0.99]$ ، وهذا يعني أن السرعة المتوسطة للجريان في حالة وجود القصب وفي حالة تدفق نسيبي يساوي 0.011 قد انخفضت إلى غاية 60% بالنسبة لسرعة الجريان في حالة قناة فارغة (أي بدون نبات القصب)، كما نلاحظ أنه عندما تقترب المساحة النسبية للمقطع ω إلى القيمة 100% وهذا يعني أن وجود العوائق ليس له تأثير معتبر - وذلك حسب العلاقة (39) - فإن السرعة النسبية تصل إلى أكبر قيمة لها وهي 99% أي أن $V_h \approx V_0$ وهي نتيجة منطقية.

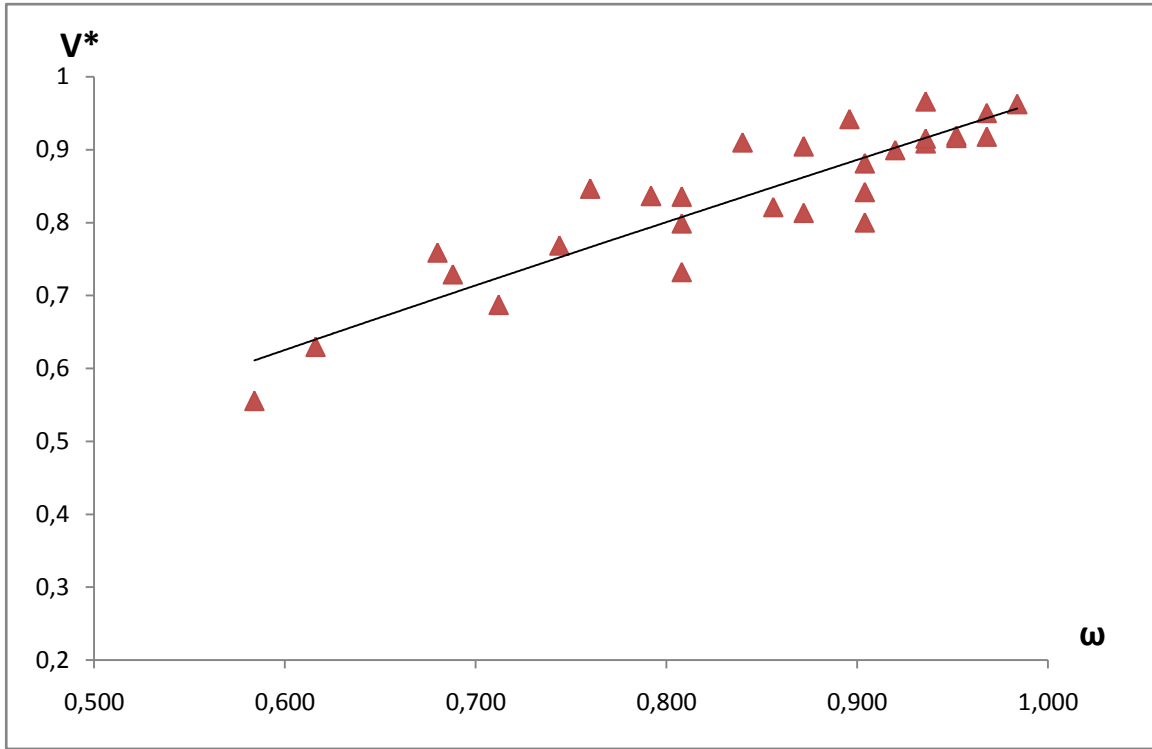
ومن جهة أخرى وباستعمال طريقة المربعات الصغرى يمكن أن نلاحظ أن خط الاتجاه لمنحنى توزيع النقاط هو دالة أسية من الشكل $y = Ax^C$ وبمعامل التحديد $R^2 = 0.766$ ، كما نلاحظ أن قيم المعاملات لهذه للدالة على النحو التالي : $A = 0.980$ و $C = 0.809$.

إن قيمة معامل التحديد R^2 تدل على أن منحنى التوجيه المختار (شكل الدالة المختارة) مناسب جداً لهذا التوزيع فكلما كانت قيمة R^2 كبيرة كان منحنى التوجيه مقبول، وهذا ما لوحظ في كل النتائج.

الجدول 10 : قيم السرعة في حالة وجود وعدم وجود نبات القصب والسرعة النسبية التجريبية عند التدفق النسبي $q = 0.015$

q	\emptyset (cm)	N	B (cm)	ω	V_0 (m/s)	V_h (m/s)	V^*
0,015	0,2	2	25	0,984	0,375		
0,015	0,2	4	25	0,968	0,375		
0,015	0,2	6	25	0,952	0,375		
0,015	0,2	8	25	0,936	0,375		
0,015	0,4	2	25	0,968	0,253		
0,015	0,4	4	25	0,936	0,253		
0,015	0,4	6	25	0,904	0,253		
0,015	0,4	8	25	0,872	0,253		
0,015	0,6	2	25	0,952	0,257		
0,015	0,6	4	25	0,904	0,257		
0,015	0,6	6	25	0,856	0,257		
0,015	0,6	8	25	0,808	0,257		
0,015	0,8	2	25	0,936	0,259		
0,015	0,8	4	25	0,872	0,259		
0,015	0,8	6	25	0,808	0,259		
0,015	0,8	8	25	0,744	0,259		
0,015	1	2	25	0,92	0,257		
0,015	1	4	25	0,84	0,257		
0,015	1	6	25	0,76	0,257		
0,015	1	8	25	0,68	0,257		
0,015	1,2	2	25	0,904	0,296		
0,015	1,2	4	25	0,808	0,296		
0,015	1,2	6	25	0,712	0,296		
0,015	1,2	8	25	0,616	0,296		
0,015	1,3	2	25	0,896	0,385		
0,015	1,3	4	25	0,792	0,385		
0,015	1,3	6	25	0,688	0,385		
0,015	1,3	8	25	0,584	0,385		

من خلال الجدول السابق يمكن رسم منحنى توزيع نقاط V^* بدلالة ω كما يلي :



الشكل 19 : منحنى تغير السرعة النسبية V^* بدلالة المساحة النسبية للمقطع ω عند التدفق النسبي $q = 0.015$

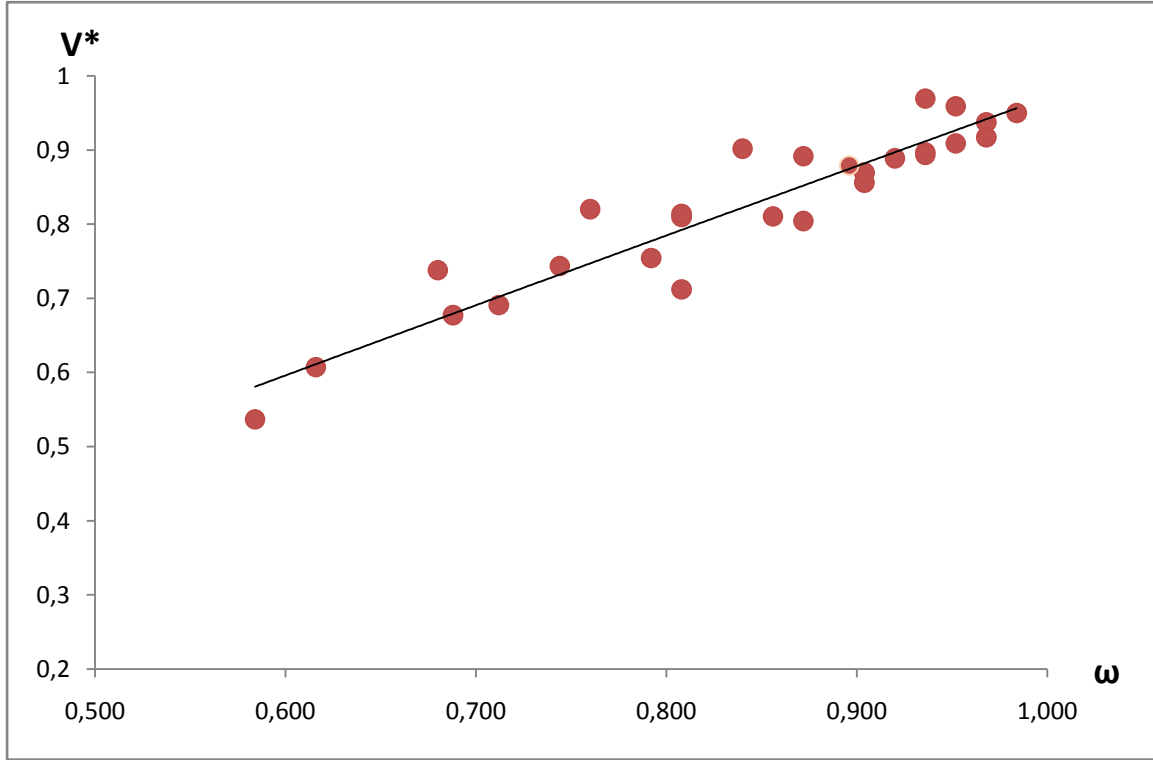
نلاحظ في الجدول 10 والشكل 19 أن السرعة النسبية تتغير في المجال [0.56 , 0.97]، إن انخفاض القيمة الصغرى والقيمة الكبرى لهذا المجال مقارنة بالمجال السابق يدل على أن زيادة التدفق النسبي q يؤثر سلباً على السرعة النسبية V^* كما نلاحظ أن قيمة 0.555 تقابل $\phi=1.3$ cm و $N=8$ في الجدول (10) وهي أكبر كثافة ممكنة في هذه الدراسة، ونلاحظ أيضاً أن 0.966 تقابل $\phi=0.2$ cm و $N=2$ وهي أقل كثافة مدروسة، أي كلما قلت كثافة القصب ω زادت السرعة النسبية V^* .

ونلاحظ أن منحنى توزيع النقاط يتبع دالة من الشكل $y = Ax^C$ وذلك باستعمال طريقة المربعات الصغرى حيث أمكن حساب قيم المعاملات كما يلي : $A = 0.969$ و $C = 0.859$ وتصل قيمة معامل التحديد إلى $R^2 = 0.828$ وهي قيمة مقبولة جداً.

الجدول 11 : قيم السرعة في حالة وجود وعدم وجود نبات القصب والسرعة النسبية التجريبية عند التدفق النسبي $q = 0.020$

q	ϕ (cm)	N	B (cm)	ω	V_0 (m/s)	V_h (m/s)	V^*
0,020	0,2	2	25	0,984	0,426		
0,020	0,2	4	25	0,968	0,426		
0,020	0,2	6	25	0,952	0,426		
0,020	0,2	8	25	0,936	0,426		
0,020	0,4	2	25	0,968	0,286		
0,020	0,4	4	25	0,936	0,286		
0,020	0,4	6	25	0,904	0,286		
0,020	0,4	8	25	0,872	0,286		
0,020	0,6	2	25	0,952	0,280		
0,020	0,6	4	25	0,904	0,280		
0,020	0,6	6	25	0,856	0,280		
0,020	0,6	8	25	0,808	0,280		
0,020	0,8	2	25	0,936	0,287		
0,020	0,8	4	25	0,872	0,287		
0,020	0,8	6	25	0,808	0,287		
0,020	0,8	8	25	0,744	0,287		
0,020	1	2	25	0,92	0,285		
0,020	1	4	25	0,84	0,285		
0,020	1	6	25	0,76	0,285		
0,020	1	8	25	0,68	0,285		
0,020	1,2	2	25	0,904	0,327		
0,020	1,2	4	25	0,808	0,327		
0,020	1,2	6	25	0,712	0,327		
0,020	1,2	8	25	0,616	0,327		
0,020	1,3	2	25	0,896	0,445		
0,020	1,3	4	25	0,792	0,445		
0,020	1,3	6	25	0,688	0,445		
0,020	1,3	8	25	0,584	0,445		

من خلال الجدول السابق يمكن رسم منحنى توزيع نقاط V^* بدلالة ω كما يلي :



الشكل 20 : منحنى تغير السرعة النسبية V^* بدلالة المساحة النسبية للمقطع ω عند التدفق النسبي $q = 0.020$

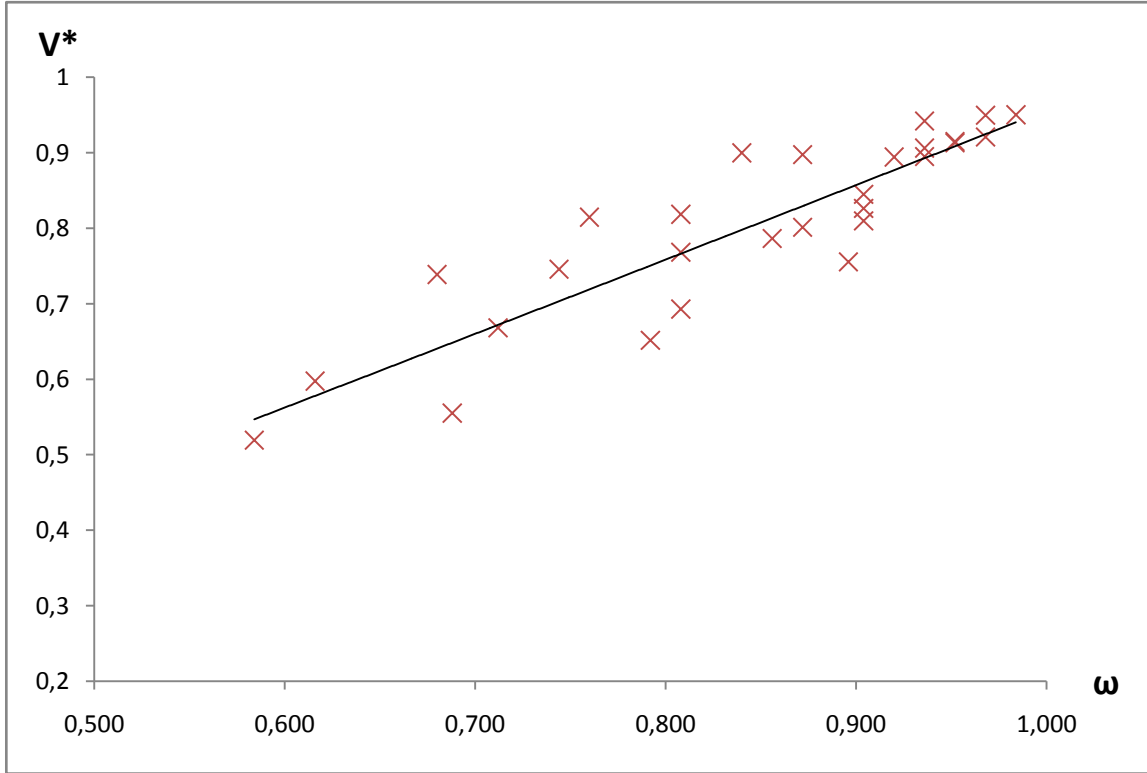
خلال الجدول 11 والشكل 20 يمكن استنتاج أن السرعة النسبية محصورة في المجال $[0.54, 0.97]$ ، ونلاحظ أن هذا المجال أقل من المجال السابق في التدفق السابق ($q = 0.015$) وهذا يدل على أن زيادة التدفق النسبي q يؤدي إلى انخفاض في قيمة السرعة النسبية V^* كما تم الإشارة إليه في التحليل السابق للشكل (19)

وباستعمال طريقة المربعات الصغرى فإن منحنى توزيع النقاط في هذه الحالة أيضاً يتبع دالة أسية من الشكل $y = Ax^C$ حيث يبلغ معامل التحديد القيمة $R^2 = 0.889$ وهي قيمة مقبولة جداً ، ووجد أن قيم : $A = 0.971$ و $C = 0.956$

الجدول 12 : قيم السرعة في حالة وجود وعدم وجود نبات القصب والسرعة النسبية التجريبية عند التدفق النسبي $q = 0.026$

q	ϕ (cm)	N	B (cm)	ω	V_0 (m/s)	V_h (m/s)	V^*
0,026	0,2	2	25	0,984	0,470		
0,026	0,2	4	25	0,968	0,470		
0,026	0,2	6	25	0,952	0,470		
0,026	0,2	8	25	0,936	0,470		
0,026	0,4	2	25	0,968	0,318		
0,026	0,4	4	25	0,936	0,318		
0,026	0,4	6	25	0,904	0,318		
0,026	0,4	8	25	0,872	0,318		
0,026	0,6	2	25	0,952	0,325		
0,026	0,6	4	25	0,904	0,325		
0,026	0,6	6	25	0,856	0,325		
0,026	0,6	8	25	0,808	0,325		
0,026	0,8	2	25	0,936	0,314		
0,026	0,8	4	25	0,872	0,314		
0,026	0,8	6	25	0,808	0,314		
0,026	0,8	8	25	0,744	0,314		
0,026	1	2	25	0,92	0,313		
0,026	1	4	25	0,84	0,313		
0,026	1	6	25	0,76	0,313		
0,026	1	8	25	0,68	0,313		
0,026	1,2	2	25	0,904	0,383		
0,026	1,2	4	25	0,808	0,383		
0,026	1,2	6	25	0,712	0,383		
0,026	1,2	8	25	0,616	0,383		
0,026	1,3	2	25	0,896	0,470		
0,026	1,3	4	25	0,792	0,470		
0,026	1,3	6	25	0,688	0,470		
0,026	1,3	8	25	0,584	0,470		

من خلال الجدول السابق يمكن رسم منحنى توزيع نقاط V^* بدلالة ω كما يلي :



الشكل 21 : منحنى تغير السرعة النسبية V^* بدلالة المساحة النسبية للمقطع ω عند التدفق النسبي $q = 0.026$

خلال الشكل 21 والجدول 12 يمكن استنتاج أن السرعة النسبية محصورة في المجال $[0.52, 0.95]$ ، ونلاحظ أن هذا المجال أقل من المجال السابق في حالة تدفق $q = 0.020$ وهذا ما يزيد من التأكيد على أن زيادة التدفق النسبي q يؤدي إلى انخفاض في قيمة السرعة النسبية V^* كما تم الإشارة إليه في التحليل السابق.

كما نلاحظ أنه كلما زادت ω زادت قيمة V^* بحيث نلاحظ أن توزيع النقاط يتبع دالة أسية من الشكل $y = Ax^C$ وباستعمال طريقة المربعات الصغرى نتحصل على قيمة معامل التحديد $R^2 = 0.794$ وهي قيمة مقبولة أيضاً، وقيم العوامل التحليلية $A = 0.956$ و $C = 1.039$

الدراسة التحليلية للنتائج :

إن الهدف من هذه الدراسة التحليلية لنتائج التجارب هو الوصول إلى نموذج رياضي يكون معبر عن القيم المحصل عليها تجريبياً بحيث يمكننا استعمال هذا النموذج للوصول إلى النتيجة دون اللجوء إلى إجراء تجارب مخبرية وفي أبعاد مختلفة للقناة وتحت شروط هذه الدراسة.

يمكن أن نلاحظ مما سبق أن قيم المساحة النسبية للمقطع θ تتراوح بين القيمة 0.519 والقيمة 0.995 في كل التجارب، ومن خلال العلاقة (40) يمكن حساب قيم كثافة سيقان القصب (العوائق) والتي تراوحت بين القيمة 0.416 والقيمة 0.016 أي أن كثافة العوائق θ لا تتجاوز 42 % .

إن أصغر قيمة للسرعة النسبية V^* لوحظت في هذه الدراسة وجدت في حالة استعمال أكبر كثافة، حيث تقدر بحوالي 52 % وذلك عند تدفق نسبي $q = 0.026$ ، أما في حالة استعمال تدفق نسبي $q = 0.011$ فإن قيمة هذه السرعة تصل إلى 60 % عند نفس الكثافة.

أما أكبر سرعة نسبية ف لوحظت في حالة وجود أقل كثافة لنبات القصب، وكانت في حدود 99,5 % عند أقل تدفق نسبي مستعمل $q = 0.011$ ، أما في حالة التدفق النسبي $q = 0.026$ فإن السرعة النسبية V^* تصل إلى 95 % عند نفس كثافة سيقان القصب.

مما سبق يمكن أن نقول أولاً : أنه كلما زادت كثافة النباتات التي تنمو في القناة قلت سرعة الجريان والعكس صحيح، وثانياً : في حالة وجود كثافة معينة للنبات فإنه زاد تدفق الجريان قلت سرعة الجريان عند نفس الكثافة.

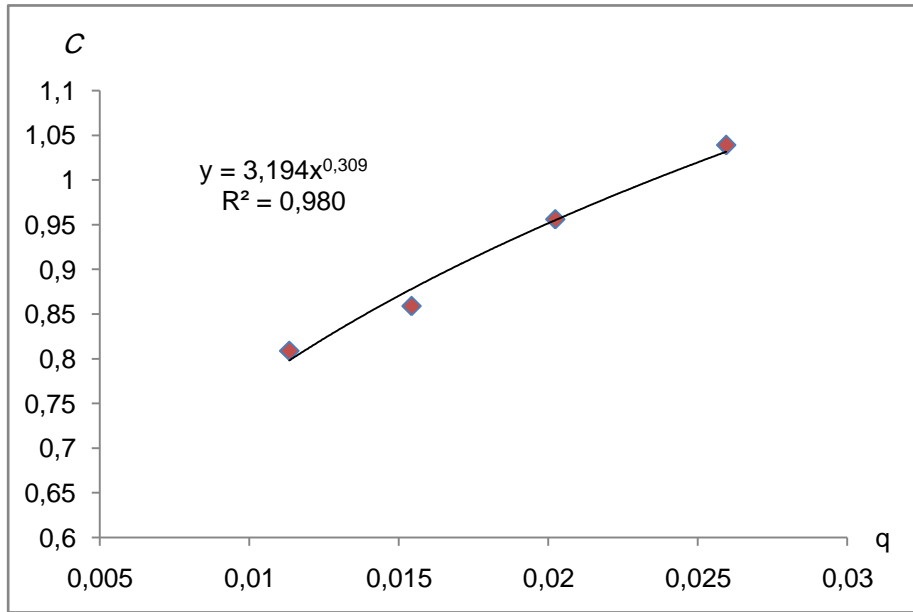
ومن أجل الوصول لنموذج رياضي يتحكم في تغير نسبة سرعة الجريان بدلالة تغير نسبة كثافة القصب وتدفق الجريان فإنه يتحتم علينا دراسة القيم التحليلية المتحصل عليها من خلال التجارب، حيث وجدنا في تفسير المنحنيات السابقة أن تغير نسبة سرعة الجريان V^* بدلالة المساحة النسبية للمقطع θ وباستعمال طريقة المربعات الصغرى يتبع خط اتجاه على شكل دالة أسية متزايدة، من الشكل $y = Ax^C$ ، و يمكن تلخيص قيم A و C و R^2 في الجدول التالي :

الجدول 13 : قيم A و C و R^2 المحصل عليها من نتائج دراسة سرعة الجريان بدلالة التدفق النسبي q

q	A	C	R^2
0.011	0,98	0,809	0,766
0.015	0,969	0,859	0,828
0.020	0,971	0,956	0,889
0.026	0,956	1,039	0,794

نلاحظ من خلال الجدول 13 ما يلي :

- قيم معامل التحديد R^2 تدل على أن اختيار الدالة $y = Ax^C$ مقبولة جدا ويمكن اعتمادها.
- إن قيم A مضطربة بالنسبة لتزايد قيم التدفق النسبي q ، فمن أجل الوصول إلى قيمة محددة للمعامل A يمكن أخذ القيمة المتوسطة كقيمة موحدة لكل التجارب أي $A = 0.969$
- نلاحظ أن المعامل C يتزايد كلما زاد q ومنه يمكن رسم المنحنى $C = f(q)$ في الشكل الآتي :



الشكل 22 : منحني تغير المعامل C بدلالة التدفق النسبي q

في الشكل 22 نلاحظ أن المعامل C يتزايد كلما زاد التدفق النسبي q وباستعمال طريقة المربعات الصغرى يمكن أن نستنتج أن خط التوجيه من الشكل $C = 3.194q^{0.309}$ ونلاحظ أن معامل التحديد R^2 يصل للقيمة 0.98 وتدل هذه القيمة على أن اختيار الدالة مناسب. وخلاصة مما سبق يمكن أن نستنتج أن تغير السرعة النسبية V^* بدلالة المساحة النسبية للمقطع Ω هو دالة متزايدة من الشكل :

$$***** (43)$$

حيث :

V_{TH}^* : السرعة النسبية النظرية في المقطع (وهي تمثل السرعة المتوسطة للجريان بوجود القصب على السرعة المتوسطة للجريان بدون قصب)

Ω : المساحة النسبية للمقطع - انظر العلاقة (38)

q : التدفق النسبي المار في القناة - انظر العلاقة (36)

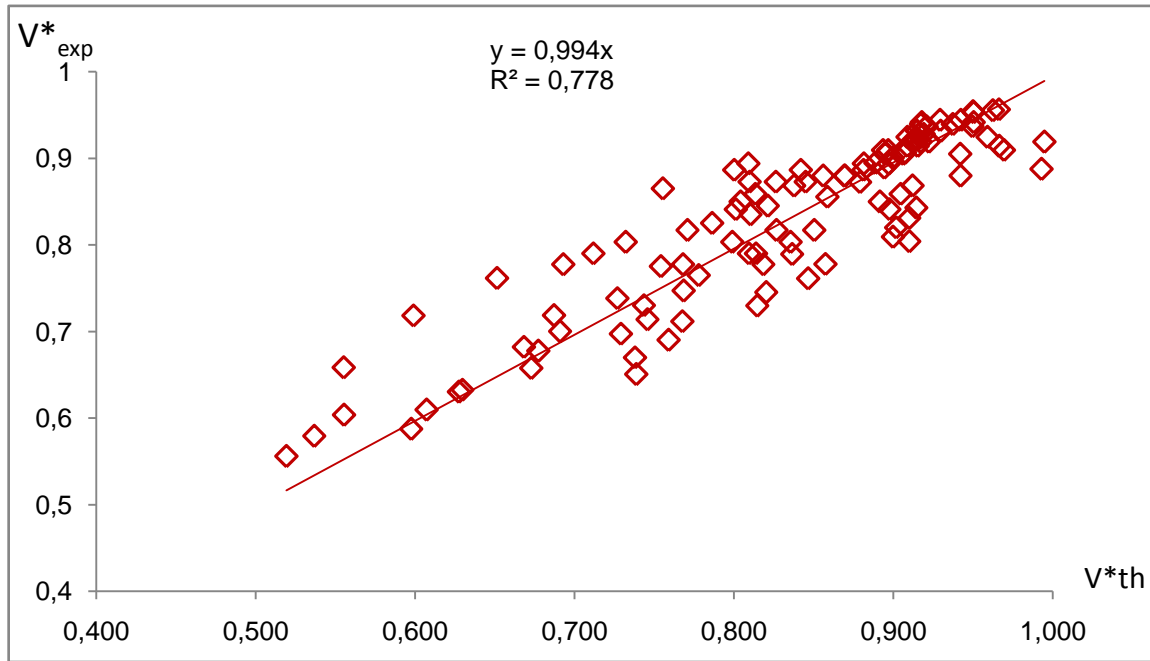
من أجل تأكيد هذه النتيجة، قمنا بإجراء مقارنة بين قيم للسرعة النسبية V^* مستنتجة من خلال العلاقة (43) وقيم

أخرى متحصل عليها تجريبياً (في المخبر)، كما يبينه الجدول (14) التالي :

الجدول 14 : قيم السرعة النسبية التجريبية V_{exp}^* وقيم السرعة النسبية النظرية V_{TH}^*

N°	q	∅ (cm)	N	ω	V_{TH}^*	V_{exp}^*	N°	q	∅ (cm)	N	ω	V_{TH}^*	V_{exp}^*
1	0.011	0,2	2	0,984			57	0.020	0,2	2	0,984		
2	0.011	0,2	4	0,968			58	0.020	0,2	4	0,968		
3	0.011	0,2	6	0,952			59	0.020	0,2	6	0,952		
4	0.011	0,2	8	0,936			60	0.020	0,2	8	0,936		
5	0.011	0,4	2	0,968			61	0.020	0,4	2	0,968		
6	0.011	0,4	4	0,936			62	0.020	0,4	4	0,936		
7	0.011	0,4	6	0,904			63	0.020	0,4	6	0,904		
8	0.011	0,4	8	0,872			64	0.020	0,4	8	0,872		
9	0.011	0,6	2	0,952			65	0.020	0,6	2	0,952		
10	0.011	0,6	4	0,904			66	0.020	0,6	4	0,904		
11	0.011	0,6	6	0,856			67	0.020	0,6	6	0,856		
12	0.011	0,6	8	0,808			68	0.020	0,6	8	0,808		
13	0.011	0,8	2	0,936			69	0.020	0,8	2	0,936		
14	0.011	0,8	4	0,872			70	0.020	0,8	4	0,872		
15	0.011	0,8	6	0,808			71	0.020	0,8	6	0,808		
16	0.011	0,8	8	0,744			72	0.020	0,8	8	0,744		
17	0.011	1	2	0,92			73	0.020	1	2	0,92		
18	0.011	1	4	0,84			74	0.020	1	4	0,84		
19	0.011	1	6	0,76			75	0.020	1	6	0,76		
20	0.011	1	8	0,68			76	0.020	1	8	0,68		
21	0.011	1,2	2	0,904			77	0.020	1,2	2	0,904		
22	0.011	1,2	4	0,808			78	0.020	1,2	4	0,808		
23	0.011	1,2	6	0,712			79	0.020	1,2	6	0,712		
24	0.011	1,2	8	0,616			80	0.020	1,2	8	0,616		
25	0.011	1,3	2	0,896			81	0.020	1,3	2	0,896		
26	0.011	1,3	4	0,792			82	0.020	1,3	4	0,792		
27	0.011	1,3	6	0,688			83	0.020	1,3	6	0,688		
28	0.011	1,3	8	0,584			84	0.020	1,3	8	0,584		
29	0.015	0,2	2	0,984			85	0.026	0,2	2	0,984		
30	0.015	0,2	4	0,968			86	0.026	0,2	4	0,968		
31	0.015	0,2	6	0,952			87	0.026	0,2	6	0,952		
32	0.015	0,2	8	0,936			88	0.026	0,2	8	0,936		
33	0.015	0,4	2	0,968			89	0.026	0,4	2	0,968		
34	0.015	0,4	4	0,936			90	0.026	0,4	4	0,936		
35	0.015	0,4	6	0,904			91	0.026	0,4	6	0,904		
36	0.015	0,4	8	0,872			92	0.026	0,4	8	0,872		
37	0.015	0,6	2	0,952			93	0.026	0,6	2	0,952		
38	0.015	0,6	4	0,904			94	0.026	0,6	4	0,904		
39	0.015	0,6	6	0,856			95	0.026	0,6	6	0,856		
40	0.015	0,6	8	0,808			96	0.026	0,6	8	0,808		
41	0.015	0,8	2	0,936			97	0.026	0,8	2	0,936		
42	0.015	0,8	4	0,872			98	0.026	0,8	4	0,872		
43	0.015	0,8	6	0,808			99	0.026	0,8	6	0,808		
44	0.015	0,8	8	0,744			100	0.026	0,8	8	0,744		
45	0.015	1	2	0,92			101	0.026	1	2	0,92		
46	0.015	1	4	0,84			102	0.026	1	4	0,84		
47	0.015	1	6	0,76			103	0.026	1	6	0,76		
48	0.015	1	8	0,68			104	0.026	1	8	0,68		
49	0.015	1,2	2	0,904			105	0.026	1,2	2	0,904		
50	0.015	1,2	4	0,808			106	0.026	1,2	4	0,808		
51	0.015	1,2	6	0,712			107	0.026	1,2	6	0,712		
52	0.015	1,2	8	0,616			108	0.026	1,2	8	0,616		
53	0.015	1,3	2	0,896			109	0.026	1,3	2	0,896		
54	0.015	1,3	4	0,792			110	0.026	1,3	4	0,792		
55	0.015	1,3	6	0,688			111	0.026	1,3	6	0,688		
56	0.015	1,3	8	0,584			112	0.026	1,3	8	0,584		

وحتى نتعرف على مدى تقارب النتائج بين القيم التجريبية والقيم النظرية نقوم بتوزيع النقاط في المنحنى التالي:



الشكل 23 : قيم السرعة النسبية التجريبية V_{exp}^* بدلالة السرعة النسبية V_{TH}^* الناتجة من العلاقة (43)

نلاحظ من خلال الشكل 23 أن توزيع النقاط تتكشف على المحور $y = x$ (المنصف الاول) وهذا يدل على تقارب قيم السرعة النسبية المستنتجة من العلاقة (43) وقيم السرعة النسبية التجريبية وبمعامل ارتباط $r = 0.882$ وهي قيمة معبرة جداً حسب جدول Pearson.

الخلاصة: يمكن أن نقول أن النموذج الرياضي المختار بالعلاقة (43) صالح للاستعمال في الشروط التالية :

- الكثافة النسبية لسيقان القصب θ تتراوح ما بين 0.016 و 0.416
 - تدفق نسبي q يتراوح بين 0.011 و 0.026
- حيث يقدر قيمة الخطأ النسبي المتوسط في هذه الدراسة بـ $\pm 4\%$ و قيمة الخطأ المتوسط التريعي إلى القيمة 6 % .

استنتاج

العلاقة التي تربط بين سرعة الجريان داخل القناة في حالة وجود القصب V_h وسرعة الجريان داخل القناة قبل وجود القصب V_0 تعطى من الشكل: (44) *****

حيث ω : تمثل المساحة النسبية للمقطع وهي بدلالة كثافة النبات (العلاقة 38)

q يمثل التدفق النسبي وله علاقة بعرض القناة والتدفق المار (العلاقة 36)

4 - 3 دراسة معامل الخشونة النسبي K^* :

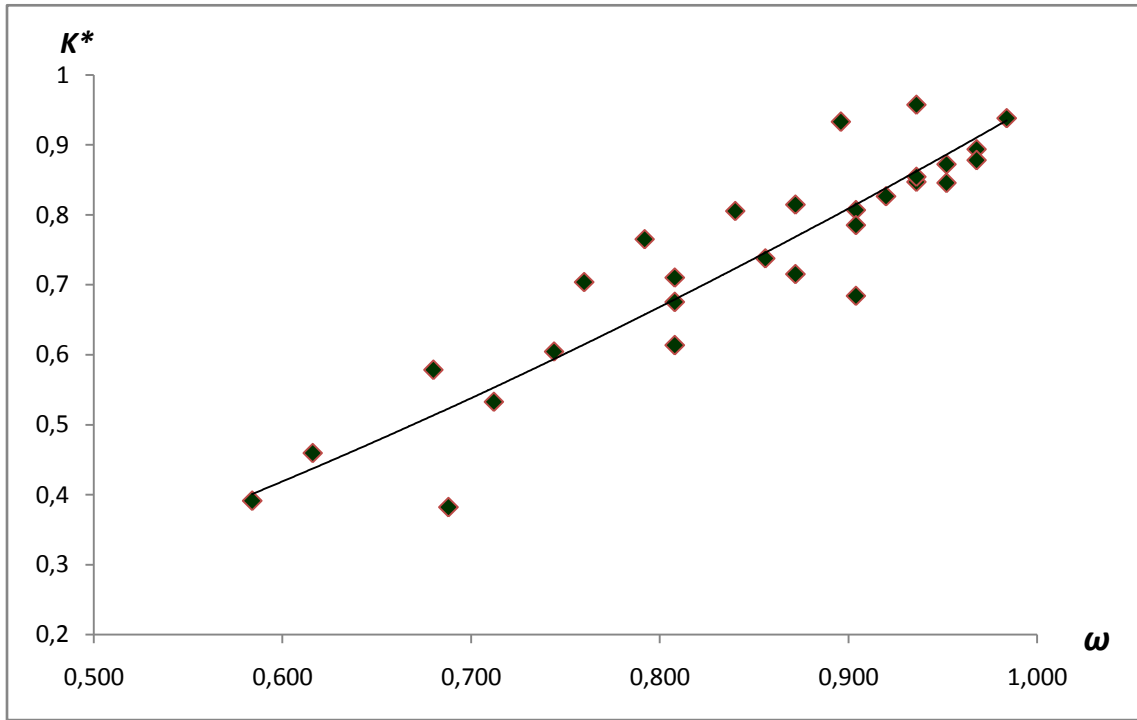
إن قسمة معامل خشونة القناة في حالة وجود القصب K_h على معامل الخشونة في حالة عدم وجود القصب K_0 يعطي

قيمة معامل الخشونة النسبي K^* ، والجداول التالية توضح النتائج على حسب q :

الجدول 15 : قيم معامل الخشونة في حالة وجود وحالة عدم وجود نبات القصب عند التدفق النسبي $q = 0.011$

q	\emptyset (cm)	N	B (cm)	ω	K_0 (m ^{1/3} /s)	K_h (m ^{1/3} /s)	K^*
0,011	0,2	2	25	0,984	196,420		
0,011	0,2	4	25	0,968	196,420		
0,011	0,2	6	25	0,952	196,420		
0,011	0,2	8	25	0,936	196,420		
0,011	0,4	2	25	0,968	100,409		
0,011	0,4	4	25	0,936	100,409		
0,011	0,4	6	25	0,904	100,409		
0,011	0,4	8	25	0,872	100,409		
0,011	0,6	2	25	0,952	98,895		
0,011	0,6	4	25	0,904	98,895		
0,011	0,6	6	25	0,856	98,895		
0,011	0,6	8	25	0,808	98,895		
0,011	0,8	2	25	0,936	103,554		
0,011	0,8	4	25	0,872	103,554		
0,011	0,8	6	25	0,808	103,554		
0,011	0,8	8	25	0,744	103,554		
0,011	1	2	25	0,92	103,554		
0,011	1	4	25	0,84	103,554		
0,011	1	6	25	0,76	103,554		
0,011	1	8	25	0,68	103,554		
0,011	1,2	2	25	0,904	127,576		
0,011	1,2	4	25	0,808	127,576		
0,011	1,2	6	25	0,712	127,576		
0,011	1,2	8	25	0,616	127,576		
0,011	1,3	2	25	0,896	211,269		
0,011	1,3	4	25	0,792	211,269		
0,011	1,3	6	25	0,688	211,269		
0,011	1,3	8	25	0,584	211,269		

من خلال الجدول السابق يمكن رسم منحنى توزيع نقاط K^* بدلالة ω كما يلي :



الشكل 24 : منحنى تغير معامل الخشونة النسبي K^* بدلالة المساحة النسبية للمقطع ω عند التدفق النسبي $q = 0.011$

في الجدول 15 نلاحظ أن قيم معامل الخشونة K_0 يتراوح بين 98 و 211 وهذا الاختلاف ناتج عن طبيعة الصفائح الخشبية المختارة في هذه الدراسة من جهة، واختلاف قيم ارتفاع الماء داخل القناة الذي يعطي معامل خشونة مختلف على حسب العلاقة (21) من جهة أخرى ، كما نلاحظ أن المعامل K_{th} يتغير من تجربة إلى أخرى وفي نفس الصفيحة الخشبية وهذا راجع إلى وجود كثافات مختلفة لنبات القصب حيث نلاحظ أنه كلما زادت الكثافة θ نقص معامل الخشونة.

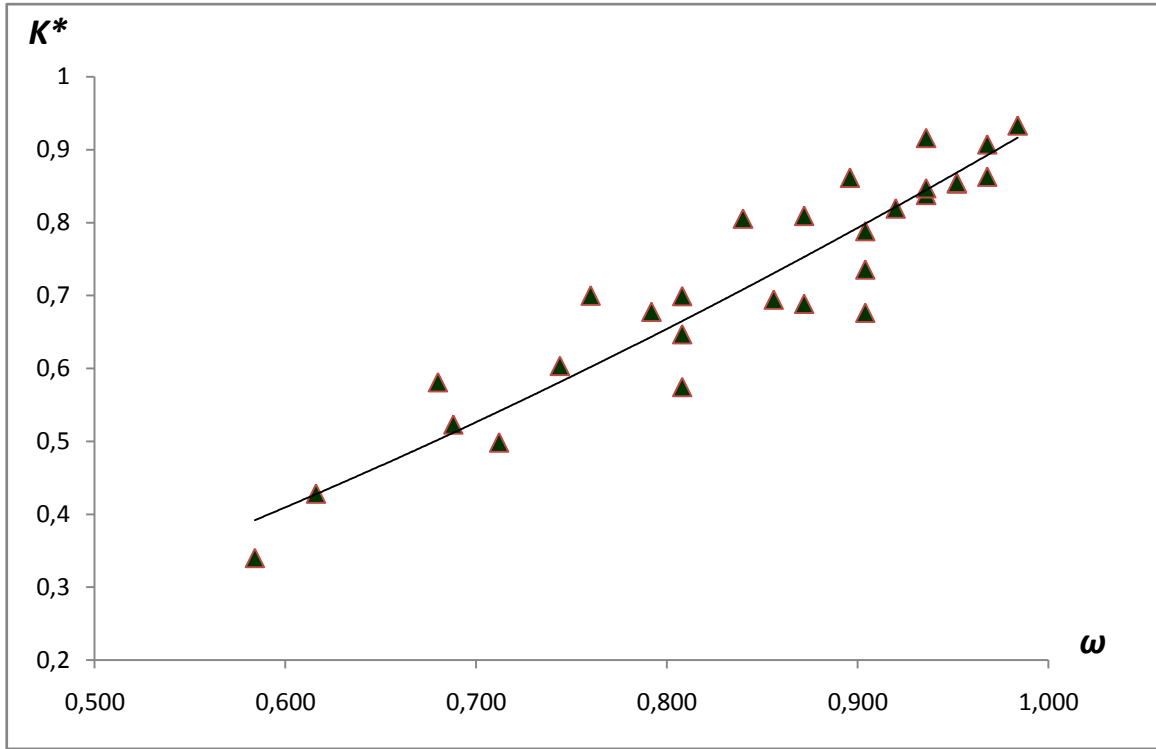
ومن خلال المنحنى نلاحظ أن المعامل K^* يتزايد مع تزايد المساحة النسبية للمقطع ω في المجال $[0.46, 0.95]$ ، أي أن معامل الخشونة النسبي ينخفض إلى 20 % عند المساحة النسبية للمقطع 0.584 والتي توافق الكثافة النسبية للقصب $\theta = 0.416$.

ويمكن ملاحظة أن منحنى توزيع النقاط هو دالة من الشكل $y = Fx^G$ وذلك باستعمال طريقة المربعات الصغرى حيث يصل معامل التحديد $R^2 = 0.843$ ونلاحظ أن قيم المعاملات للدالة الأسية على النحو التالي : $F = 0.959$ و $G = 1.622$ ، كما تشير قيمة معامل التحديد R^2 إلى أن منحنى التوجيه المختار مناسب جداً لهذا التوزيع.

الجدول 16 : قيم معامل الخشونة في حالة وجود وحالة عدم وجود نبات القصب عند التدفق النسبي $q = 0.015$

q	\emptyset (cm)	N	B (cm)	ω	K_0 (m ^{1/3} /s)	K_h (m ^{1/3} /s)	K^*
0,015	0,2	2	25	0,984	201,715		
0,015	0,2	4	25	0,968	201,715		
0,015	0,2	6	25	0,952	201,715		
0,015	0,2	8	25	0,936	201,715		
0,015	0,4	2	25	0,968	108,234		
0,015	0,4	4	25	0,936	108,234		
0,015	0,4	6	25	0,904	108,234		
0,015	0,4	8	25	0,872	108,234		
0,015	0,6	2	25	0,952	108,234		
0,015	0,6	4	25	0,904	108,234		
0,015	0,6	6	25	0,856	108,234		
0,015	0,6	8	25	0,808	108,234		
0,015	0,8	2	25	0,936	108,234		
0,015	0,8	4	25	0,872	108,234		
0,015	0,8	6	25	0,808	108,234		
0,015	0,8	8	25	0,744	108,234		
0,015	1	2	25	0,92	107,532		
0,015	1	4	25	0,84	107,532		
0,015	1	6	25	0,76	107,532		
0,015	1	8	25	0,68	107,532		
0,015	1,2	2	25	0,904	138,704		
0,015	1,2	4	25	0,808	138,704		
0,015	1,2	6	25	0,712	138,704		
0,015	1,2	8	25	0,616	138,704		
0,015	1,3	2	25	0,896	209,955		
0,015	1,3	4	25	0,792	209,955		
0,015	1,3	6	25	0,688	209,955		
0,015	1,3	8	25	0,584	209,955		

من خلال الجدول السابق يمكن رسم منحنى توزيع نقاط K^* بدلالة ω كما يلي :



الشكل 25 : منحنى تغير معامل الخشونة النسبي K^* بدلالة المساحة النسبية للمقطع ω عند التدفق النسبي $q = 0.015$

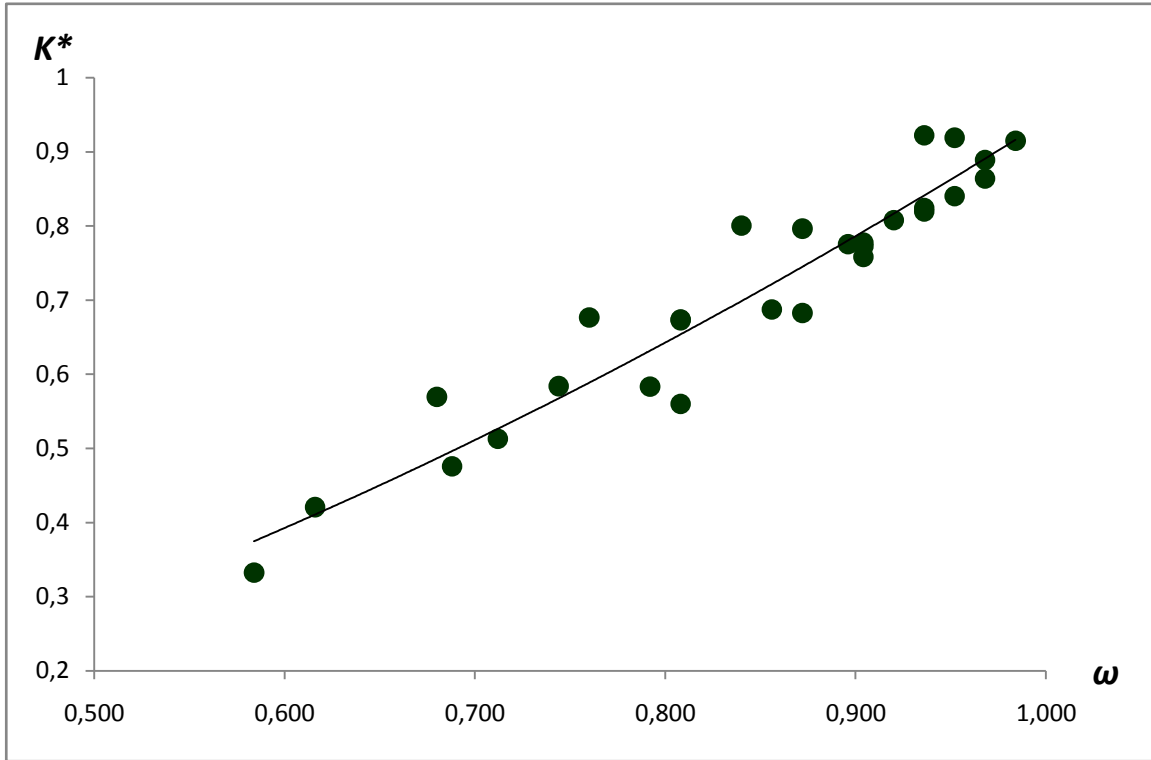
في تجربة التدفق النسبي $q = 0.015$ فإننا نلاحظ في الجدول 16 والشكل 25 أن معامل الخشونة النسبي K^* يتغير بنفس المنحى وفي المجال $[0.34, 0.93]$ ، إن اتساع هذا المجال مقارنة بالمجال السابق يدل على أن زيادة التدفق النسبي q يؤثر سلباً على معامل الخشونة النسبي K^* ، حيث نلاحظ أن قيمته قد انخفضت إلى 34 % عند أكبر كثافة ممكنة في هذه الدراسة، في حين سجلنا انخفاض محسوس في قيمته عند أقل كثافة مدروسة.

ونلاحظ أن منحنى توزيع النقاط يتبع دالة من الشكل $y = Fx^G$ وذلك باستعمال طريقة المربعات الصغرى حيث أمكن حساب قيم المعاملات كما يلي : $F = 0.941$ و $G = 1.629$ وتصل قيمة معامل التحديد إلى $R^2 = 0.885$ وهي قيمة مقبولة جداً.

الجدول 17 : قيم معامل الخشونة في حالة وجود وحالة عدم وجود نبات القصب عند التدفق النسبي $q = 0.020$

q	ϕ (cm)	N	B (cm)	ω	K_0 (m ^{1/3} /s)	K_h (m ^{1/3} /s)	K^*
0,020	0,2	2	25	0,984	210,394		
0,020	0,2	4	25	0,968	210,394		
0,020	0,2	6	25	0,952	210,394		
0,020	0,2	8	25	0,936	210,394		
0,020	0,4	2	25	0,968	112,861		
0,020	0,4	4	25	0,936	112,861		
0,020	0,4	6	25	0,904	112,861		
0,020	0,4	8	25	0,872	112,861		
0,020	0,6	2	25	0,952	109,187		
0,020	0,6	4	25	0,904	109,187		
0,020	0,6	6	25	0,856	109,187		
0,020	0,6	8	25	0,808	109,187		
0,020	0,8	2	25	0,936	113,494		
0,020	0,8	4	25	0,872	113,494		
0,020	0,8	6	25	0,808	113,494		
0,020	0,8	8	25	0,744	113,494		
0,020	1	2	25	0,92	112,234		
0,020	1	4	25	0,84	112,234		
0,020	1	6	25	0,76	112,234		
0,020	1	8	25	0,68	112,234		
0,020	1,2	2	25	0,904	139,189		
0,020	1,2	4	25	0,808	139,189		
0,020	1,2	6	25	0,712	139,189		
0,020	1,2	8	25	0,616	139,189		
0,020	1,3	2	25	0,896	225,547		
0,020	1,3	4	25	0,792	225,547		
0,020	1,3	6	25	0,688	225,547		
0,020	1,3	8	25	0,584	225,547		

من خلال الجدول السابق يمكن رسم منحنى توزيع نقاط K^* بدلالة ω كما يلي :



الشكل 26 : منحنى تغير معامل الخشونة النسبي K^* بدلالة المساحة النسبية للمقطع ω عند التدفق النسبي $q = 0.020$

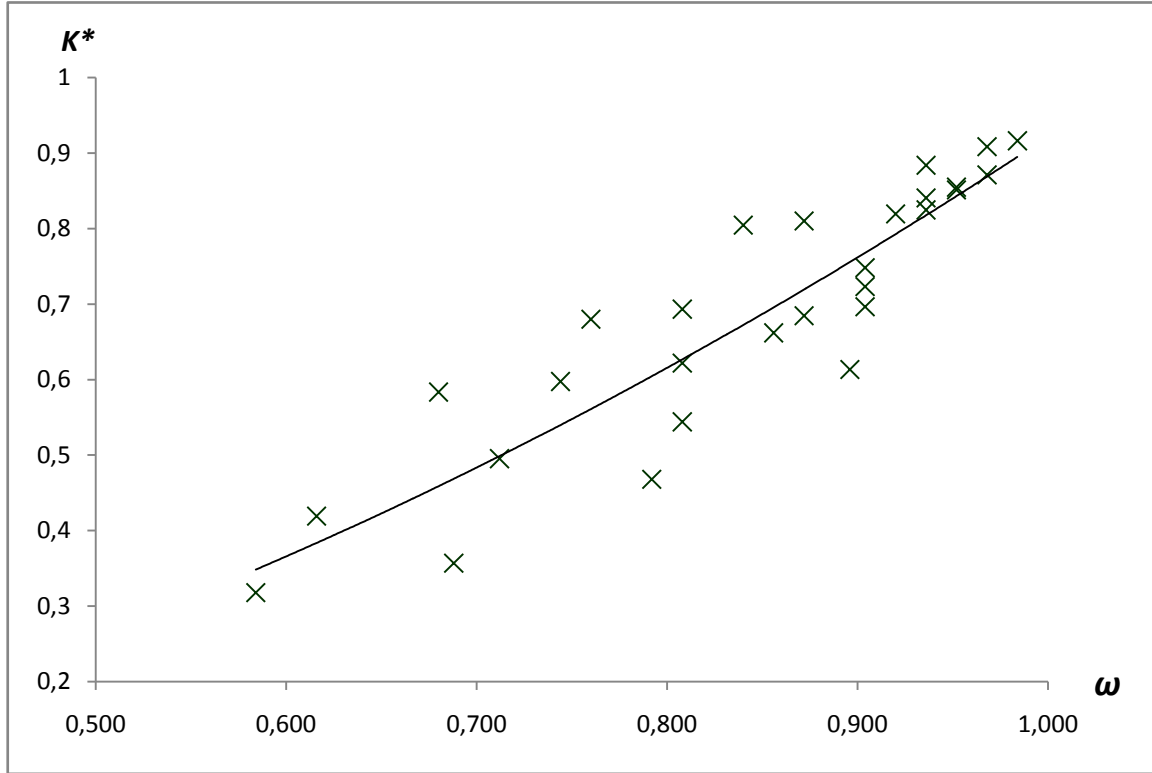
خلال الجدول 17 والشكل 26 يمكن استنتاج أن معامل الخشونة النسبي K^* محصور في المجال $[0.33, 0.92]$ ، ونلاحظ في هذه التجربة عند تدفق نسبي قدره $q = 0.020$ فإن استعمال أكبر كثافة ممكنة من القصب $\theta = 0.416$ فإن قيمة معامل الخشونة النسبي يصل إلى 33 % ، وعند استعمال أقل كثافة ممكنة فإن قيمة معامل الخشونة النسبي يصل إلى القيمة 92 % وهذا يدل على أن زيادة التدفق النسبي q يؤدي إلى انخفاض في قيمة K^* .

وحسب طريقة المربعات الصغرى فإن منحنى توزيع النقاط في هذه الحالة أيضاً يتبع دالة أسية من الشكل $y = Fx^G$ حيث يبلغ معامل التحديد القيمة $R^2 = 0.915$ وهي قيمة مقبولة جداً ، ووجد أن قيم : $F = 0.941$ و $G = 1.714$

الجدول 18 : قيم معامل الخشونة في حالة وجود وحالة عدم وجود نبات القصب عند التدفق النسبي $q = 0.026$

q	\emptyset (cm)	N	B (cm)	ω	K_0 (m ^{1/3} /s)	K_h (m ^{1/3} /s)	K^*
0,026	0,2	2	25	0,984	213,282		
0,026	0,2	4	25	0,968	213,282		
0,026	0,2	6	25	0,952	213,282		
0,026	0,2	8	25	0,936	213,282		
0,026	0,4	2	25	0,968	115,959		
0,026	0,4	4	25	0,936	115,959		
0,026	0,4	6	25	0,904	115,959		
0,026	0,4	8	25	0,872	115,959		
0,026	0,6	2	25	0,952	119,955		
0,026	0,6	4	25	0,904	119,955		
0,026	0,6	6	25	0,856	119,955		
0,026	0,6	8	25	0,808	119,955		
0,026	0,8	2	25	0,936	113,775		
0,026	0,8	4	25	0,872	113,775		
0,026	0,8	6	25	0,808	113,775		
0,026	0,8	8	25	0,744	113,775		
0,026	1	2	25	0,92	113,241		
0,026	1	4	25	0,84	113,241		
0,026	1	6	25	0,76	113,241		
0,026	1	8	25	0,68	113,241		
0,026	1,2	2	25	0,904	155,055		
0,026	1,2	4	25	0,808	155,055		
0,026	1,2	6	25	0,712	155,055		
0,026	1,2	8	25	0,616	155,055		
0,026	1,3	2	25	0,896	289,338		
0,026	1,3	4	25	0,792	289,338		
0,026	1,3	6	25	0,688	289,338		
0,026	1,3	8	25	0,584	289,338		

من خلال الجدول السابق يمكن رسم منحنى توزيع نقاط K^* بدلالة ω كما يلي :



الشكل 27 : منحنى تغير معامل الخشونة النسبي K^* بدلالة المساحة النسبية للمقطع ω عند التدفق النسبي $q = 0.026$

خلال الشكل 27 والجدول 18 يمكن استنتاج أن معامل الخشونة النسبي محصور في المجال $[0.31, 0.92]$ ، ونلاحظ أن القيمة الصغرى في هذا المجال تساوي 31 % وهي أصغر من القيمة الصغرى في المجال السابق في حالة $q = 0.020$ وهذا ما يزيد من التأكيد على أن زيادة التدفق النسبي q يؤدي إلى نقصان في قيمة معامل الخشونة النسبي K^* كما تم الإشارة إليه في التحليل السابق.

كما نلاحظ أنه كلما قلت ω قلت قيمة K^* بحيث نلاحظ أن توزيع النقاط يتبع دالة أسية من الشكل $y = Fx^G$ وباستعمال طريقة المربعات الصغرى نتحصل على قيمة معامل التحديد $R^2 = 0.809$ وهي قيمة مقبولة ، وقيم العوامل التحليلية $F = 0.921$ و $G = 1.807$

الدراسة التحليلية للنتائج :

إن دراسة تغير معامل الخشونة النسبي K^* بدلالة المساحة النسبية للمقطع ω والتي تتراوح بين القيمة 0.584 والقيمة 0.984 في كل التجارب بينت أن قيم K^* انخفضت من 95 % عند استعمال أقل كثافة ممكنة للقصب $\theta = 0.016$ وتدفق نسبي $q = 0.011$ إلى القيمة 31 % عند استعمال كثافة $\theta = 0.416$ وتدفق نسبي $q = 0.026$.

إن تغير التدفق النسبي أدى إلى تغير في قيم K^* بصفة سلبية ونحن نعلم أن خشونة القناة لها علاقة بطبيعة جدران القناة فقط ، ومنه يمكن أن نتساءل عن تغير K^* بدلالة التدفق ، وكجواب عن هذا التساؤل يمكن أن نفسر بأن تغير التدفق يؤدي إلى تغير في ارتفاع الماء والذي له احتكاك مباشر مع الجدران الجانبية للقناة المصنوعة من مادة الزجاج بينما سرير القناة من مادة الخشب مما يؤدي إلى تغير في قيمة معامل الخشونة المركب وذلك حسب العلاقة (22).

إن إضافة سيقان القصب إلى سرير القناة يؤدي إلى تغير في الحالة الابتدائية للقناة ويزيد من عدد العوائق التي يتلقاها جريان الماء مما يؤدي إلى نقص في سرعة الجريان V وزيادة في ارتفاع الماء داخل القناة Y .

مما سبق نستنتج الخلاصة التالية: كلما زادت كثافة النباتات التي تنمو في القناة قل معامل الخشونة النسبي K^* والعكس صحيح، وكلما زاد تدفق الجريان تغير معامل الخشونة على حسب طبيعة جدران القناة الجانبية (الخالية من القصب).

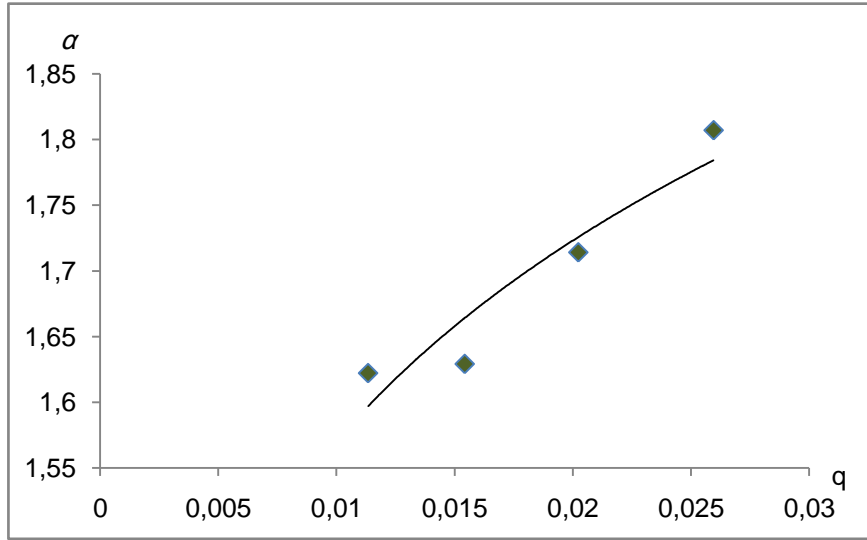
ومن أجل الوصول لنموذج رياضي يتحكم في تغير نسبة معامل الخشونة بدلالة تغير نسبة كثافة القصب وتدفق الجريان فإنه يتحتم علينا دراسة القيم التحليلية المتحصل عليها من خلال التجارب، حيث وجدنا في تفسير المنحنيات السابقة أن تغير معامل الخشونة النسبي K^* بدلالة المساحة النسبية للمقطع ω وباستعمال طريقة المربعات الصغرى يتبع خط اتجاه على شكل دالة أسية متزايدة، من الشكل $y = Fx^G$ ، ويمكن تلخيص قيم F و G و R^2 في الجدول التالي :

الجدول 19 : قيم F و G و R^2 المحصل عليها من نتائج دراسة معامل الخشونة النسبي بدلالة التدفق النسبي q

q	F	G	R^2
0.011	0,959	1,622	0,843
0.015	0,941	1,629	0,885
0.020	0,941	1,714	0,915
0.026	0,921	1,807	0,809

نلاحظ من خلال الجدول 19 ما يلي :

- قيم معامل التحديد R^2 تدل على أن اختيار الدالة $y = Fx^{-G}$ مقبولة جدا ويمكن اعتمادها.
- إن قيم F مضطربة بالنسبة لتزايد قيم التدفق النسبي q ، فمن أجل الوصول إلى قيمة محددة للمعامل D يمكن أخذ القيمة المتوسطة كقيمة موحدة لكل التجارب أي $F = 0.94$.
- نلاحظ أن المعامل G يتزايد كلما زاد q ويمكن توضيح ذلك برسم المنحنى $G = f(q)$ في الشكل 28.



الشكل 28 : منحنى تغير المعامل G بدلالة التدفق النسبي q

في الشكل 28 نلاحظ أن المعامل G يتزايد بدلالة زيادة التدفق النسبي q ، و باستعمال التحليلي الرياضي بطريقة المربعات الصغرى يمكن أن نلاحظ أن خط التوجيه من الشكل $G = 2.908q^{0.133}$ كما نلاحظ أن معامل التحديد R^2 يفوق القيمة 0.88 وتدل هذه القيمة على أن اختيار هذه الدالة لخط التوجيه مناسب جداً.

ومن خلال هذا التحليل الرياضي يمكن أن نجد أن تغير معامل الخشونة النسبي K^* بدلالة المساحة النسبية للمقطع ω والتدفق النسبي q هو دالة متزايدة من الشكل :

$$***** (45)$$

حيث :

K_{TH}^* : معامل الخشونة النسبي للنظري للقناة (وهو يمثل معامل خشونة القناة في حالة وجود القصب على معامل خشونة نفس القناة قبل وجود القصب)

ω : المساحة النسبية للمقطع - انظر العلاقة (38)

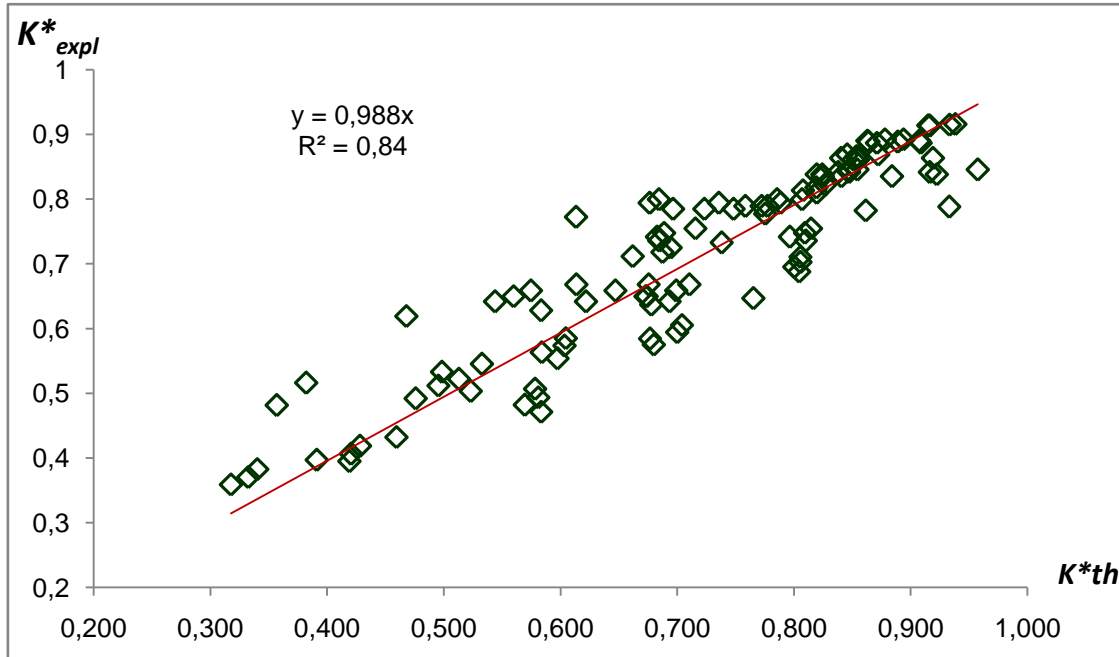
q : التدفق النسبي المار في القناة - انظر العلاقة (36)

وللتأكد من صلاحية العلاقة الرياضية (45) المتحصل عليها وضعنا مقارنة بين 112 قيمة لمعامل الخشونة النسبي متحصل عليها نظرياً باستعمال العلاقة (45) وقيم أخرى متحصل عليها تجريبياً من خلال قناة التجارب المذكورة في الفصل الثالث والجدول التالي يبين النتائج:

الجدول 20 : قيم معامل الخشونة النسبي التجريبية K_{exp}^* وقيم معامل الخشونة النسبي النظرية K_{TH}^*

N°	q	Ø (cm)	N	ω	K_{TH}^*	K_{exp}^*	N°	q	Ø (cm)	N	ω	K_{TH}^*	K_{exp}^*
1	0.011	0,2	2	0,984			57	0.020	0,2	2	0,984		
2	0.011	0,2	4	0,968			58	0.020	0,2	4	0,968		
3	0.011	0,2	6	0,952			59	0.020	0,2	6	0,952		
4	0.011	0,2	8	0,936			60	0.020	0,2	8	0,936		
5	0.011	0,4	2	0,968			61	0.020	0,4	2	0,968		
6	0.011	0,4	4	0,936			62	0.020	0,4	4	0,936		
7	0.011	0,4	6	0,904			63	0.020	0,4	6	0,904		
8	0.011	0,4	8	0,872			64	0.020	0,4	8	0,872		
9	0.011	0,6	2	0,952			65	0.020	0,6	2	0,952		
10	0.011	0,6	4	0,904			66	0.020	0,6	4	0,904		
11	0.011	0,6	6	0,856			67	0.020	0,6	6	0,856		
12	0.011	0,6	8	0,808			68	0.020	0,6	8	0,808		
13	0.011	0,8	2	0,936			69	0.020	0,8	2	0,936		
14	0.011	0,8	4	0,872			70	0.020	0,8	4	0,872		
15	0.011	0,8	6	0,808			71	0.020	0,8	6	0,808		
16	0.011	0,8	8	0,744			72	0.020	0,8	8	0,744		
17	0.011	1	2	0,92			73	0.020	1	2	0,92		
18	0.011	1	4	0,84			74	0.020	1	4	0,84		
19	0.011	1	6	0,76			75	0.020	1	6	0,76		
20	0.011	1	8	0,68			76	0.020	1	8	0,68		
21	0.011	1,2	2	0,904			77	0.020	1,2	2	0,904		
22	0.011	1,2	4	0,808			78	0.020	1,2	4	0,808		
23	0.011	1,2	6	0,712			79	0.020	1,2	6	0,712		
24	0.011	1,2	8	0,616			80	0.020	1,2	8	0,616		
25	0.011	1,3	2	0,896			81	0.020	1,3	2	0,896		
26	0.011	1,3	4	0,792			82	0.020	1,3	4	0,792		
27	0.011	1,3	6	0,688			83	0.020	1,3	6	0,688		
28	0.011	1,3	8	0,584			84	0.020	1,3	8	0,584		
29	0.015	0,2	2	0,984			85	0.026	0,2	2	0,984		
30	0.015	0,2	4	0,968			86	0.026	0,2	4	0,968		
31	0.015	0,2	6	0,952			87	0.026	0,2	6	0,952		
32	0.015	0,2	8	0,936			88	0.026	0,2	8	0,936		
33	0.015	0,4	2	0,968			89	0.026	0,4	2	0,968		
34	0.015	0,4	4	0,936			90	0.026	0,4	4	0,936		
35	0.015	0,4	6	0,904			91	0.026	0,4	6	0,904		
36	0.015	0,4	8	0,872			92	0.026	0,4	8	0,872		
37	0.015	0,6	2	0,952			93	0.026	0,6	2	0,952		
38	0.015	0,6	4	0,904			94	0.026	0,6	4	0,904		
39	0.015	0,6	6	0,856			95	0.026	0,6	6	0,856		
40	0.015	0,6	8	0,808			96	0.026	0,6	8	0,808		
41	0.015	0,8	2	0,936			97	0.026	0,8	2	0,936		
42	0.015	0,8	4	0,872			98	0.026	0,8	4	0,872		
43	0.015	0,8	6	0,808			99	0.026	0,8	6	0,808		
44	0.015	0,8	8	0,744			100	0.026	0,8	8	0,744		
45	0.015	1	2	0,92			101	0.026	1	2	0,92		
46	0.015	1	4	0,84			102	0.026	1	4	0,84		
47	0.015	1	6	0,76			103	0.026	1	6	0,76		
48	0.015	1	8	0,68			104	0.026	1	8	0,68		
49	0.015	1,2	2	0,904			105	0.026	1,2	2	0,904		
50	0.015	1,2	4	0,808			106	0.026	1,2	4	0,808		
51	0.015	1,2	6	0,712			107	0.026	1,2	6	0,712		
52	0.015	1,2	8	0,616			108	0.026	1,2	8	0,616		
53	0.015	1,3	2	0,896			109	0.026	1,3	2	0,896		
54	0.015	1,3	4	0,792			110	0.026	1,3	4	0,792		
55	0.015	1,3	6	0,688			111	0.026	1,3	6	0,688		
56	0.015	1,3	8	0,584			112	0.026	1,3	8	0,584		

ولكي نتحقق من مدى تقارب النتائج بين القيم التجريبية والقيم النظرية نقوم بتوزيع النقاط في المنحنى التالي:



الشكل 29 : قيم معامل الخشونة النسبي التجريبية K_{exp}^* بدلالة قيم معامل الخشونة النسبي النظرية K_{TH}^* الناتجة من العلاقة (45)

نلاحظ من خلال الشكل 29 أن توزيع النقاط يتكشف على المحور $y = x$ (المنصف الأول) وهذا يدل على تقارب قيم معامل الخشونة النسبي النظري المستنتجة من العلاقة (45) وقيم معامل الخشونة النسبي التجريبي وبمعامل ارتباط $r = 0.92$ وهي قيمة معبرة جداً حسب جدول Pearson.

الخلاصة: يمكن أن نقول أن النموذج الرياضي المختار بالعلاقة (45) صالح للاستعمال في الشروط التالية :

- الكثافة النسبية لسيقان القصب θ تتراوح ما بين 0.016 و 0.416
- تدفق نسبي q يتراوح بين 0.011 و 0.026

حيث تصل قيمة الخطأ النسبي المتوسط إلى $\pm 7\%$ و يصل الخطأ المتوسط التربيعي إلى القيمة 10 % .

استنتاج

العلاقة التي تربط بين معامل الخشونة داخل القناة في حالة وجود القصب K_h ومعامل الخشونة داخل القناة قبل وجود القصب K_0 تعطى من الشكل: (46) *****

حيث: ω تمثل المساحة النسبية للمقطع وهي بدلالة الكثافة النسبية لنبات القصب (العلاقة 38)

q يمثل التدفق النسبي وله علاقة بالعرض والتدفق المار في القناة (العلاقة 36)

الفصل

الخامس



دراسة الحل المقترح لمحاربة نمو الأعشاب في القنوات المفتوحة

الفصل الخامس

دراسة الحل المقترح لمحاربة نمو الأعشاب في القنوات المفتوحة

مقدمة:

يتناول هذا الفصل دراسة الحل المقترح لمشكلة نمو الأعشاب الذي يصيب قنوات الصرف الفلاحي وقنوات السقي وبعض المجاري المائية، وكما درسنا في الفصل السابق خصائص الجريان في القنوات المفتوحة في حالة غياب أو وجود الأعشاب فكذلك سندرس بعض خصائص الجريان في الحل المقترح، وهذا من أجل الوصول إلى دراسة مقارنة بين الحالتين واستنتاج الحل المناسب كما سنبين ذلك لاحقاً.

إن الحل المقترح لهذه الظاهرة هو نتيجة لعدة زيارات ميدانية لكثير من قنوات الصرف الفلاحي في منطقة ورقلة ومنطقة وادي ريغ، حيث لاحظنا أن هناك بعض القنوات ملئت بالتراب وأخرى بالحجارة ولوحظ أن نمو الأعشاب يكاد يكون منعدم فيها. وسبب عدم نمو الأعشاب في هذه القنوات هو انعدام الضوء الذي يحتاجه النبات لعملية إنتاج الكلوروفيل الذي يساعد على عملية التمثيل الضوئي المهمة للنبات، من هنا جاءتنا فكرة الحل وهي ملء قنوات الصرف الفلاحي بالحجارة وذلك من أجل عدم نمو النباتات من جهة والسماح بمرور مياه التصريف عبر المسامات من جهة أخرى، أي أن الحجارة تلعب دورين رئيسيين أولهما غطاء يحجب أشعة الضوء عن النبات وثانيهما مجرى مائي عبر المسامات المتكونة بين أجزاءها الصلبة.

ولكن السؤال الذي يطرح هو: هل المسامات كافية لنقل مياه التصريف بصفة مقبولة؟ وبطريقة أخرى ما هو حجم الأحجار الذي يجب استعماله من أجل ضمان تصريف جيد؟

وللجواب عن هذا السؤال قمنا باختيار مجموعة من الأحجار ذات الأبعاد (الأقطار) المختلفة من أجل دراستها ومعرفة خصائص الجريان في حالة وجودها وحالة عدم وجودها.

كم نشير إلى أن دراسة هذا الحل لا يخص الظواهر الفيزيائية لطبيعة الأحجار ولا الظواهر الكيميائية التي يمكن أن تنشأ خلال ملامستها لمياه الصرف المعروفة بشدة الملوحة، ولكن تهتم هذه الدراسة بالجانب الهيدروليكي فقط، أي الخصائص الهيدروليكية لجريان الماء في الوسط المسامي.

ومن أجل الوصول إلى هذا الهدف قمنا بإجراء تجارب في المخبر مستغلين العلاقات الرياضية التي تتحكم في ظاهرة جريان الماء في الأوساط المسامية، كما قمنا باستعمال العتاد وأدوات مساعدة منها ما تم ذكره في الفصل السابق .

5-1 خصائص الجريان في الوسط المسامي :

من أجل دراسة جريان الماء داخل وسط مسامي يجب معرفة بعض الخصائص والمفاهيم الخاصة بهذا النوع من الجريان، والتي من بينها :

5-1-1 قانون دارسي Darcy :

قانون أو معادلة دارسي هي معادلة تأسيسية مشتقة لظاهرة فيزيائية تصف تدفق السوائل من خلال وسط مسامي. وقد أعطى العالم هنري دارسي سنة 1856 القانون استناداً إلى نتائج التجارب التي أجريت على تدفق المياه من خلال وسط من الرمال [47].

إن قانون دارسي هو علاقة طردية بين معدل التصريف لحظياً من خلال وسط يسهل اختراقه، ولزوجة السائل وانخفاض ضغط على مسافة معينة. و يعطى في وسط متجانس بالشكل :

$$Q = K_s S \frac{\Delta H}{L} = K_s S I \quad (47)$$

حيث :

- Q : التدفق المار في العينة وبوحدة m^3/s .
S : مساحة مقطع العينة بوحدة m^2 .
L : طول العينة بوحدة m
 ΔH : الفرق بين الحمولة في مدخل العينة ومخرج العينة بوحدة m
I : الميل الهيدروليكي بدون وحدة.
 K_s : النفاذية (الناقلية الهيدروليكية) وتعطى بوحدة m/s .

5-1-2 شروط تطبيق علاقة دارسي :

إن علاقة دارسي لا تعطي نتائج دقيقة إلا في حدود شروطها والمتمثلة في :

- يجب أن يكون الوسط المسامي متجانس ومتماثل

- يجب أن يكون الجريان أحادي الاتجاه

- يجب أن يكون الجريان في النظام الصفائحي

5-1-3 الناقلية الهيدروليكية:

هي الكمية التي تعبر عن قدرة وسط مسامي لتمرير السوائل تحت تأثير التدرج في الضغط [25]، ويطلق عليها في بعض المراجع معامل النفاذية (ملحق 05).

$$K_s = \frac{K_p \rho g}{\mu} \quad (48)$$

وتعطى بالعلاقة التالية :

حيث :

ρ : الكتلة الحجمية للسائل بوحدة Kg/m³

K_p : النفاذية الفعلية بوحدة m²

μ : اللزوجة التحريكية (الديناميكية) بوحدة Pa.s

g : الجاذبية الأرضية بوحدة m/s²

5-1-4 المسامية : (الشكل 30)

هي حجم الفراغات على الحجم الكلي

وتعطى بالعلاقة :

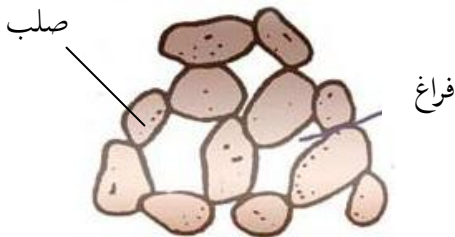
$$\varepsilon = \frac{v_p}{v_t} \quad (49)$$

حيث :

v_p : حجم الفراغات داخل العينة

v_t : الحجم الكلي للعينة ويمثل حجم الحبيبات الصلبة زائد حجم الفراغ

وتعطى المسامية ε على حسب نوعية وأبعاد الحبيبات المشكلة للعينة (ملحق 06)



الشكل 30 : مركبات عينة من الحصى

5-1-5 سرعة دارسي :

تسمى سرعة دارسي بالسرعة الظاهرية وهي حاصل قسمة تدفق الجريان على مساحة المقطع العمودي على اتجاه الجريان.

$$V_a = \frac{Q}{S} = KI \quad (50)$$

حيث تمثل Q : تدفق الجريان و S : مساحة المقطع

ويمكن كتابة علاقة السرعة بالشكل الشعاعي :

$$\vec{V} = -\vec{K} \cdot \overline{\text{grad}} H \quad (51)$$

أو بشكل مصفوفة :

$$\begin{bmatrix} V_x \\ V_y \\ V_z \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} K_{xx} & K_{xy} & K_{xz} \\ K_{yx} & K_{yy} & K_{yz} \\ K_{zx} & K_{zy} & K_{zz} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \frac{\partial H}{\partial x} \\ \frac{\partial H}{\partial y} \\ \frac{\partial H}{\partial z} \end{bmatrix} \quad (52)$$

5-1-6 الوسط المتجانس Milieu isotrope:

يسمى وسط مسامي متجانس عندما لا تتغير مركبات المعامل K (K_{xx} ، K_{yy} ، K_{zz} ، K_{xy} ، K_{yz} ، K_{zx}) من نقطة إلى أخرى داخل الوسط، ويسمى الوسط غير متجانس إذا اختلفت هذه المركبات ، ومثال على ذلك فإن الوسط المتكون من عدة طبقات مختلفة النفاذية يسمى وسط غير متجانس [43].

5-1-7 الوسط المتماثل Milieu homogène:

إذا كانت مركبات معامل النفاذية $K = K_{xx} = K_{yy} = K_{zz}$ ، وباقي المركبات الأخرى معدومة فإن الوسط يسمى متماثلاً [43].

5-1-8 السرعة الحقيقية للجريان في الوسط المسامي:

إن المقطع المذكور في العلاقة (50) هو مساحة الفراغات بالإضافة إلى مساحة الحبيبات الصلبة ، ومن هنا فإن السرعة المعبر عنها في العلاقة (50) ليست حقيقية، ولمعرفة هذه السرعة الحقيقية يجب إضافة المسامية بالشكل التالي :

$$V_r = \varepsilon \cdot V_a \quad (53)$$

حيث :

ε تعبر عن المسامية المذكورة في العلاقة (49) و V_a تمثل السرعة الظاهرية المذكورة في العلاقة (50).

ملاحظة : إن السرعة الحقيقية هي التي نبحث عنها في هذه الدراسة وذلك من أجل مقارنتها مع السرعة في حالة القنوات التي تتعرض لنمو الأعشاب.

5-2 الأدوات المستعملة :

تم استعمال عدة وسائل لإجراء هذه التجارب منها ما هو موجود على مستوى مخبر EVRNZA ومنها ما هو خارج عن المخبر. حيث أن كل تجارب المخبر أجريت على قناة مفتوحة المذكورة سابقاً (صورة 17)، وهي عبارة عن مجمع لعدة أدوات لكل منها مميزات ودور تلعبه في التجربة، كما يلي:

- قناة التجارب (صورة 17)
ويتمثل دورها في نقل المياه من نقطة إلى أخرى وبجريان سطح حر أي تحت تأثير الجاذبية الأرضية.
- حوض التجميع (صورة 17)
ويكمن دوره في جمع المياه لإعادة تدويرها من جديد وهذا حتى لا يتم تبذير كميات هائلة من المياه أثناء التجارب.
- المضخة ولواحقها (صورة 18)
ويتمثل دورها في إعادة رفع المياه إلى الأعلى بشكل آلي وبكميات محددة لكل تجربة.
- آلية التحكم في ميل القناة (صورة 19)
إن مهمة هذه الآلية هو إعطاء قناة التجارب ميل مناسب حسب التجربة
- جهاز قياس مستوى الماء (صورة 20)
من اجل قياس ارتفاع الماء نستعمل هذا الجهاز الدقيق فوق نقاط محددة لكل تجربة
- جهاز قياس التدفق (صورة 21)
لمعرفة قيمة التدفق المار في قناة التجارب لكل تجربة نستعمل هذا الجهاز والخاص بالجريان بالسطح الحر.
- جهاز قياس الميل (صورة 22)
ولتحديد قيمة الميل الخاص بكل تجربة نستعمل هذا الجهاز المعروف في مجال الطبوغرافيا.

أما الوسائل الخارجة عن المخبر فتتمثل في:

• الحجارة المستعملة :

إن الحجارة المستعملة في هذه التجارب هي عبارة عن مجموعات من أقسام الحصى المعروفة في مجال الخرسانة وأقسام تستعمل في مجالات أخرى، حيث تم تصنيفها على حسب التصنيف المستعمل في ميدان البناء، وهي كما يلي :

القسم D1 : هي الأحجار ذات القطر المحصور بين 15 – 25 mm (الصورة 29) وعادة ما تستعمل بكثرة في خلطات الخرسانة.



صورة 29 : القسم D1 للحصى المستعمل

القسم D2 : هي الأحجار ذات القطر المحصور بين 20 – 40 mm (الصورة 30) وتستخدم في الخرسانة وخاصة في أساسات المباني.



صورة 30 : القسم D2 للحصى المستعمل

القسم D3 : هي الأحجار ذات القطر المحصور بين 40 – 60 mm (الصورة 31) وتستخدم عادة كأساس للسكك الحديدية.



صورة 31 : القسم D3 للحصى المستعمل

القسم D4 : هي الأحجار ذات القطر المحصور بين 60 – 80 mm (الصورة 32) وتستخدم أيضاً في السكك الحديدية وكتعويض عن الأساس في حالات الترب الهشة.



صورة 32 : القسم D4 للحصى المستعمل

• مسطرة القياس :

نظراً لصعوبة قياس ارتفاع الماء داخل الوسط المسامي، قمنا بتثبيت مسطرة مدرّجة على جانب من قناة التجارب لقياس ارتفاع الماء في نقاط محددة لكل تجربة (صورة 33)



صورة 33 : مسطرة قياس ارتفاع داخل الوسط المسامي

3-5 كيفية إجراء التجارب :

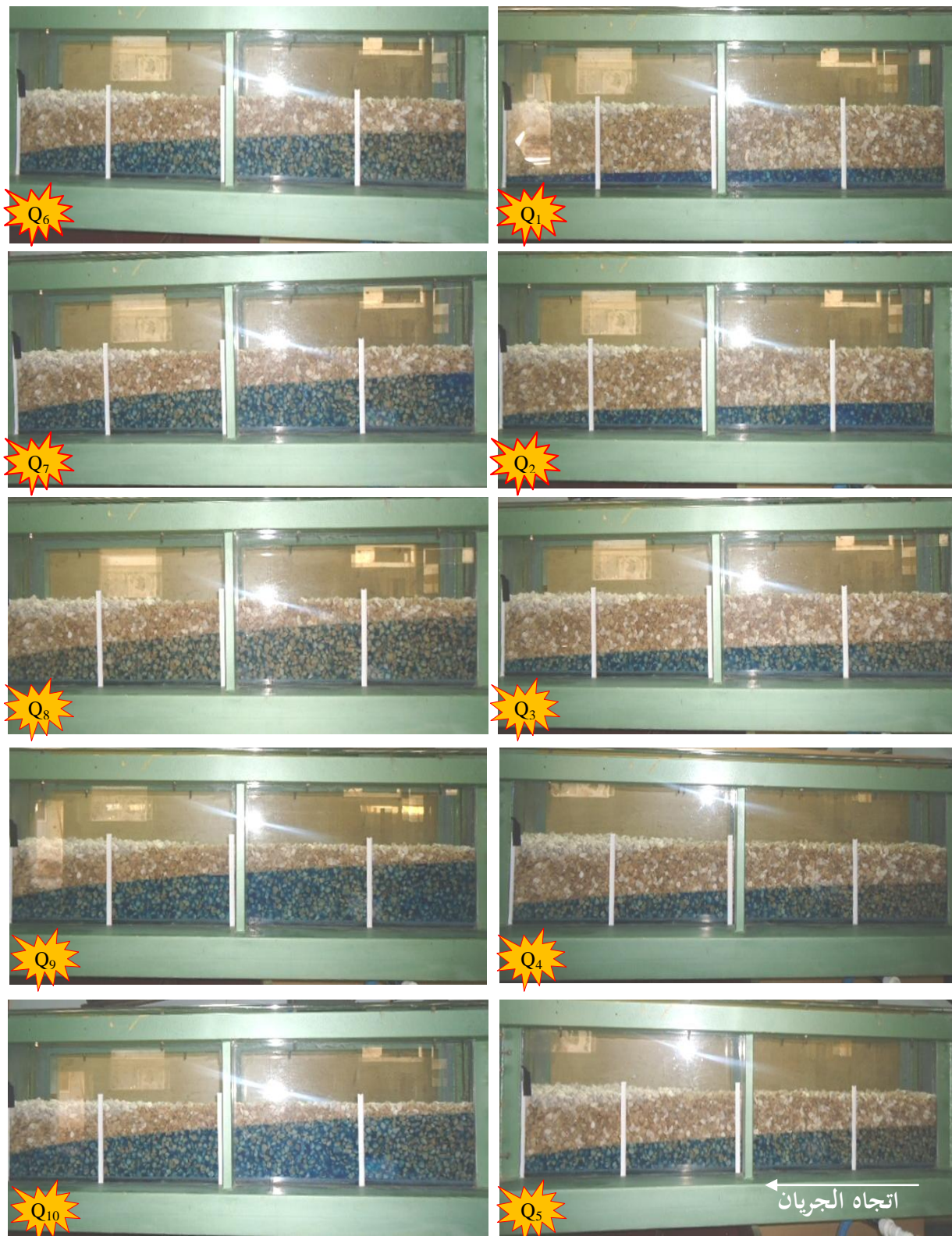
بنفس طريقة التجارب السابقة نعيدها في هذه التجارب أيضاً، مع تبديل سيقان القصب بأقسام الحصى المختارة ومع إضافة عدد أكبر من التدفقات بحيث :

1-3-5 المرحلة الأولى : في هذه المرحلة نجري التجارب على القناة وهي فارغة (الصورة 34) من الحصى بحيث نثبت قناة التجارب على ميل قدره 1 % ثم نمرر كل التدفقات المقترحة (10 تدفقات)، ثم نقيس ارتفاع الماء عند كل مقطع (50 cm) .



صورة 34 : إجراء التجارب على القناة وهي فارغة من الحصى

2-3-5 المرحلة الثانية : يتم إضافة القسم الأول من الحصى D1، ثم نفتح الحنفية بحيث تعطينا التدفق الأول من سلسلة التدفقات، ومن ثم نقيس ارتفاع الماء في نفس المقاطع المحددة في المرحلة الأولى، ثم نزيد من فتح الحنفية بحيث تعطي التدفق الثاني ثم نقيس ارتفاع الماء في نفس النقاط السابقة وهكذا حتى نكمل كل التدفقات (صورة 35).



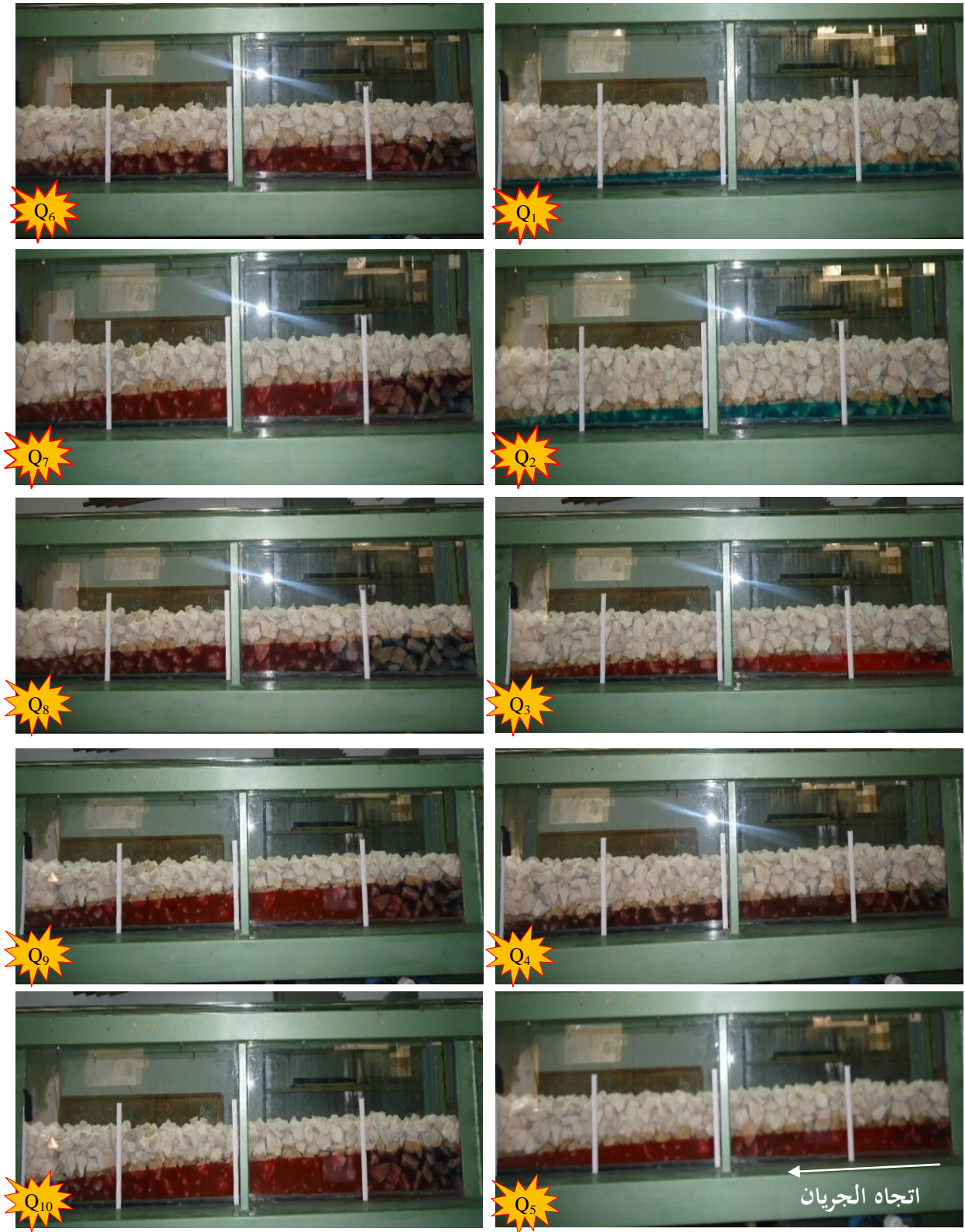
صورة 35 : قياس ارتفاع الماء داخل القناة في حالة الحصى المستعمل D1 ولمختلف التدفقات المستعملة

3-3-5 المرحلة الثالثة : في هذه المرحلة نستعمل القسم الثاني من الحصى D2، ثم نفتح الحنفية بحيث تعطينا التدفق الأول من سلسلة التدفقات، ومن ثم نقيس ارتفاع الماء في نفس المقاطع المحددة في المرحلة الأولى، ثم نزيد من فتح الحنفية بحيث تعطي التدفق الثاني ثم نقيس ارتفاع الماء في نفس النقاط السابقة وهكذا حتى نكمل كل التدفقات (صورة 36).



صورة 36 : قياس ارتفاع الماء داخل القناة في حالة الحصى المستعمل D2 ولمختلف التدفقات المستعملة

4-3-5 المرحلة الرابعة : أما في هذه المرحلة نغير من قسم الحصى المستعمل إلى القسم الثالث D3، ثم نقوم بنفس الخطوات الأخرى المذكورة في المراحل السابقة (صورة 37).



صورة 37 : قياس ارتفاع الماء داخل القناة في حالة الحصى المستعمل D3 ولمختلف التدفقات المستعملة

5-3-5 المرحلة الخامسة : وفي هذه المرحلة فإننا نغير الحصى المستعمل إلى القسم الرابع D4، ثم نقوم بنفس الخطوات الأخرى المذكورة في المراحل السابقة (صورة 38).



صورة 38 : قياس ارتفاع الماء داخل القناة في حالة الحصى المستعمل D4 ولمختلف التدفقات المستعملة

ملاحظات :

- إن التجارب على القناة وهي فارغة من الحصى تؤخذ كمرجع أو شاهد لكل تجربة.
- اخترنا أربعة نقاط لأخذ قياسات مستوى الماء وبتباعد 50 cm بين نقطة وأخرى.
- القيم المختارة من التدفقات هي كالتالي : $Q_5=0.5 \text{ l/s}$ $Q_4=0.4 \text{ l/s}$ $Q_3=0.3 \text{ l/s}$ $Q_2=0.2 \text{ l/s}$ $Q_1=0.1 \text{ l/s}$
- ومن جهة أخرى استعملنا في هذه التجارب المتغيرات اللابعدية حتى يتم الانتقال من التجربة إلى الواقع بدون تأثير أبعاد التجربة و لتعميم نتائج هذه الدراسة وفي شروط استعمالها.

4-5 الخصائص المعنية بالدراسة :

إن خصائص الجريان المعنية بالدراسة في حالة استعمال هذا الحل هي: أولاً ارتفاع (عمق) الماء الذي يعطي نظرة عن ارتفاع منسوب سطح الماء الحر في القنوات ، وثانياً السرعة الحقيقية في الوسط المسامي التي تعطي فكرة عن مدى سرعة التصريف في قنوات الصرف الفلاحي (الخنادق)، كما سيتم دراسة هذه الخصائص بدلالة تغير كل من التدفق النسبي q_g والقطر النسبي للحصى ϕ . وبالتالي يمكن تقسيم الخصائص إلى قسمين؛ خصائص مجهولة وهي المطلوب حسابها واستنتاج قيمها وذلك من أجل تحديد تغيراتها بين الوسط المسامي والوسط المستمر، وهي كما يلي:

4-5-1 ارتفاع الماء النسبي Y_g^* :

$$Y_g^* = \frac{Y_g}{Y_0} \quad (54)$$

حيث Y_g تمثل ارتفاع الماء عند المقطع في حالة وجود الحصى، و Y_0 تمثل ارتفاع الماء عند نفس المقطع بدون وجود حصى. ويمكن استنتاج قيمة Y_g و Y_0 من خلال القياس المباشر أثناء التجربة.

4-5-2 السرعة الحقيقية النسبية V_g^* :

$$V_g^* = \frac{V_g}{V_0} \quad (55)$$

حيث V_g تمثل السرعة الحقيقية عند المقطع في حالة وجود الحصى ويمكن حسابها بالعلاقة (53)، و V_0 تمثل السرعة الحقيقية عند نفس المقطع بدون وجود حصى ويمكن استنتاجها باستعمال العلاقة (08).

أما القسم الثاني من الخصائص فهي معلومة القيمة وذلك من خلال القيم المدخلة للتجارب وهي كالتالي :

3-4-5 المسامية التجريبية ε :

لقد لاحظنا أن المسامية تتغير إذا تغير تموضع حبيبات الحصى، ونظراً لصعوبة قياس المسامية داخل القناة فإننا سوف ندرس المسامية الموافقة لهذا النوع من الأحجار وذلك عن طريق القيم المعطاة في الملحق 05.

من المعلوم أن للمسامية مجال تتغير فيه، وأن القيمة الصغرى لهذا المجال تعطي نتائج سلبية أي تزيد من ارتفاع الماء وتقلل من السرعة الحقيقية للجريان، ومن أجل دراسة كل قيم المسامية للحصى المستعمل سوف نستخدم في هذه الدراسة القيم الصغرى في المجال المعطى أي دراسة الحالة الأسوأ (Le cas le plus défavorable).
أما الخصائص المعلومة فيتم تحديدها مسبقاً قبل بداية التجارب وهي كما يلي :

4-4-5 التدفق النسبي q_g :

كما أشرنا للتدفق النسبي في حالة وجود القصب أنه من أجل أن تبقى النتائج صالحة للواقع يكفي أن نجد عدد لابيدي يمكن تطبيقه ويربط بين الحالتين التجريبية والطبيعية، لذلك سوف نستخدم عدد فرود Fr .

لدينا علاقة فرود في الوسط المسامي [9]:

$$Fr_p = \frac{Q}{\varepsilon S} \sqrt{\frac{B}{gS}} \quad (56)$$

حيث :

Q : التدفق المار خلال الوسط المسامي S : مساحة المقطع العرضي للقناة ε : المسامية

B : عرض القناة g : الجاذبية الأرضية

وبما أن قناة التجربة مستطيلة الشكل فإن $S = By$ كما تمت الإشارة إليه في الفصل الثالث حيث y يمثل ارتفاع الماء عند المقطع، وباستعمال العلاقة (56) فإنه ينتج:

$$Fr = \frac{1}{\varepsilon} \sqrt{\frac{BQ^2}{g(By)^3}} = \sqrt{\left(\frac{B}{y}\right)^3} \frac{Q}{\varepsilon \sqrt{gB^5}} \quad (57)$$

من العلاقة (57) يمكن أن نسمي q_g التدفق النسبي من الشكل:

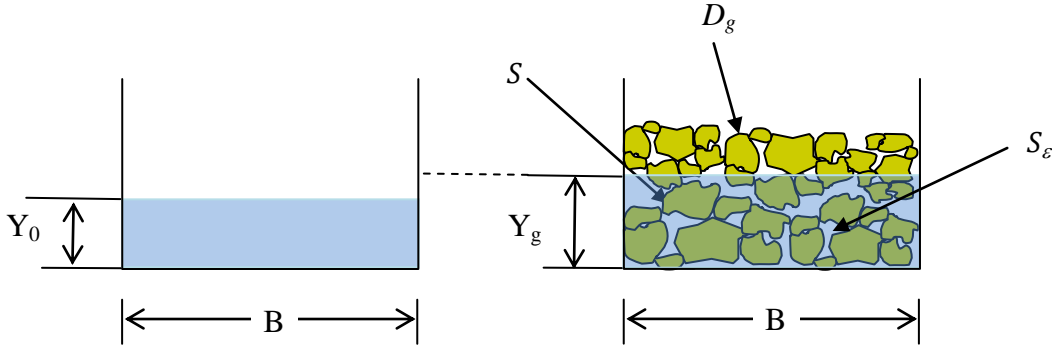
$$q_g = \frac{Q}{\varepsilon \sqrt{gB^5}} \quad (58)$$

نلاحظ من خلال العلاقة (58) أن التدفق q_g بدون وحدة (لابعدي) وهذا ما نريده، ولذلك سوف ندرس القناة بدلالة هذا التدفق وذلك من أجل تعميم نتائج التجارب على الواقع.

5-4-5 القطر النسبي ϕ : (الشكل 31)

واضح من خلال اختيار أقسام أبعاد الحصى أنها بوحدة المتر، فإذا قسمنا قيم هذه الأبعاد على عرض القناة فإنه ينتج

$$\phi = \frac{D_g}{B} \quad (59) \quad \text{لدينا عدد بدون وحدة (لابعدي) كما في العلاقة التالية :}$$



الشكل 31 : شكل توضيحي لمقطع قناة في حالة وجود وعدم وجود الحصى

ملاحظة : إذا اعتبرنا أن S_e هي المساحة الكلية للمسامات و S هي المساحة الكلية لمقطع القناة، فإننا نلاحظ من خلال الشكل 31 أن S لها علاقة بنسبة المسامية ومنه يمكن أن نقول:

- إذا كانت $\varepsilon = 0$ فإن $S_e = 0$ أي أن مساحة المقطع لا تسمح بالمرور ومنه لا يوجد تدفق.

- إذا كانت $\varepsilon = 1$ فإن $S_e = S$ أي أن مساحة المقطع المدروس تساوي مساحة المقطع في حالة عدم وجود الحصى.

يجب الإشارة إلى أن قيم البعد D_g ليست لها قيم موحدة، ولذلك سوف نأخذ القيمة المتوسطة لكل قسم من الأقسام المستعملة، فمثلاً قيم القسم D1 هي أبعاد الحصى من القطر 15 mm إلى القطر 25 mm فتكون القيمة المتوسطة هي 20 mm والجدول (21) التالي يوضح القيم المتوسطة لكل قسم.

الجدول 21 : قيم أبعاد الحصى المستعمل في التجارب

القطر D_g [mm]			القسم Classe
القيمة المتوسطة $D_{g_{moy}}$	القيمة القصوى $D_{g_{max}}$	القيمة الدنيا $D_{g_{min}}$	
20	25	15	D1
30	40	20	D2
50	60	40	D3
70	80	60	D4

5-5 دراسة ارتفاع الماء النسبي داخل القناة *Y_g:

من أجل دراسة ارتفاع الماء النسبي نختار أربعة مقاطع للقياسات المباشرة في التجارب وهي كما يلي :

. L = 150 cm ثم L = 100 cm ثم L = 50 cm ثم L = 0.00 cm

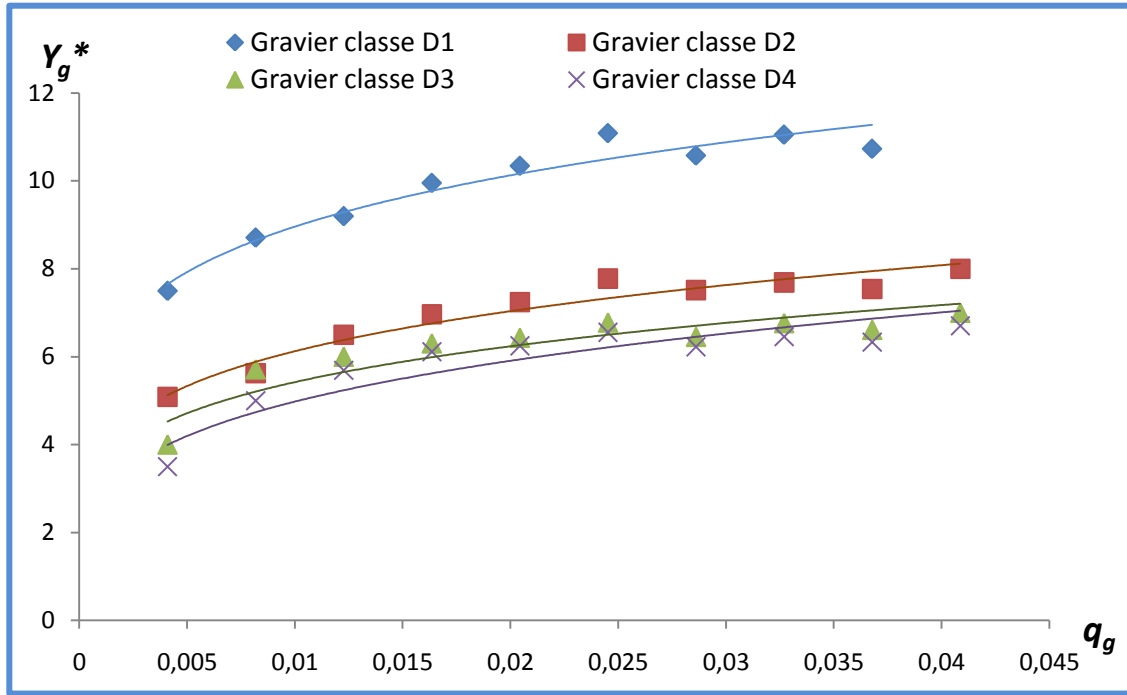
1- 5-5 ارتفاع الماء النسبي *Y_g عند L = 0.00 m

باستعمال المسطرة المدرجة نقيس ارتفاع الماء عند المدخل أي عند L = 0.00 ، ثم ندون النتائج في الجدول التالي :

الجدول 22 : ارتفاع الماء النسبي *Y_g عند L = 0.00 m وفي حالة المسامية ε = 0.25

Classe	Dg _{moy} [mm]	φ	Q [l/s]	q _g	Y ₀ [mm]	Y _g [mm]	Y _g *
D1	20	0,08	0,1	0,004	6,00		
	20	0,08	0,2	0,008	8,00		
	20	0,08	0,3	0,012	10,00		
	20	0,08	0,4	0,016	11,20		
	20	0,08	0,5	0,020	12,50		
	20	0,08	0,6	0,025	13,50		
	20	0,08	0,7	0,029	15,50		
	20	0,08	0,8	0,033	16,50		
	20	0,08	0,9	0,037	18,00		
	20	0,08	1	0,041	18,50		
D2	30	0,12	0,1	0,004	6,00		
	30	0,12	0,2	0,008	8,00		
	30	0,12	0,3	0,012	10,00		
	30	0,12	0,4	0,016	11,20		
	30	0,12	0,5	0,020	12,50		
	30	0,12	0,6	0,025	13,50		
	30	0,12	0,7	0,029	15,50		
	30	0,12	0,8	0,033	16,50		
	30	0,12	0,9	0,037	18,00		
	30	0,12	1	0,041	18,50		
D3	50	0,2	0,1	0,004	6,00		
	50	0,2	0,2	0,008	8,00		
	50	0,2	0,3	0,012	10,00		
	50	0,2	0,4	0,016	11,20		
	50	0,2	0,5	0,020	12,50		
	50	0,2	0,6	0,025	13,50		
	50	0,2	0,7	0,029	15,50		
	50	0,2	0,8	0,033	16,50		
	50	0,2	0,9	0,037	18,00		
	50	0,2	1	0,041	18,50		
D4	70	0,28	0,1	0,004	6,00		
	70	0,28	0,2	0,008	8,00		
	70	0,28	0,3	0,012	10,00		
	70	0,28	0,4	0,016	11,20		
	70	0,28	0,5	0,020	12,50		
	70	0,28	0,6	0,025	13,50		
	70	0,28	0,7	0,029	15,50		
	70	0,28	0,8	0,033	16,50		
	70	0,28	0,9	0,037	18,00		
	70	0,28	1	0,041	18,50		

من خلال الجدول يمكن رسم منحنى تغير Y_g^* عند $L = 0.00 \text{ cm}$ وبدلالة التدفق النسبي q_g ذات المسامية $\varepsilon = 0.25$



الشكل 32 : تغيرات ارتفاع الماء النسبي Y_g^* بدلالة التدفق النسبي q_g عند $L = 0.00 \text{ cm}$ وفي حالة المسامية $\varepsilon = 0.25$

نلاحظ من خلال الشكل 32 أن Y_g^* يزداد كلما زاد التدفق النسبي، كما نلاحظ أن ارتفاع الماء النسبي في الحصى ذو القسم D1 أكبر من الأقسام الأخرى وهذا راجع للضياع في الطاقة الناجم عن هذا النوع من الحصى، ومن جهة أخرى فإننا نلاحظ أنه كلما زاد القطر النسبي للحصى φ المستعمل يصاحبه تناقص في الارتفاع النسبي Y_g^* ، وهذا راجع لشكل الفراغات التي تتكون من خلال المسامية الموجودة في كل عينة، حيث يكون شكل الفراغات عبارة عن قنوات متواصلة في حالة الحصى ذو الأقطار الكبيرة، بينما تكون هذه الفراغات على شكل قنوات متقطعة في حالة الأقطار الصغيرة، وهذا ما يزيد من الضياع في الطاقة التي ينجم عنها ارتفاع في الماء عن الحالة الابتدائية كما في شكل 32.

ويمكن أن نلاحظ من خلال الجدول 22 أن قيم Y_g^* تتراوح بين 3.50 و 11.57 ، وباستعمال طريقة المربعات الصغرى لتحليل البيانات يمكن أن نستنتج أن تغيرات Y_g^* بدلالة q_g هو دالة من الشكل $y = Mx^t$ ، والجدول 23 يوضح قيم المعاملات M و t كما يلي :

الجدول 23 : قيم M و t و R^2 المحصل عليها عند $L = 0 \text{ m}$ وبدلالة أقسام الحصى المستعمل

أقسام الحصى	M	t	R^2
D1	20,32	0,18	0,95
D2	15,38	0,20	0,95
D3	13,73	0,20	0,83
D4	15,51	0,25	0,85

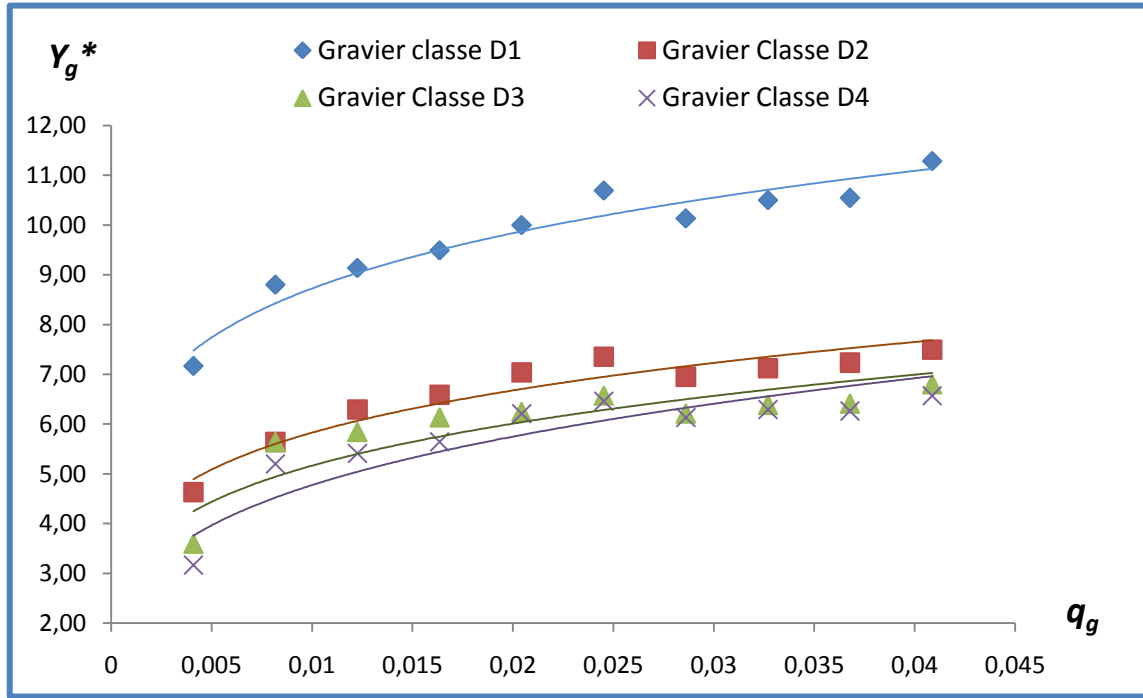
2 - 5-5 ارتفاع الماء النسبي Y_g^* عند $L = 50 \text{ cm}$

تؤخذ قياسات ارتفاع الماء للعينات عند المسافة 50 سنتيمتر من المدخل ثم تدون في الجدول الآتي :

الجدول 24 : ارتفاع الماء النسبي Y_g^* عند $L = 50 \text{ cm}$ وفي حالة المسامية $\varepsilon = 0.25$

Classe	$D_{g_{moy}}$ [mm]	ϕ	Q [l/s]	q_g	Y_0 [mm]	Y_g [mm]	Y_g^*
D1	20	0,08	0,1	0,004	6,00		
	20	0,08	0,2	0,008	7,50		
	20	0,08	0,3	0,012	9,50		
	20	0,08	0,4	0,016	11,00		
	20	0,08	0,5	0,020	12,00		
	20	0,08	0,6	0,025	13,00		
	20	0,08	0,7	0,029	15,00		
	20	0,08	0,8	0,033	16,00		
	20	0,08	0,9	0,037	17,00		
	20	0,08	1	0,041	17,50		
D2	30	0,12	0,1	0,004	6,00		
	30	0,12	0,2	0,008	7,50		
	30	0,12	0,3	0,012	9,50		
	30	0,12	0,4	0,016	11,00		
	30	0,12	0,5	0,020	12,00		
	30	0,12	0,6	0,025	13,00		
	30	0,12	0,7	0,029	15,00		
	30	0,12	0,8	0,033	16,00		
	30	0,12	0,9	0,037	17,00		
	30	0,12	1	0,041	17,50		
D3	50	0,2	0,1	0,004	6,00		
	50	0,2	0,2	0,008	7,50		
	50	0,2	0,3	0,012	9,50		
	50	0,2	0,4	0,016	11,00		
	50	0,2	0,5	0,020	12,00		
	50	0,2	0,6	0,025	13,00		
	50	0,2	0,7	0,029	15,00		
	50	0,2	0,8	0,033	16,00		
	50	0,2	0,9	0,037	17,00		
	50	0,2	1	0,041	17,50		
D4	70	0,28	0,1	0,004	6,00		
	70	0,28	0,2	0,008	7,50		
	70	0,28	0,3	0,012	9,50		
	70	0,28	0,4	0,016	11,00		
	70	0,28	0,5	0,020	12,00		
	70	0,28	0,6	0,025	13,00		
	70	0,28	0,7	0,029	15,00		
	70	0,28	0,8	0,033	16,00		
	70	0,28	0,9	0,037	17,00		
	70	0,28	1	0,041	17,50		

من خلال الجدول 24 يمكن رسم منحنى تغير Y_g^* عند $L = 50 \text{ cm}$ وبدلالة التدفق النسبي q_g ذات المسامية $\varepsilon = 0.25$



الشكل 33 : تغيرات ارتفاع الماء النسبي Y_g^* بدلالة التدفق النسبي q_g عند $L = 50 \text{ cm}$ وفي حالة المسامية $\varepsilon = 0.25$

كما لاحظنا سابقاً أن ارتفاع الماء النسبي Y_g^* يزداد كلما زاد التدفق النسبي q_g ، ومن خلال الشكل 33 نلاحظ أن مستويات هذا الارتفاع تتقارب في الأقسام D2 و D3 و D4 مما يدل على أن الفراغات التي تشكلها هذه الأقسام متقاربة، حيث نستطيع أن نستنتج أنه كلما زاد قطر الحصى تقارب حجم الفراغات. و يمكن أن نلاحظ أيضاً من خلال الجدول 24 أن قيم الارتفاع النسبي Y_g^* في هذا المقطع تتراوح بين 3.17 و 11.29، وهي قيم أصغر من القيم المذكورة في المقطع السابق حيث أن هذا الانخفاض ناجم عن الضياع في الطاقة بين فراغات الحصى من النقطة $L = 0.00$ إلى النقطة $L = 50 \text{ cm}$.

وباستعمال طريقة المربعات الصغرى يمكن أن نستنتج أن تغيرات Y_g^* هو دالة بدلالة q_g من الشكل $y = Mx^t$ ، حيث أن قيم المعاملات M و t و R^2 الجدول 25 التالي :

الجدول 25 : قيم M و t و R^2 المحصل عليها عند $L = 50 \text{ cm}$ وبدلالة أقسام الحصى المستعمل

أقسام الحصى	M	t	R^2
D1	19,33	0,17	0,94
D2	14,39	0,20	0,93
D3	14,11	0,22	0,77
D4	16,39	0,27	0,82

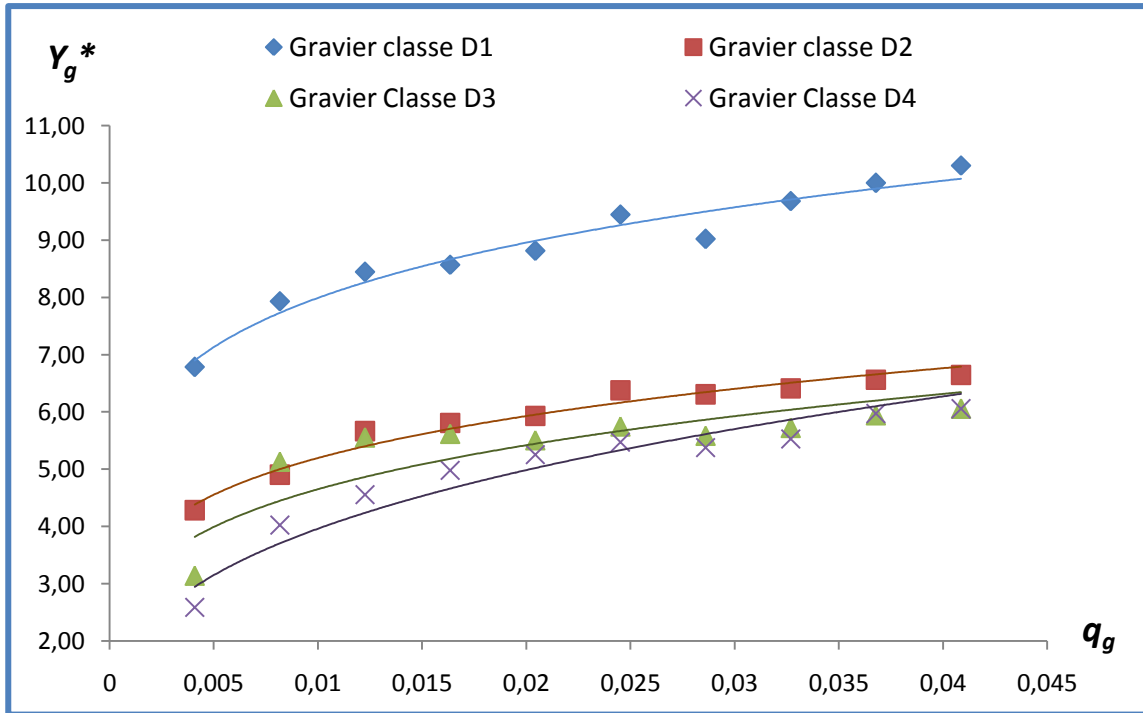
2-5-5 ارتفاع الماء النسبي Y_g^* عند $L = 100 \text{ cm}$

الجدول الآتي يبين نتائج القياسات لارتفاع الماء عند المسافة 1 متر من مدخل العينات

الجدول 26 : ارتفاع الماء النسبي Y_g^* عند $L = 100 \text{ cm}$ وفي حالة المسامية $\varepsilon = 0.25$

Classe	$D_{g_{moy}}$ [mm]	ϕ	Q [l/s]	q_g	Y_0 [mm]	Y_g [mm]	Y_g^*
D1	20	0,08	0,1	0,004	5,60		
	20	0,08	0,2	0,008	7,50		
	20	0,08	0,3	0,012	9,00		
	20	0,08	0,4	0,016	10,50		
	20	0,08	0,5	0,020	11,80		
	20	0,08	0,6	0,025	12,70		
	20	0,08	0,7	0,029	14,50		
	20	0,08	0,8	0,033	15,50		
	20	0,08	0,9	0,037	16,00		
	20	0,08	1	0,041	17,00		
D2	30	0,12	0,1	0,004	5,60		
	30	0,12	0,2	0,008	7,50		
	30	0,12	0,3	0,012	9,00		
	30	0,12	0,4	0,016	10,50		
	30	0,12	0,5	0,020	11,80		
	30	0,12	0,6	0,025	12,70		
	30	0,12	0,7	0,029	14,50		
	30	0,12	0,8	0,033	15,50		
	30	0,12	0,9	0,037	16,00		
	30	0,12	1	0,041	17,00		
D3	50	0,2	0,1	0,004	5,60		
	50	0,2	0,2	0,008	7,50		
	50	0,2	0,3	0,012	9,00		
	50	0,2	0,4	0,016	10,50		
	50	0,2	0,5	0,020	11,80		
	50	0,2	0,6	0,025	12,70		
	50	0,2	0,7	0,029	14,50		
	50	0,2	0,8	0,033	15,50		
	50	0,2	0,9	0,037	16,00		
	50	0,2	1	0,041	17,00		
D4	70	0,28	0,1	0,004	5,60		
	70	0,28	0,2	0,008	7,50		
	70	0,28	0,3	0,012	9,00		
	70	0,28	0,4	0,016	10,50		
	70	0,28	0,5	0,020	11,80		
	70	0,28	0,6	0,025	12,70		
	70	0,28	0,7	0,029	14,50		
	70	0,28	0,8	0,033	15,50		
	70	0,28	0,9	0,037	16,00		
	70	0,28	1	0,041	17,00		

من خلال الجدول يمكن رسم منحنى تغير Y_g^* عند $L = 100 \text{ cm}$ وبدلالة التدفق النسبي q_g ذات المسامية $\varepsilon = 0.25$



الشكل 34 : تغيرات ارتفاع الماء النسبي Y_g^* بدلالة التدفق النسبي q_g عند $L = 100 \text{ cm}$ وفي حالة المسامية $\varepsilon = 0.25$

من خلال الجدول 26 نلاحظ أن قيم Y_g^* تتراوح بين 2.59 و 10.31 أي أقل من المجال السابق في المقطع السابق وهذا يدل على أن قيم الارتفاع النسبي للماء Y_g^* يقل كلما زادت المسافة. والشكل 34 يبين منحنيات تغير Y_g^* بدلالة التدفق النسبي q_g عند المقطع $L = 100 \text{ cm}$ ، حيث نلاحظ في هذا الشكل أن منحنيات الحصى D2 و D3 و D4 تتقارب فيما بينها وخاصة عند التدفقات $q_g = 0.036$ و $q_g = 0.040$ ، وهذا يشير إلى أن القطر النسبي للحصى φ لا يؤثر كثيراً على ارتفاع الماء عند التدفقات الكبيرة، بينما يبقى منحنى D1 متباعد عن باقي المنحنيات، ومنه نستطيع أن نستنتج أن تأثير زيادة التدفق على ارتفاع الماء النسبي يؤثر بشكل واضح في الأحجام الصغيرة للحصى. وباستعمال طريقة المربعات الصغرى في تحليل البيانات نستنتج أن تغيرات Y_g^* بدلالة q_g دالة من الشكل $y = Mx^t$ وبمعاملات تحديد مقبولة، والجدول 27 يبين قيم المعاملات M و t و R^2 كما يلي:

أقسام الحصى	M	t	R^2
D1	17,05	0,16	0,96
D2	12,46	0,19	0,97
D3	12,84	0,22	0,72
D4	18,24	0,33	0,92

الجدول 27 : قيم M و t و R^2 المحصل عليها عند $L = 100 \text{ cm}$ وبدلالة أقسام الحصى المستعمل

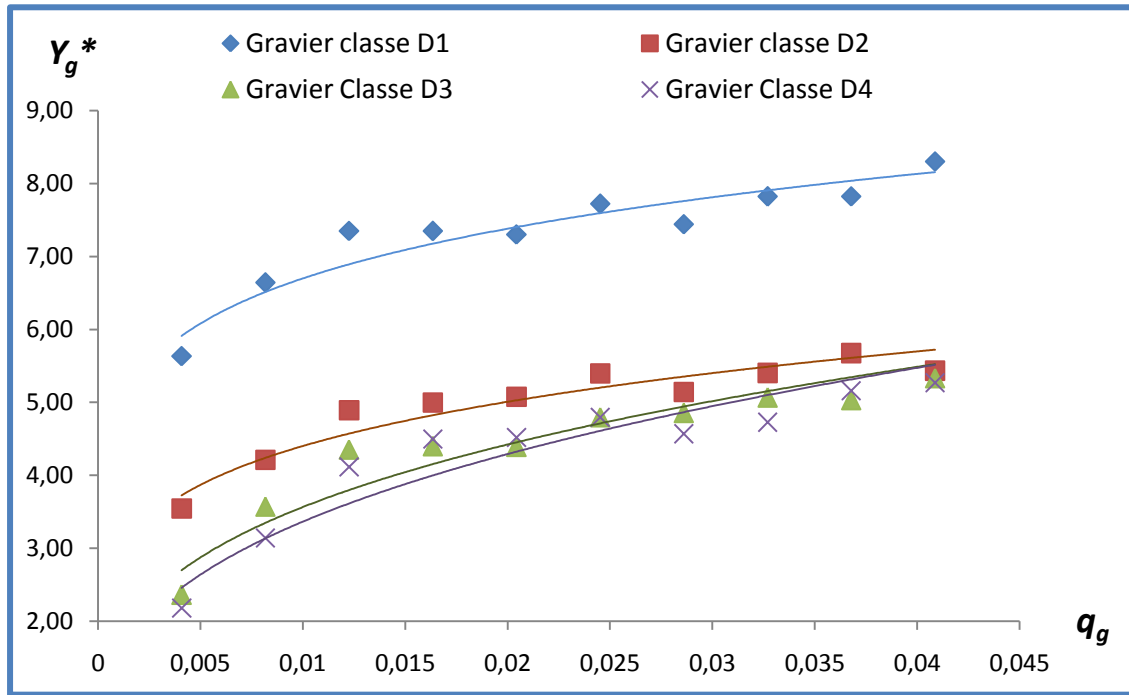
2-5-5 ارتفاع الماء النسبي Y_g^* عند $L = 150 \text{ cm}$

تؤخذ قياسات ارتفاع الماء عند المخرج وعلى مسافة 1.5 متر من المدخل ثم تدون في الجدول التالي :

الجدول 28 : ارتفاع الماء النسبي Y_g^* عند $L = 150 \text{ cm}$ وفي حالة المسامية $\varepsilon = 0.25$

Classe	$D_{g_{moy}}$ [mm]	φ	Q [l/s]	q_g	Y_0 [mm]	Y_g [mm]	Y_g^*
D1	20	0,08	0,1	0,004	5,50		
	20	0,08	0,2	0,008	7,00		
	20	0,08	0,3	0,012	8,50		
	20	0,08	0,4	0,016	10,00		
	20	0,08	0,5	0,020	11,50		
	20	0,08	0,6	0,025	12,30		
	20	0,08	0,7	0,029	14,00		
	20	0,08	0,8	0,033	14,80		
	20	0,08	0,9	0,037	15,50		
	20	0,08	1	0,041	16,50		
D2	30	0,12	0,1	0,004	5,50		
	30	0,12	0,2	0,008	7,00		
	30	0,12	0,3	0,012	8,50		
	30	0,12	0,4	0,016	10,00		
	30	0,12	0,5	0,020	11,50		
	30	0,12	0,6	0,025	12,30		
	30	0,12	0,7	0,029	14,00		
	30	0,12	0,8	0,033	14,80		
	30	0,12	0,9	0,037	15,50		
	30	0,12	1	0,041	16,50		
D3	50	0,2	0,1	0,004	5,50		
	50	0,2	0,2	0,008	7,00		
	50	0,2	0,3	0,012	8,50		
	50	0,2	0,4	0,016	10,00		
	50	0,2	0,5	0,020	11,50		
	50	0,2	0,6	0,025	12,30		
	50	0,2	0,7	0,029	14,00		
	50	0,2	0,8	0,033	14,80		
	50	0,2	0,9	0,037	15,50		
	50	0,2	1	0,041	16,50		
D4	70	0,28	0,1	0,004	5,50		
	70	0,28	0,2	0,008	7,00		
	70	0,28	0,3	0,012	8,50		
	70	0,28	0,4	0,016	10,00		
	70	0,28	0,5	0,020	11,50		
	70	0,28	0,6	0,025	12,30		
	70	0,28	0,7	0,029	14,00		
	70	0,28	0,8	0,033	14,80		
	70	0,28	0,9	0,037	15,50		
	70	0,28	1	0,041	16,50		

من خلال الجدول يمكن رسم منحنى تغير Y_g^* عند $L = 150 \text{ cm}$ بدلالة التدفق النسبي q_g



الشكل 35 : تغيرات ارتفاع الماء النسبي Y_g^* بدلالة التدفق النسبي q_g عند $L = 150 \text{ cm}$ وفي حالة المسامية $\varepsilon = 0.25$

وكما سبق فإن الشكل 35 يوضح أنه في حالة تدفقات نسبية كبيرة فإن تأثير حجم الحصى يقل بشكل واضح على تغير الارتفاع النسبي للماء Y_g^* ، إن هذه الملاحظة تزداد وضوحاً كلما زاد القطر النسبي φ المستعمل. ومن خلال الجدول 28 نلاحظ أن الارتفاع النسبي يتغير بين القيمة 2.09 و القيمة 8.30 حيث نلاحظ أن هذا المجال أقل من سابقه مما يدل على أن كلما زادت المسافة L زاد الضياع في الطاقة مما يؤدي إلى نقصان في الارتفاع النسبي.

و باستعمال طريقة المربعات الصغرى في تحليل البيانات يمكن أن نستنتج أن تغيرات Y_g^* بدلالة q_g هو دالة من الشكل $y = Mx^t$ ، وبمعاملات تحديد مقبولة حيث قيم المعاملات M و t و R^2 موضحة في الجدول 29 التالي :

الجدول 29 : قيم M و t و R^2 المحصل عليها عند $L = 150 \text{ cm}$ وبدلالة أقسام الحصى المستعمل

أقسام الحصى	M	t	R^2
D1	12,77	0,14	0,88
D2	10,38	0,19	0,92
D3	14,95	0,31	0,90
D4	17,78	0,36	0,90

الدراسة التحليلية للنتائج :

مما سبق يمكن أن نستنتج ما يلي :

- يتغير الارتفاع النسبي للماء دخل القناة في جميع هذه التجارب في المجال [2.09 ، 11.57] بدلالة تدفق نسبي يتراوح بين 0.004 و 0.041 وذلك عند أربعة مقاطع تتباعد فيما بينها بمسافة 50 cm .
- كلما زادت قيمة التدفق النسبي q_g قل تأثيره على تغيرات ارتفاع الماء النسبي Y_g^* وخاصة في الأقطار النسبية الكبيرة .
- كلما زادت قيم الأقطار النسبية للحصى تقاربت قيم الارتفاع النسبي Y_g^* ونلاحظ هذا خاصة عندما تزيد المسافة، ويمكن توضيح ذلك في الجدول التالي :

الجدول 30 : القيم الدنيا والعظمى لارتفاع الماء النسبي Y_g^* في كل المقاطع المدروسة

ولجميع أقسام الحصى المستعمل وفي حالة المسامية $\varepsilon = 0.25$

قسم الحصى المستعمل		D1		D2		D3		D4	
ارتفاع الماء النسبي Y_g^*		Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
مسافة المقطع L	L = 0.00	7,50	11,57	5,08	8,00	4,00	7,00	3,50	6,70
	L = 50 cm	7,17	11,29	4,53	7,50	3,60	6,80	3,17	6,57
	L = 100 cm	6,79	10,31	4,29	6,65	3,14	6,06	2,59	6,06
	L = 150 cm	5,64	8,30	3,55	5,68	2,36	5,33	2,09	5,27

- فعلى سبيل المثال نلاحظ أنه بالنسبة للحصى ذو القسم D1 وعند المقطع $L = 0.00$ فإن أكبر قيمة سجلت لارتفاع الماء النسبي كانت $Y_g^* = 11.57$ بينما في الحصى ذو القسم D2 فكانت $Y_g^* = 8.00$ أي بفارق يساوي 3.57 أما عند الحصى ذو القسم D3 فقد سجلت $Y_g^* = 7.00$ أي بفارق يساوي 1.00 عن القسم السابق ، وعند ملاحظة القسم الأخير D4 فإن القيمة العظمى لارتفاع الماء النسبي تقدر بـ $Y_g^* = 6.70$ أي بفارق أقل من سابقه ويقدر بـ 0.3 عند الحصى ذو القسم D3.
- ومن جهة أخرى نلاحظ في الجدول 30 أن النسبة بين قيم Y_g^* تقل كلما ابتعدنا عن نقطة البداية، وتتقارب هذه النسبة كلما زاد القطر النسبي ϕ أي حجم الحصى المستعمل.
- عند استعمال طريقة المربعات الصغرى في تحليل البيانات وجد أن كل منحنيات تغير Y_g^* بدلالة q_g في كل المقاطع هي دالة من الشكل $y = Mx^t$ ، وبمعامل تحديد R^2 يتراوح بين 0.72 و 0.97 حيث تعتبر هذه القيم مقبولة جداً .

- ولأجل تحديد قيم موحدة للمعاملات M و t لكل المقاطع المدروسة ولكل أقسام الحصى المستعملة فإننا نأخذ القيم المتوسطة لكل قسم عند كل مقطع كما في الجدول التالي :

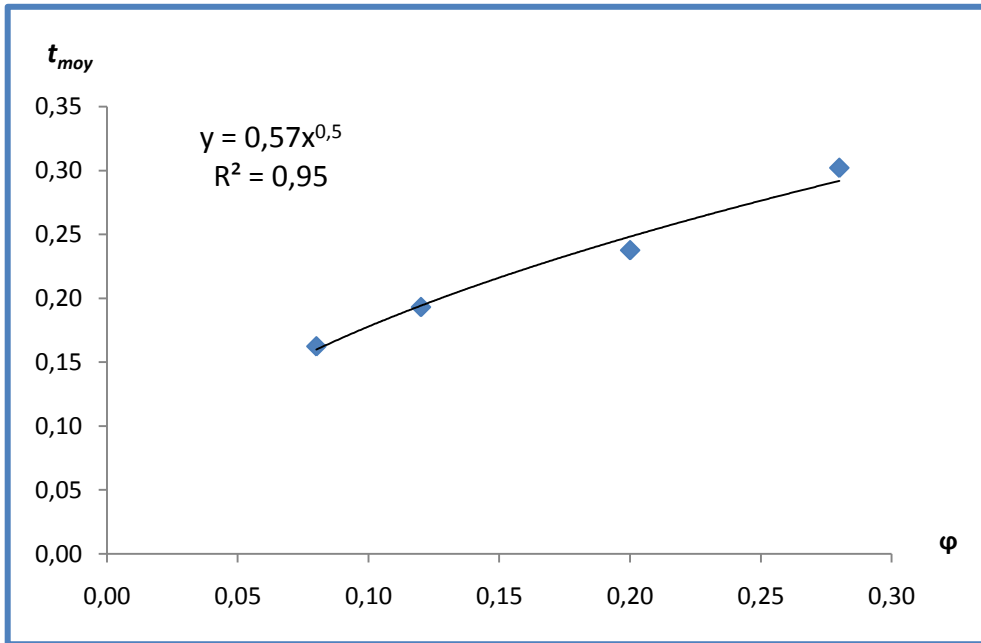
الجدول 31 : القيم المتوسطة للمعاملات M و t في كل المقاطع المدروسة ولجميع أقسام الحصى المستعمل

المقطع	القطر النسبي φ	M_{moy}	t_{moy}
L = 0.00	0,08	17,37	0,16
L = 50 cm	0,12	13,15	0,19
L = 100 cm	0,20	13,91	0,24
L = 150 cm	0,28	16,98	0,30

نلاحظ من خلال الجدول 31 ما يلي :

- إن قيم M مضطربة بالنسبة لتزايد قيم القطر النسبي φ ، فمن أجل الوصول إلى قيمة محددة للمعامل M يمكن أخذ القيمة المتوسطة كقيمة موحدة لكل التجارب أي $M_{moy} = 15.35$.

- نلاحظ أن المعامل t يتزايد كلما زاد φ ويمكن توضيح ذلك برسم المنحنى $t_{moy} = f(\varphi)$ في الشكل 36



الشكل 36 : منحنى تغير المعامل t بدلالة القطر النسبي φ

في الشكل 36 نلاحظ أن المعامل t_{moy} يتزايد بدلالة زيادة القطر النسبي φ في المجال $[0.08, 0.28]$ ، و باستعمال طريقة المربعات الصغرى في تحليل البيانات يمكن أن نلاحظ أن خط التوجيه من الشكل $t = 0.57\sqrt{\varphi}$ كما نلاحظ أن معامل التحديد R^2 يقترب من القيمة 0.95 وتدل هذه القيمة على أن اختيار هذه الدالة لخط التوجيه مناسب جداً. و باستعمال هذه القيم المستنتجة من خلال هذا التحليل للبيانات يمكن أن نستنتج أن تغير ارتفاع الماء النسبي Y_g^* بدلالة التدفق النسبي q_g والقطر النسبي للحصى φ نظرياً هو دالة متزايدة من الشكل :

$$***** (60))$$

حيث :

$Y_{g TH}^*$: ارتفاع الماء النسبي النظري في القناة (وهو يمثل ارتفاع الماء في حالة وجود الحصى على ارتفاع الماء في نفس القناة قبل وجود الحصى) وفي نفس المقطع.

φ : القطر النسبي - انظر العلاقة (59)

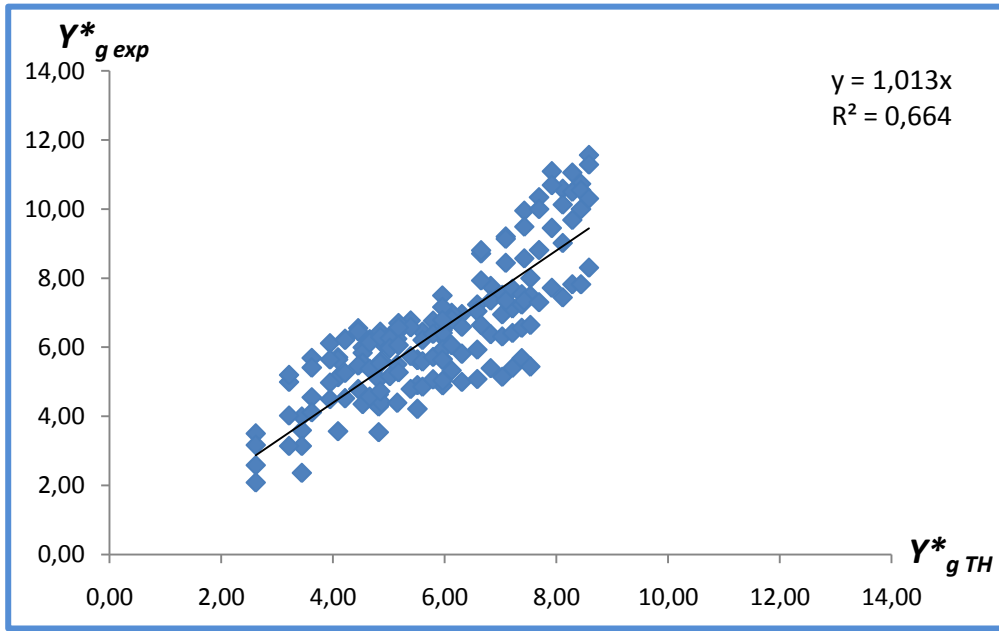
q_g : التدفق النسبي المار في القناة في حالة وجود الحجارة - انظر العلاقة (58)

وللتأكد من صلاحية العلاقة الرياضية (60) المتحصل عليها وضعنا مقارنة بين 160 قيمة لارتفاع الماء النسبي متحصل عليها نظرياً باستعمال العلاقة (60) وقيم أخرى متحصل عليها تجريبياً من خلال التجارب المذكورة في هذا الفصل والجدول التالي يبين النتائج:

الجدول 32 : قيم ارتفاع الماء النسبي التجريبية $Y_{g\ exp}^*$ وقيم ارتفاع الماء النسبي النظرية $Y_{g\ TH}^*$ وفي حالة المسامية $\varepsilon = 0.25$

N°	q_g	φ	$Y_{g\ TH}^*$	$Y_{g\ exp}^*$	N°	q_g	φ	$Y_{g\ TH}^*$	$Y_{g\ exp}^*$	N°	q_g	φ	$Y_{g\ TH}^*$	$Y_{g\ exp}^*$
1	0,004	0,08			55	0,020	0,12	7,12	7,04			0,2		
2	0,008	0,08			56	0,025	0,12	7,38	7,35			0,2		
3	0,012	0,08			57	0,029	0,12	7,61	6,95			0,28		
4	0,016	0,08			58	0,033	0,12	7,81	7,13			0,28		
5	0,020	0,08			59	0,037	0,12	8,00	7,24			0,28		
6	0,025	0,08			60	0,041	0,12	8,16	7,50			0,28		
7	0,029	0,08			61	0,004	0,2	3,78	3,60			0,28		
8	0,033	0,08			62	0,008	0,2	4,51	5,64			0,28		
9	0,037	0,08			63	0,012	0,2	5,00	5,84			0,28		
10	0,041	0,08			64	0,016	0,2	5,38	6,14			0,28		
11	0,004	0,12			65	0,020	0,2	5,69	6,25			0,28		
12	0,008	0,12			66	0,025	0,2	5,96	6,58			0,28		
13	0,012	0,12			67	0,029	0,2	6,20	6,21			0,08		
14	0,016	0,12			68	0,033	0,2	6,42	6,39			0,08		
15	0,020	0,12			69	0,037	0,2	6,61	6,41			0,08		
16	0,025	0,12			70	0,041	0,2	6,79	6,80			0,08		
17	0,029	0,12			71	0,004	0,28	2,92	3,17			0,08		
18	0,033	0,12			72	0,008	0,28	3,60	5,20			0,08		
19	0,037	0,12			73	0,012	0,28	4,07	5,41			0,08		
20	0,041	0,12			74	0,016	0,28	4,44	5,65			0,08		
21	0,004	0,2			75	0,020	0,28	4,75	6,21			0,08		
22	0,008	0,2			76	0,025	0,28	5,02	6,46			0,08		
23	0,012	0,2			77	0,029	0,28	5,25	6,13			0,12		
24	0,016	0,2			78	0,033	0,28	5,47	6,29			0,12		
25	0,020	0,2			79	0,037	0,28	5,67	6,26			0,12		
26	0,025	0,2			80	0,041	0,28	5,85	6,57			0,12		
27	0,029	0,2			81	0,004	0,08	6,32	6,79			0,12		
28	0,033	0,2			82	0,008	0,08	7,07	7,93			0,12		
29	0,037	0,2			83	0,012	0,08	7,55	8,44			0,12		
30	0,041	0,2			84	0,016	0,08	7,91	8,57			0,12		
31	0,004	0,28			85	0,020	0,08	8,20	8,81			0,12		
32	0,008	0,28			86	0,025	0,08	8,44	9,45			0,12		
33	0,012	0,28			87	0,029	0,08	8,65	9,02			0,2		
34	0,016	0,28			88	0,033	0,08	8,84	9,68			0,2		
35	0,020	0,28			89	0,037	0,08	9,01	10,00			0,2		
36	0,025	0,28			90	0,041	0,08	9,17	10,31			0,2		
37	0,029	0,28			91	0,004	0,12	5,18	4,29			0,2		
38	0,033	0,28			92	0,008	0,12	5,94	4,91			0,2		
39	0,037	0,28			93	0,012	0,12	6,44	5,67			0,2		
40	0,041	0,28			94	0,016	0,12	6,81	5,81			0,2		
41	0,004	0,08			95	0,020	0,12	7,12	5,93			0,2		
42	0,008	0,08			96	0,025	0,12	7,38	6,38			0,2		
43	0,012	0,08			97	0,029	0,12	7,61	6,31			0,28		
44	0,016	0,08			98	0,033	0,12	7,81	6,41			0,28		
45	0,020	0,08			99	0,037	0,12	8,00	6,56			0,28		
46	0,025	0,08			100	0,041	0,12	8,16	6,65			0,28		
47	0,029	0,08			101	0,004	0,2	3,78	3,14			0,28		
48	0,033	0,08			102	0,008	0,2	4,51	5,13			0,28		
49	0,037	0,08			103	0,012	0,2	5,00	5,56			0,28		
50	0,041	0,08			104	0,016	0,2	5,38	5,62			0,28		
51	0,004	0,12			105	0,020	0,2	5,69	5,51			0,28		
52	0,008	0,12			106	0,025	0,2	5,96	5,75			0,28		
53	0,012	0,12			107	0,029	0,2	6,20	5,59					
54	0,016	0,12			108	0,033	0,2	6,42	5,72					

ولكي نتحقق من مدى تقارب النتائج بين القيم التجريبية والقيم النظرية نقوم بتوزيع النقاط في المنحنى التالي:



الشكل 37 : قيم ارتفاع الماء النسبي التجريبية $Y_{g exp}^*$ بدلالة ارتفاع الماء النسبي $Y_{g TH}^*$ الناتجة من العلاقة (60)

نلاحظ من خلال الشكل 37 أن توزيع النقاط يتكثف على المحور $y = x$ (المنصف الاول) وهذا يدل على تقارب قيم ارتفاع الماء النسبي المستنتجة من العلاقة (60) وقيم ارتفاع الماء النسبي المستنتجة من التجربة وبمعامل ارتباط أكبر من 81% وهي قيمة معبرة جداً حسب جدول Pearson.

ملاحظة : إن المسامية المستعملة في هذه التجارب هي أقل مسامية ممكنة لهذا النوع من الحصى المستعمل كما تم الإشارة إليها في الفقرة (3-4-5) ، وعند تطبيق مسامية أكبر منها فإن النتائج المحصل عليها تبقى مترابطة بينها وبين العلاقة النظرية المقترحة (60) كما في الجدول التالي :

الجدول 33 : تأثير مختلف قيم المسامية ε على مدى إرتباطية العلاقة المقترحة (60) بالنتائج المحصل عليها

المسامية ε %	الخطأ النسبي %	الخطأ المتوسط التربيعي %	معامل التحديد R^2	معامل الارتباط R
0.25	± 3	19	0,664	0,81
0.30	± 1	18	0,666	0,81
0.35	± 5	18	0,666	0,81
0.40	± 7	17	0,666	0,81

من خلال الجدول 33 نلاحظ أنه عند تغير المسامية فإن معامل الارتباط r لا يتغير ويبقى عند القيمة 81 % وهذا يؤشر على أن العلاقة المقترحة مقبولة جداً حسب سلم Pearson ، كما نلاحظ أن الخطأ النسبي يصل إلى القيمة 7 % عند المسامية الكبرى، وهذا الخطأ مقبول نوعاً ما وخاصة في القنوات ذات الارتفاعات الصغيرة.

خلاصة: يمكن أن نقول أن النموذج الرياضي المختار بالعلاقة (60) صالح للاستعمال في الشروط التالية :

- القطر النسبي المستعمل ϕ يتراوح ما بين 0.08 و 0.28
 - تدفق نسبي q_g يتراوح بين 0.004 و 0.041
- حيث تصل قيمة الخطأ النسبي المتوسط إلى $\pm 1\%$ و يصل الخطأ المتوسط التريعي إلى القيمة 19 % .

استنتاج

العلاقة التي تربط بين ارتفاع الماء داخل قناة بوجود الحصى Y_g وارتفاع الماء داخل قناة بدون حصى Y_0 تعطى من

الشكل: (61) *****

حيث : ϕ يمثل القطر النسبي للحصى المستعمل (العلاقة 59)

q_g يمثل التدفق النسبي وله علاقة بالعرض والتدفق المار في القناة ومسامية الحصى (العلاقة 58)

5-6 دراسة السرعة النسبية v_g^* للجريان:

إن المقاطع التي نأخذ منها قياس ارتفاع الماء هي : $L = 0.00\text{ cm}$ ثم $L = 50\text{ cm}$ ثم $L = 100\text{ cm}$ ثم $L = 150\text{ cm}$ وهي نفسها التي نستنتج منها سرعة الجريان.

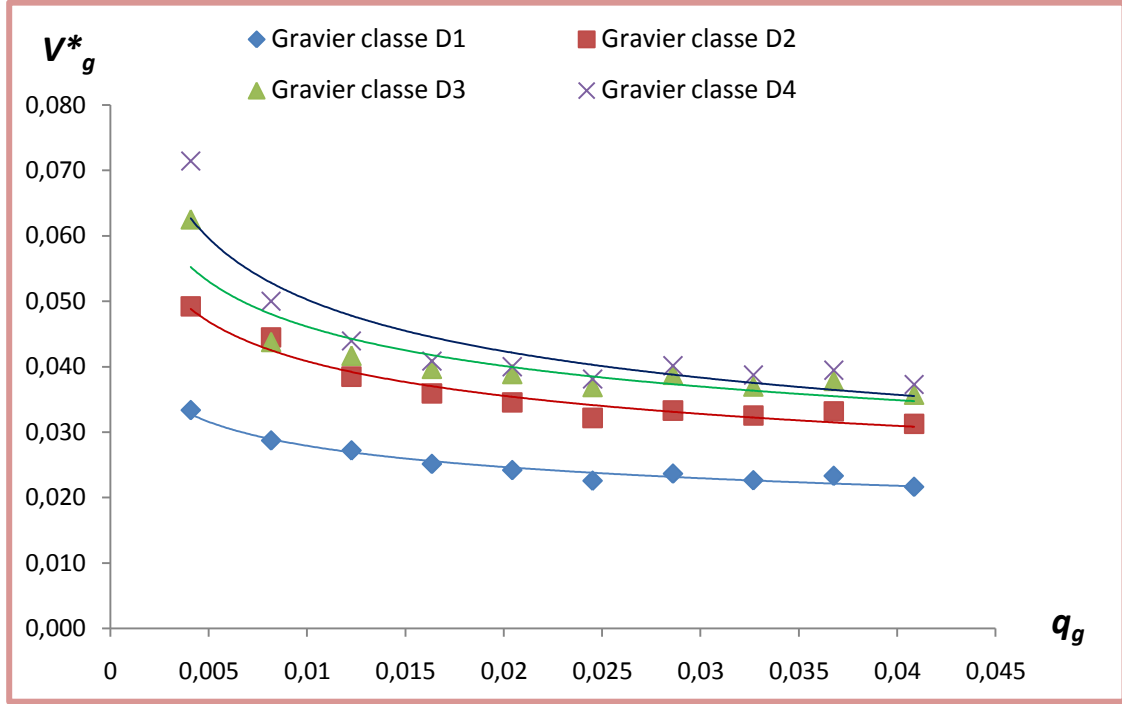
1- 6-5 دراسة السرعة النسبية V_g^* عند $L = 0.00$

يمكن تحديد قيم السرعة عند مدخل العينات بقياس ارتفاع الماء ومعرفة التدفق المار، ثم نضع النتائج في الجدول التالي :

الجدول 34 : يوضح قيم السرعة النسبية V_g^* عند $L = 0.00$ وفي حالة المسامية $\varepsilon = 0.25$

Classe	D_{moy} [mm]	φ	Q [l/s]	q_g	V_0 [m/s]	V_g [m/s]	V_g^*
D1	20	0,08	0,1	0,004	0,067		
	20	0,08	0,2	0,008	0,100		
	20	0,08	0,3	0,012	0,120		
	20	0,08	0,4	0,016	0,143		
	20	0,08	0,5	0,020	0,160		
	20	0,08	0,6	0,025	0,178		
	20	0,08	0,7	0,029	0,181		
	20	0,08	0,8	0,033	0,194		
	20	0,08	0,9	0,037	0,200		
	20	0,08	1	0,041	0,216		
D2	30	0,12	0,1	0,004	0,067		
	30	0,12	0,2	0,008	0,100		
	30	0,12	0,3	0,012	0,120		
	30	0,12	0,4	0,016	0,143		
	30	0,12	0,5	0,020	0,160		
	30	0,12	0,6	0,025	0,178		
	30	0,12	0,7	0,029	0,181		
	30	0,12	0,8	0,033	0,194		
	30	0,12	0,9	0,037	0,200		
	30	0,12	1	0,041	0,216		
D3	50	0,2	0,1	0,004	0,067		
	50	0,2	0,2	0,008	0,100		
	50	0,2	0,3	0,012	0,120		
	50	0,2	0,4	0,016	0,143		
	50	0,2	0,5	0,020	0,160		
	50	0,2	0,6	0,025	0,178		
	50	0,2	0,7	0,029	0,181		
	50	0,2	0,8	0,033	0,194		
	50	0,2	0,9	0,037	0,200		
	50	0,2	1	0,041	0,216		
D4	70	0,28	0,1	0,004	0,067		
	70	0,28	0,2	0,008	0,100		
	70	0,28	0,3	0,012	0,120		
	70	0,28	0,4	0,016	0,143		
	70	0,28	0,5	0,020	0,160		
	70	0,28	0,6	0,025	0,178		
	70	0,28	0,7	0,029	0,181		
	70	0,28	0,8	0,033	0,194		
	70	0,28	0,9	0,037	0,200		
	70	0,28	1	0,041	0,216		

من خلال الجدول يمكن رسم منحنى تغير V_g^* عند $L = 0.00$ cm وبدلالة التدفق النسبي q_g ومسامية $\varepsilon = 0.25$



الشكل 38 : تغيرات السرعة النسبية V_g^* بدلالة التدفق النسبي q_g عند $L = 0.00$ cm وفي حالة المسامية $\varepsilon = 0.25$

من الشكل 38 نلاحظ أنه عند أي قسم من أقسام الحصى فإن السرعة النسبية V_g^* تتناقص بدلالة التدفق النسبي q_g في المجال $q_g = [0.004, 0.016]$ ثم تستقر عند المستوى ثابت في المجال $q_g = [0.016, 0.041]$ ، ونلاحظ أيضاً أن مستويات السرعة النسبية تتقارب أكثر في الأقسام D2 و D3 و D4 وهذا بسبب أن تشكل الفراغات الموجودة في هذه الأقسام متقاربة نوعاً ما أما القسم D1 فنلاحظ أنه يبقى بعيد عن الأقسام الأخرى لذات السبب. ويمكن أن نلاحظ أيضاً من خلال الجدول (34) أن قيم السرعة النسبية V_g^* في المقطع $L = 0.00$ تتراوح بين 0.022 و 0.071.

وباستعمال طريقة المربعات الصغرى يمكن أن نستنتج أن تغيرات V_g^* بدلالة q_g هو دالة من الشكل $y = Ux^{-w}$ ، حيث أن قيم المعاملات U و w و R^2 في الجدول 35 التالي :

الجدول 35 : قيم U و w و R^2 المحصل عليها عند $L = 0.00$ وبدلالة أقسام الحصى المستعمل

أقسام الحصى	U	w	R^2
D1	0,012	0,170	0,96
D2	0,016	0,200	0,95
D3	0,018	0,200	0,83
D4	0,016	0,240	0,85

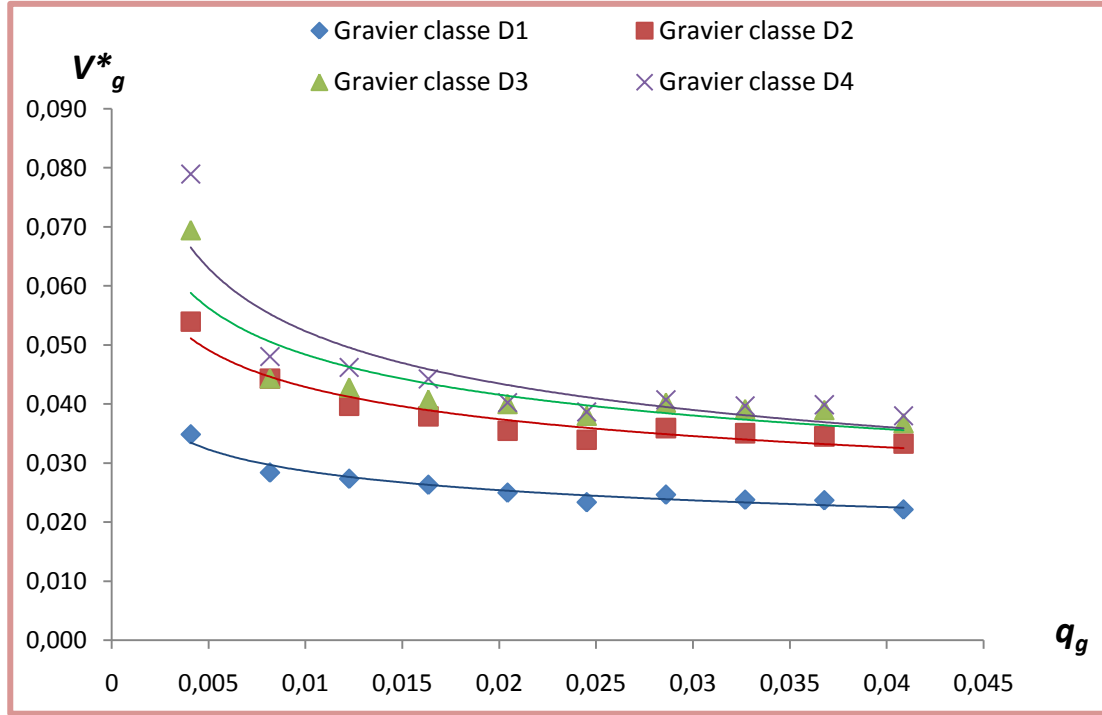
2- 6-5 دراسة السرعة النسبية V_g^* عند $L = 50 \text{ cm}$

عند المسافة $L = 50 \text{ cm}$ نقيس ارتفاع الماء والذي من خلاله ومن خلال التدفق المار يمكن تحديد قيم السرعة

الجدول 36 : يوضح قيم السرعة النسبية V_g^* عند $L = 50 \text{ cm}$ وفي حالة المسامية $\varepsilon = 0.25$

Classe	D_{moy} [mm]	φ	Q [l/s]	q_g	V_0 [m/s]	V_g [m/s]	V_g^*
D1	20	0,08	0,1	0,004	0,067		
	20	0,08	0,2	0,008	0,107		
	20	0,08	0,3	0,012	0,126		
	20	0,08	0,4	0,016	0,145		
	20	0,08	0,5	0,020	0,167		
	20	0,08	0,6	0,025	0,185		
	20	0,08	0,7	0,029	0,187		
	20	0,08	0,8	0,033	0,200		
	20	0,08	0,9	0,037	0,212		
	20	0,08	1	0,041	0,229		
D2	30	0,12	0,1	0,004	0,067		
	30	0,12	0,2	0,008	0,107		
	30	0,12	0,3	0,012	0,126		
	30	0,12	0,4	0,016	0,145		
	30	0,12	0,5	0,020	0,167		
	30	0,12	0,6	0,025	0,185		
	30	0,12	0,7	0,029	0,187		
	30	0,12	0,8	0,033	0,200		
	30	0,12	0,9	0,037	0,212		
	30	0,12	1	0,041	0,229		
D3	50	0,2	0,1	0,004	0,067		
	50	0,2	0,2	0,008	0,107		
	50	0,2	0,3	0,012	0,126		
	50	0,2	0,4	0,016	0,145		
	50	0,2	0,5	0,020	0,167		
	50	0,2	0,6	0,025	0,185		
	50	0,2	0,7	0,029	0,187		
	50	0,2	0,8	0,033	0,200		
	50	0,2	0,9	0,037	0,212		
	50	0,2	1	0,041	0,229		
D4	70	0,28	0,1	0,004	0,067		
	70	0,28	0,2	0,008	0,107		
	70	0,28	0,3	0,012	0,126		
	70	0,28	0,4	0,016	0,145		
	70	0,28	0,5	0,020	0,167		
	70	0,28	0,6	0,025	0,185		
	70	0,28	0,7	0,029	0,187		
	70	0,28	0,8	0,033	0,200		
	70	0,28	0,9	0,037	0,212		
	70	0,28	1	0,041	0,229		

من خلال الجدول يمكن رسم منحنى تغير V_g^* عند $L = 50$ cm وبدلالة التدفق النسبي q_g ذات المسامية $\varepsilon = 0.25$



الشكل 39 : تغيرات السرعة النسبية V_g^* بدلالة التدفق النسبي q_g عند $L = 50$ cm وفي حالة المسامية $\varepsilon = 0.25$

نستطيع أن نلاحظ من الشكل 39 أن القسمين D3 و D4 شبه متطابقين في المجال $q_g = [0.03, 0.04]$ وهذا يؤشر على أن زيادة التدفق لا تؤثر في تغير السرعة النسبية V_g^* وخاصة في الأقطار النسبية ϕ الكبيرة، ونلاحظ أيضا أن قيم السرعة النسبية تتناقص بدلالة التدفق النسبي q_g في المجال $q_g = [0.004, 0.016]$ ثم تستقر عند المستوى ثابت في المجال $q_g = [0.016, 0.041]$. ويمكن أن نلاحظ أيضا من خلال الجدول 36 أن قيم السرعة النسبية V_g^* الدنيا في المقطع $L = 50$ cm تساوي 0.022 عند القسم D1 وعند التدفق النسبي $q_g = 0.041$ أما القيمة العظمى فتساوي 0.079 عند القسم D4 وعند التدفق النسبي $q_g = 0.004$.

وعند استعمال طريقة المربعات الصغرى في تحليل البيانات يمكن أن نلاحظ بأن تغيرات السرعة النسبية V_g^* بدلالة q_g تمثل دالة من الشكل $y = Ux^{-w}$ ، والجدول 37 يوضح قيم المعاملات U و w و R^2 :

الجدول 37 : قيم U و w و R^2 المحصل عليها عند $L = 50$ cm وبدلالة أقسام الحصى المستعمل

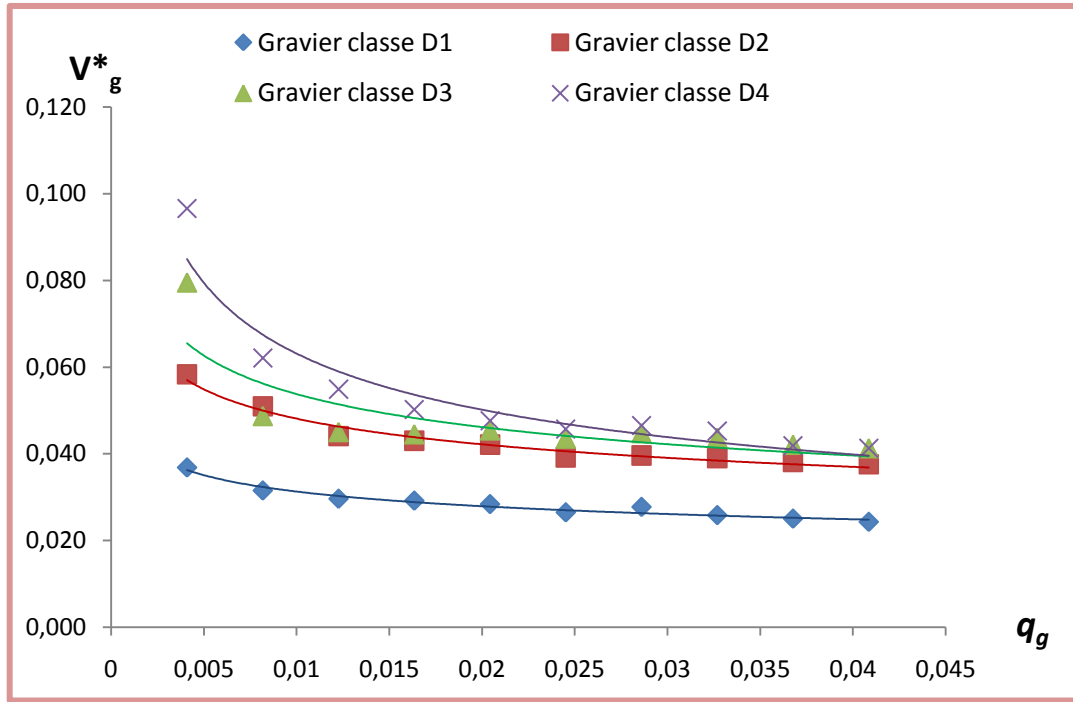
أقسام الحصى	U	w	R^2
D1	0,012	0,170	0,94
D2	0,017	0,190	0,93
D3	0,017	0,210	0,77
D4	0,015	0,260	0,82

3- 6-5 دراسة السرعة النسبية V_g^* عند $L = 100 \text{ cm}$

الجدول 38 : يوضح قيم السرعة النسبية V_g^* عند $L = 100 \text{ cm}$ وفي حالة المسامية $\varepsilon = 0.25$

Classe	D_{moy} [mm]	ϕ	Q [l/s]	q_g	V_0 [m/s]	V_g [m/s]	V_g^*
D1	20	0,08	0,1	0,004	0,071		
	20	0,08	0,2	0,008	0,107		
	20	0,08	0,3	0,012	0,133		
	20	0,08	0,4	0,016	0,152		
	20	0,08	0,5	0,020	0,169		
	20	0,08	0,6	0,025	0,189		
	20	0,08	0,7	0,029	0,193		
	20	0,08	0,8	0,033	0,206		
	20	0,08	0,9	0,037	0,225		
	20	0,08	1	0,041	0,235		
D2	30	0,12	0,1	0,004	0,071		
	30	0,12	0,2	0,008	0,107		
	30	0,12	0,3	0,012	0,133		
	30	0,12	0,4	0,016	0,152		
	30	0,12	0,5	0,020	0,169		
	30	0,12	0,6	0,025	0,189		
	30	0,12	0,7	0,029	0,193		
	30	0,12	0,8	0,033	0,206		
	30	0,12	0,9	0,037	0,225		
	30	0,12	1	0,041	0,235		
D3	50	0,2	0,1	0,004	0,071		
	50	0,2	0,2	0,008	0,107		
	50	0,2	0,3	0,012	0,133		
	50	0,2	0,4	0,016	0,152		
	50	0,2	0,5	0,020	0,169		
	50	0,2	0,6	0,025	0,189		
	50	0,2	0,7	0,029	0,193		
	50	0,2	0,8	0,033	0,206		
	50	0,2	0,9	0,037	0,225		
	50	0,2	1	0,041	0,235		
D4	70	0,28	0,1	0,004	0,071		
	70	0,28	0,2	0,008	0,107		
	70	0,28	0,3	0,012	0,133		
	70	0,28	0,4	0,016	0,152		
	70	0,28	0,5	0,020	0,169		
	70	0,28	0,6	0,025	0,189		
	70	0,28	0,7	0,029	0,193		
	70	0,28	0,8	0,033	0,206		
	70	0,28	0,9	0,037	0,225		
	70	0,28	1	0,041	0,235		

من خلال الجدول يمكن رسم منحنى تغير V_g^* عند $L = 100$ cm وبدلالة التدفق النسبي q_g ذات المسامية $\varepsilon = 0.25$



الشكل 40 : تغيرات السرعة النسبية V_g^* بدلالة التدفق النسبي q_g عند $L = 100$ cm وفي حالة المسامية $\varepsilon = 0.25$

من خلال الشكل 40 نلاحظ أن تغيرات السرعة النسبية V_g^* بدلالة التدفق النسبي q_g تكاد تكون خط مستقيم أفقي خاصة في القسم D1 و D2 وهذا يشير إلى ثبات قيم السرعة النسبية في كامل المجال المدروس للتدفق النسبي q_g ، ونلاحظ أيضاً أن مستويات السرعة النسبية تنطبقان في القسم D3 و D4 وهذا خاصة في التدفقات الكبيرة في المجال [0.033 ، 0.041] بينما يتباعدان في التدفقات الصغيرة. ويمكن أن نلاحظ أيضاً من خلال الجدول 38 أن قيم السرعة النسبية V_g^* في المقطع $L = 100$ cm تتراوح بين 0.024 و 0.097.

وباستعمال طريقة المربعات الصغرى يمكن أن نستنتج أن تغيرات V_g^* بدلالة q_g هو دالة من الشكل $y = Ux^{-w}$ والجدول 39 يبين قيم المعاملات U و w و R^2 كالآتي :

الجدول 39 : قيم U و w و R^2 المحصل عليها عند $L = 100$ cm وبدلالة أقسام الحصى المستعمل

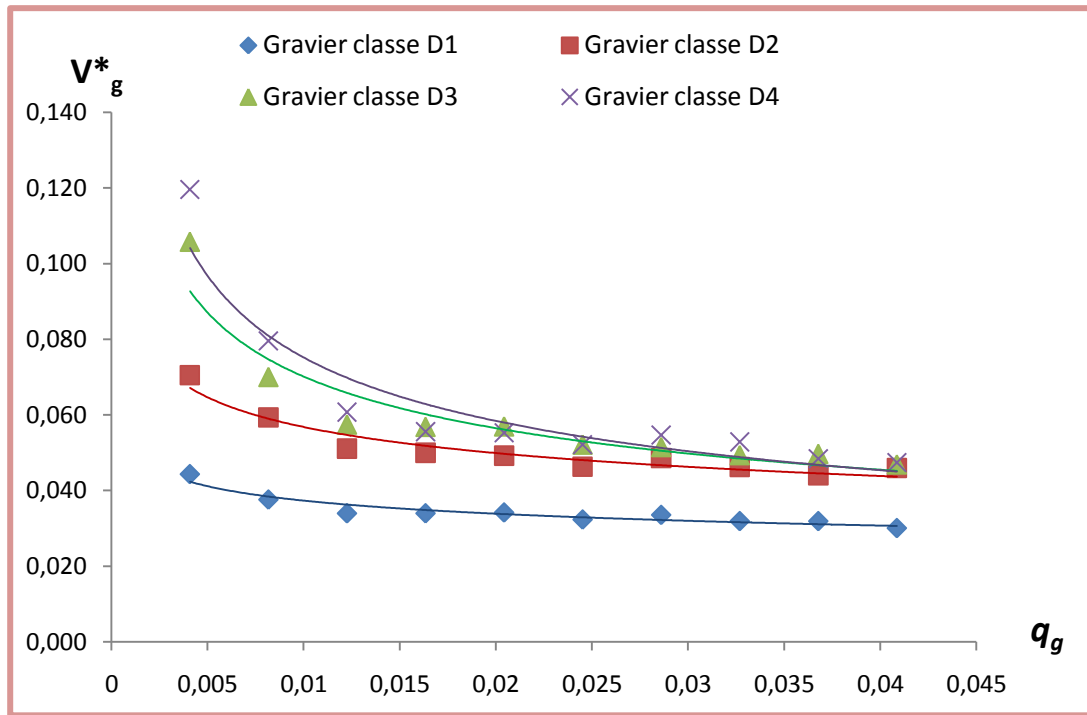
أقسام الحصى	U	w	R^2
D1	0,014	0,160	0,96
D2	0,020	0,190	0,97
D3	0,018	0,230	0,72
D4	0,013	0,330	0,92

4- 6-5 دراسة السرعة النسبية V_g^* عند $L = 150 \text{ cm}$

الجدول 40 : يوضح قيم السرعة النسبية V_g^* عند $L = 150 \text{ cm}$ وفي حالة المسامية $\varepsilon = 0.25$

Classe	D_{moy} [mm]	ϕ	Q [l/s]	q_g	V_0 [m/s]	V_g [m/s]	V_g^*
D1	20	0,08	0,1	0,004	0,073		
	20	0,08	0,2	0,008	0,114		
	20	0,08	0,3	0,012	0,141		
	20	0,08	0,4	0,016	0,160		
	20	0,08	0,5	0,020	0,174		
	20	0,08	0,6	0,025	0,195		
	20	0,08	0,7	0,029	0,200		
	20	0,08	0,8	0,033	0,216		
	20	0,08	0,9	0,037	0,232		
	20	0,08	1	0,041	0,242		
D2	30	0,12	0,1	0,004	0,073		
	30	0,12	0,2	0,008	0,114		
	30	0,12	0,3	0,012	0,141		
	30	0,12	0,4	0,016	0,160		
	30	0,12	0,5	0,020	0,174		
	30	0,12	0,6	0,025	0,195		
	30	0,12	0,7	0,029	0,200		
	30	0,12	0,8	0,033	0,216		
	30	0,12	0,9	0,037	0,232		
	30	0,12	1	0,041	0,242		
D3	50	0,2	0,1	0,004	0,073		
	50	0,2	0,2	0,008	0,114		
	50	0,2	0,3	0,012	0,141		
	50	0,2	0,4	0,016	0,160		
	50	0,2	0,5	0,020	0,174		
	50	0,2	0,6	0,025	0,195		
	50	0,2	0,7	0,029	0,200		
	50	0,2	0,8	0,033	0,216		
	50	0,2	0,9	0,037	0,232		
	50	0,2	1	0,041	0,242		
D4	70	0,28	0,1	0,004	0,073		
	70	0,28	0,2	0,008	0,114		
	70	0,28	0,3	0,012	0,141		
	70	0,28	0,4	0,016	0,160		
	70	0,28	0,5	0,020	0,174		
	70	0,28	0,6	0,025	0,195		
	70	0,28	0,7	0,029	0,200		
	70	0,28	0,8	0,033	0,216		
	70	0,28	0,9	0,037	0,232		
	70	0,28	1	0,041	0,242		

من خلال الجدول يمكن رسم منحنى تغير V_g^* عند $L = 150 \text{ cm}$ وبدلالة التدفق النسبي q_g ذات المسامية $\varepsilon = 0.25$



الشكل 41 : تغيرات السرعة النسبية V_g^* بدلالة التدفق النسبي q_g عند $L = 150 \text{ cm}$ وفي حالة المسامية $\varepsilon = 0.25$

في الجدول 40 نلاحظ أن السرعة النسبية تتغير من 0.03 إلى 0.12 وهي قيم تختلف عن المقطع السابق وهذا راجع للضياع في الحمولة الناتجة عن جريان الماء في الوسط المسامي، كما يمكن أن نستنتج من الشكل 41 أن منحنيات تغير السرعة النسبية V_g^* بدلالة التدفق النسبي q_g تتقارب بشكل كبير وذلك في الأقسام الحصى D2 و D3 و D4 مما يدل على أن السرعة النسبية لا تتغير بعد مسافة معينة وخاصة في الحصى الكبير والتدفقات الكبيرة، بينما في القسم D1 فإن تغير السرعة النسبية يبقى معتبر إلى حد ما.

كما نلاحظ أن هذا التغير يأخذ دالة من الشكل $y = Ux^{-w}$ ، وذلك باستعمال طريقة المربعات الصغرى في تحليل النتائج والبيانات والجدول 41 يشير إلى قيم المعاملات U و w كما يلي :

الجدول 41 : قيم U و w و R^2 المحصل عليها عند $L = 150 \text{ cm}$ وبدلالة أقسام الحصى المستعمل

أقسام الحصى	U	w	R^2
D1	0,019	0,140	0,90
D2	0,024	0,180	0,92
D3	0,016	0,310	0,90
D4	0,014	0,360	0,90

الدراسة التحليلية للنتائج :

مما سبق يمكن أن نستنتج ما يلي :

- تتغير السرعة النسبية الحقيقية دخل القناة في جميع هذه التجارب في المجال [0.022 ، 0.120] بدلالة تدفق نسبي يتراوح بين 0.004 و 0.041 وذلك عند أربعة مقاطع تتباعد فيما بينها بمسافة 50 cm .
- كلما زادت قيمة التدفق النسبي q_g قل تأثيره على تغيرات السرعة النسبية الحقيقية V_g^* وخاصة في الأقطار النسبية الكبيرة.
- كلما زادت قيم الأقطار النسبية للحصى زادت قيم السرعة النسبية الحقيقية V_g^* ونلاحظ هذا خاصة عندما تزيد المسافة، ويمكن توضيح ذلك في الجدول التالي :

الجدول 42 : القيم الدنيا والعظمى للسرعة النسبية V_g^* في كل المقاطع المدروسة

ولجميع أقسام الحصى المستعمل وفي حالة المسامية $\varepsilon = 0.25$

قسم الحصى المستعمل		D1		D2		D3		D4	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
مسافة المقطع L	L = 0.00	0,022	0,033	0,031	0,049	0,036	0,063	0,037	0,071
	L = 50 cm	0,022	0,035	0,033	0,054	0,037	0,069	0,038	0,079
	L = 100 cm	0,024	0,037	0,038	0,058	0,041	0,080	0,041	0,097
	L = 150 cm	0,030	0,044	0,044	0,082	0,047	0,102	0,047	0,120

فإذا قمنا بملاحظة الفارق بين قيم السرعة الكبرى وقيم السرعة الصغرى عند كل قسم من أقسام الحصى المستعمل أي في الاتجاه الأفقي للجدول فمثلاً عند المقطع $L = 0.00$ فإننا نلاحظ أن قيمة الفرق عند القسم D1 تساوي 0.011 وعند القسم D2 ترتفع نوعاً ما لتصل للقيمة 0.018 أما عند القسم D3 فقد زادت القيمة إلى 0.027 وفي القسم D4 فقد وصلت قيمة الفرق إلى 0.034 هذا من جهة، وأما في الاتجاه العمودي للجدول فإننا نلاحظ نفس الشيء ولكن بشكل أبطء من الاتجاه الأفقي، وبالتالي يمكن القول أنه كلما زاد حجم الحصى المستعمل زادت قيم السرعة النسبية في كل مقاطع القناة، أي أنه من أجل تحسين سرعة الجريان في الوسط المسامي (أي الاقتراب من السرعة في حالة القناة بدون حصى) فإنه يكفي من أن نزيد في حجم الحصى.

- وعند استعمال طريقة المربعات الصغرى في تحليل البيانات وجد أن كل منحنيات تغير V_g^* بدلالة q_g في كل المقاطع هي دالة من الشكل $y = Ux^{-w}$ ، وبمعامل تحديد R^2 يتراوح بين 0.72 و 0.97 حيث تعتبر هذه القيم مقبولة جداً .

ولأجل تحديد قيم موحدة للمعاملات U و w لكل المقاطع المدروسة ولكل أقسام الحصى المستعملة فإننا نأخذ القيم المتوسطة لكل قسم عند كل مقطع كما في الجدول التالي :

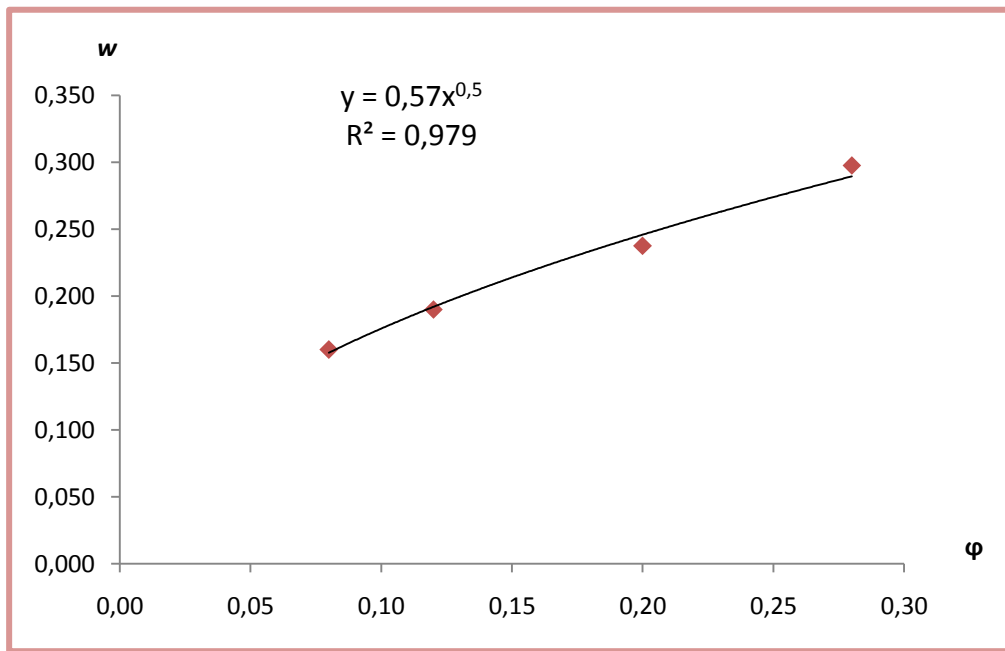
الجدول 43 : القيم المتوسطة للمعاملات U و w في كل المقاطع المدروسة ولجميع أقسام الحصى المستعمل

المقطع	القطر النسبي φ	U_{moy}	w_{moy}
L = 0.00	0,08	0,014	0,160
L = 50 cm	0,12	0,019	0,190
L = 100 cm	0,20	0,017	0,238
L = 150 cm	0,28	0,015	0,298

نلاحظ من خلال الجدول 43 ما يلي :

- إن قيم U مضطربة بالنسبة لتزايد قيم القطر النسبي φ ، فمن أجل الوصول إلى قيمة محددة للمعامل U يمكن أخذ القيمة المتوسطة كقيمة موحدة لكل التجارب أي $U_{moy} = 0.017$.

- نلاحظ أن المعامل w يتزايد كلما زاد φ ويمكن توضيح ذلك برسم المنحنى $w_{moy} = f(\varphi)$ في الشكل 42



الشكل 42 : منحنى تغير المعامل w بدلالة القطر النسبي φ

في الشكل 42 نلاحظ أن المعامل w_{moy} يتزايد بدلالة زيادة القطر النسبي φ في المجال $[0.08, 0.28]$ ، و باستعمال طريقة المربعات الصغرى في تحليل البيانات يمكن أن نلاحظ أن خط التوجيه من الشكل $w = 0.57\sqrt{\varphi}$ كما نلاحظ أن معامل التحديد R^2 يقترب من القيمة 0.98 وتدل هذه القيمة على أن اختيار هذه الدالة لخط التوجيه مناسب جداً. و باستعمال هذه القيم المستنتجة من خلال هذا التحليل للبيانات يمكن أن نستنتج أن تغير السرعة النسبية الحقيقية V_g^* بدلالة التدفق النسبي q_g والقطر النسبي للحصى φ نظرياً هو دالة متزايدة من الشكل :

$$***** (62) *$$

حيث :

$V_{g TH}^*$: السرعة النسبية الحقيقية النظرية (وهو يمثل قيمة السرعة الحقيقية في حالة وجود الحصى على قيمة السرعة الحقيقية لنفس القناة قبل وجود الحصى)

φ : القطر النسبي - انظر العلاقة (59)

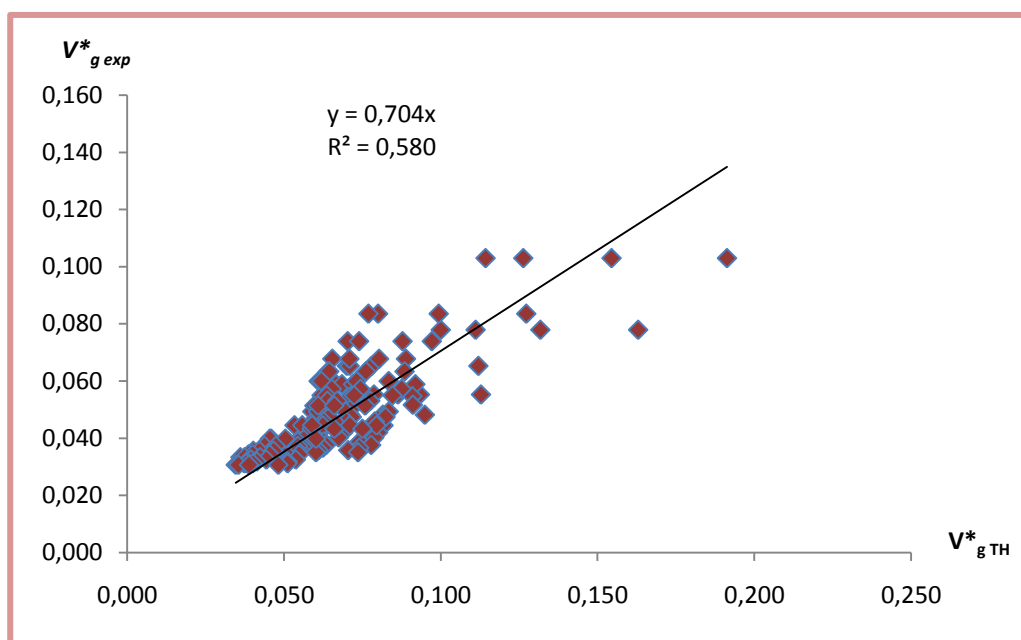
q_g : التدفق النسبي المار في القناة في حالة وجود الحجارة - انظر العلاقة (58)

وللتأكد من صلاحية العلاقة الرياضية (62) المتحصل عليها وضعنا مقارنة بين 160 قيمة للسرعة النسبية الحقيقية والمتحصل عليها نظرياً باستعمال العلاقة (62) وقيم أخرى متحصل عليها تجريبياً من خلال التجارب المذكورة في هذا الفصل والجدول التالي يبين النتائج:

الجدول 44 : قيم السرعة النسبية التجريبية $V_{g\ exp}^*$ وقيم السرعة النسبية النظرية $V_{g\ TH}^*$ وفي حالة المسامية $\varepsilon = 0.25$

N°	q_g	φ	$V_{g\ TH}^*$	$V_{g\ exp}^*$	N°	q_g	φ	$V_{g\ TH}^*$	$V_{g\ exp}^*$	N°	q_g	φ	$V_{g\ TH}^*$	$V_{g\ exp}^*$
1	0,004	0,08			55	0,020	0,12			109	0,037	0,2		
2	0,008	0,08			56	0,025	0,12			110	0,041	0,2		
3	0,012	0,08			57	0,029	0,12			111	0,004	0,28		
4	0,016	0,08			58	0,033	0,12			112	0,008	0,28		
5	0,020	0,08			59	0,037	0,12			113	0,012	0,28		
6	0,025	0,08			60	0,041	0,12			114	0,016	0,28		
7	0,029	0,08			61	0,004	0,2			115	0,020	0,28		
8	0,033	0,08			62	0,008	0,2			116	0,025	0,28		
9	0,037	0,08			63	0,012	0,2			117	0,029	0,28		
10	0,041	0,08			64	0,016	0,2			118	0,033	0,28		
11	0,004	0,12			65	0,020	0,2			119	0,037	0,28		
12	0,008	0,12			66	0,025	0,2			120	0,041	0,28		
13	0,012	0,12			67	0,029	0,2			121	0,004	0,08		
14	0,016	0,12			68	0,033	0,2			122	0,008	0,08		
15	0,020	0,12			69	0,037	0,2			123	0,012	0,08		
16	0,025	0,12			70	0,041	0,2			124	0,016	0,08		
17	0,029	0,12			71	0,004	0,28			125	0,020	0,08		
18	0,033	0,12			72	0,008	0,28			126	0,025	0,08		
19	0,037	0,12			73	0,012	0,28			127	0,029	0,08		
20	0,041	0,12			74	0,016	0,28			128	0,033	0,08		
21	0,004	0,2			75	0,020	0,28			129	0,037	0,08		
22	0,008	0,2			76	0,025	0,28			130	0,041	0,08		
23	0,012	0,2			77	0,029	0,28			131	0,004	0,12		
24	0,016	0,2			78	0,033	0,28			132	0,008	0,12		
25	0,020	0,2			79	0,037	0,28			133	0,012	0,12		
26	0,025	0,2			80	0,041	0,28			134	0,016	0,12		
27	0,029	0,2			81	0,004	0,08			135	0,020	0,12		
28	0,033	0,2			82	0,008	0,08			136	0,025	0,12		
29	0,037	0,2			83	0,012	0,08			137	0,029	0,12		
30	0,041	0,2			84	0,016	0,08			138	0,033	0,12		
31	0,004	0,28			85	0,020	0,08			139	0,037	0,12		
32	0,008	0,28			86	0,025	0,08			140	0,041	0,12		
33	0,012	0,28			87	0,029	0,08			141	0,004	0,2		
34	0,016	0,28			88	0,033	0,08			142	0,008	0,2		
35	0,020	0,28			89	0,037	0,08			143	0,012	0,2		
36	0,025	0,28			90	0,041	0,08			144	0,016	0,2		
37	0,029	0,28			91	0,004	0,12			145	0,020	0,2		
38	0,033	0,28			92	0,008	0,12			146	0,025	0,2		
39	0,037	0,28			93	0,012	0,12			147	0,029	0,2		
40	0,041	0,28			94	0,016	0,12			148	0,033	0,2		
41	0,004	0,08			95	0,020	0,12			149	0,037	0,2		
42	0,008	0,08			96	0,025	0,12			150	0,041	0,2		
43	0,012	0,08			97	0,029	0,12			151	0,004	0,28		
44	0,016	0,08			98	0,033	0,12			152	0,008	0,28		
45	0,020	0,08			99	0,037	0,12			153	0,012	0,28		
46	0,025	0,08			100	0,041	0,12			154	0,016	0,28		
47	0,029	0,08			101	0,004	0,2			155	0,020	0,28		
48	0,033	0,08			102	0,008	0,2			156	0,025	0,28		
49	0,037	0,08			103	0,012	0,2			157	0,029	0,28		
50	0,041	0,08			104	0,016	0,2			158	0,033	0,28		
51	0,004	0,12			105	0,020	0,2			159	0,037	0,28		
52	0,008	0,12			106	0,025	0,2			160	0,041	0,28		
53	0,012	0,12			107	0,029	0,2							
54	0,016	0,12			108	0,033	0,2							

ولكي نتحقق من مدى تقارب النتائج بين القيم التجريبية والقيم النظرية نقوم بتوزيع النقاط في المنحنى التالي:



الشكل 43 : قيم السرعة النسبية التجريبية $V_{g\ exp}^*$ بدلالة السرعة النسبية النظرية $V_{g\ TH}^*$ الناتجة من العلاقة (62)

نلاحظ من خلال الشكل 43 أن توزيع النقاط تتكشف على المحور $y = x$ (المنصف الأول) وهذا يدل على تقارب قيم ارتفاع الماء النسبي المستنتجة من العلاقة 62 وقيم ارتفاع الماء النسبي المستنتجة من التجربة وبمعامل ارتباط أكبر من 76% وهي قيمة معبرة جداً حسب جدول Pearson.

ملاحظة : إن المسامية المستعملة في هذه التجارب هي أقل مسامية ممكنة لهذا النوع من الحصى المستعمل كما تم الإشارة إليها في الفقرة (3-4-5) ، وعند تطبيق مسامية أكبر منها فإن النتائج المحصل عليها تزداد تحسن وترابط بينها وبين العلاقة النظرية المقترحة (62) كما في الجدول التالي :

الجدول 45 : تأثير مختلف قيم المسامية ε على مدى إرتباطية العلاقة المقترحة (62) بالنتائج المحصل عليها

المسامية ε %	الخطأ النسبي %	الخطأ المتوسط التربيعي %	معامل التحديد R^2	معامل الارتباط r
0.25	± 6	18	0,554	0,74
0.30	± 8	16	0,566	0,75
0.35	± 18	14	0,574	0,76
0.40	± 26	13	0,580	0,76

من خلال الجدول 45 نلاحظ أنه عند تغير المسامية فإن معامل الارتباط r يبقى عند قيم مقبولة نوع ما تتراوح بين القيمة 74 % و 76 % وهذا يؤشر على أن العلاقة المقترحة مقبولة حسب سلم Pearson، كما نلاحظ أن الخطأ النسبي يصل إلى $\pm 26\%$ عند المسامية الكبرى، وهذا الخطأ غير مقبول في السرعات الكبيرة ومقبول نوعاً ما في السرعات الصغيرة .

خلاصة: يمكن أن نقول أن النموذج الرياضي المختار بالعلاقة 62 صالح للاستعمال في الشروط التالية :

• القطر النسبي المستعمل ϕ يتراوح ما بين 0.08 و 0.28

• تدفق نسبي q_g يتراوح بين 0.004 و 0.041

حيث تصل قيمة الخطأ النسبي المتوسط إلى $\pm 6\%$ و يصل الخطأ المتوسط التربيعي إلى القيمة 18 % .

استنتاج

العلاقة التي تربط بين سرعة الجريان داخل قناة بوجود الحصى V_g وسرعة الجريان داخل القناة بدون حصى V_0

تعطى من الشكل: (63) *****

حيث : ϕ يمثل القطر النسبي للحصى المستعمل (العلاقة 59)

q_g يمثل التدفق النسبي وله علاقة بالعرض والتدفق المار في القناة ومسامية الحصى (العلاقة 58)

خلاصة: نستنتج مما سبق أنه إذا قمنا بملء أي قناة بحجارة ذات أبعاد معلومة فإن ارتفاع الماء والسرعة الحقيقية للجريان

ذو السطح الحر سوف يتغيران بالعلاقة التالية : (64) $X = a \cdot b \cdot X_0$

حيث X تمثل السرعة أو ارتفاع الماء في الوسط المسامي و X_0 تمثل السرعة أو ارتفاع الماء في الوسط الحر (بدون حجارة)

a و b : معاملان يعطيان حسب الجدول 46 التالي :

الجدول 46 : قيم المعاملان a و b في العلاقة (64)

العلاقة	المعامل	الحالة
0.017	a	السرعة
*****	b	
العلاقة	المعامل	الحالة
15.35	a	ارتفاع الماء
*****	b	

الفصل

الأساليب



تأكيد النتائج المحصل عليها ومقارنتها بالحل المقترح

الفصل السادس

تأكيد النتائج المحصل عليها ومقارنتها بالحل المقترح

بعدها توصلنا في الفصل الرابع لنتائج تجريبية لتأثير نبات القصب على خصائص الجريان، فإنه من الضروري التأكد من هذه النتائج بأخرى ذات قيم حقيقية من خلال دراسة ميدانية لتأثير القصب على قناة مفتوحة.

أما بالنسبة للحل المقترح فإننا سنجري مقارنة بين النتائج المحصل عليها في الفصل الخامس والخاصة بالحل المقترح بأخرى مستنتجة من خلال دراسة تغيرات خصائص الجريان بوجود نبات القصب المذكورة في الفصل الرابع، وذلك قصد معرفة إمكانية تطبيق هذا الحل على أرض الواقع.

إن إجراء عملية التأكيد على النتائج أو مقارنتها يتم من خلال النماذج الرياضية المحصل عليها، ومن خلال القيم الحقيقية المأخوذة من الواقع في الدراسة الميدانية والتي سنشرح خطواتها لاحقاً، لكن نشير إلى أن أي دراسة ميدانية تختلف نوعاً ما عن الدراسة التجريبية في المخبر وذلك من عدة أوجه، فمثلاً تحديد بعض القيم في التجارب المخبرية لا يكون متاحاً في التجارب الميدانية فعلى سبيل المثال تحديد الكثافة أو قطر سيقان القصب يمكن اختياره وتحديد قيمته في المخبر بينما في الواقع فإنه يفرض علينا وبقيم مختلفة، لذلك سوف نأخذ متوسط القيم الموجودة في الواقع ومقارنتها بمشاكلها الموجودة في المخبر هذا من جهة، ومن جهة أخرى هناك عوامل طبيعية موجودة في الواقع تختلف عن الموجودة في المخبر فمثلاً درجة الحرارة أو الرياح اللذان قد يلعبان دور في اختلاف نتائج المخبر والميدان.

لقد تم اختيار القناة التي ستجرى عليها الدراسة بعناية، وذلك من اجل سهولة وضع الأجهزة وحمايتها وقصد التمكين من أخذ قياسات حقيقية ومضبوطة، حيث تمت الدراسة كما يلي :

6-1 دراسة ميدانية لتأثير نبات القصب على خصائص الجريان :



صورة 39 : القناة التي أجريت عليها التجارب الميدانية - ورقلة



صورة 40 : إعداد محطة القياس



صورة 41 : قياس ارتفاع الماء بعد قطع عدد معين من القصب

أجريت هذه الدراسة على قناة تصريف فلاحية موجودة في المستثمرة الفلاحية التابعة لجامعة ورقلة (صورة 39)، وتعرف هذه القناة نمو كثيف للقصب كباقي القنوات وبعد أخذ مجموعة من القياسات الهندسية استطعنا تحديد بعض القيم الخاصة بأبعادها حيث يبلغ متوسط عرضها 1.90 m ومتوسط عمقها 1.20 m أما الطول فقد اخترنا مسافة 10 أمتار وذلك من أجل أخذ قيم متكافئة ومتوازنة لكثافة

القصب، أما ميلها فيبلغ 4 % وبعد عملية قطع وحساب عدد سيقان القصب كانت الكثافة المتوسطة قبل بداية الدراسة تقدر بـ 4090 وحدة لكل 1 متر مربع، أما القطر المتوسط فيبلغ 4 mm.

وتمت الدراسة بإنشاء محطة للقياس في نهاية هذه القناة (صورة 40) حيث تم إعداد جدران وأسفل القناة باستعمال الخرسانة وهذا من أجل ضبط القراءات ومن أجل وضع جهاز قياس التدفق والمتمثل في هدار مثلث بجدران نحيفة.

ولمعرفة ارتفاع الماء تم وضع مسطرة (صورة 41)، وبعد ضبط كل الأجهزة تمت عملية قص سيقان القصب من جذوره ومن ثم نقيس في كل مرحلة من مراحل التجربة (10 عمليات قص) نأخذ القيم التالية: كثافة القصب، القطر المتوسط للسيقان، ارتفاع الماء، تدفق الجريان.

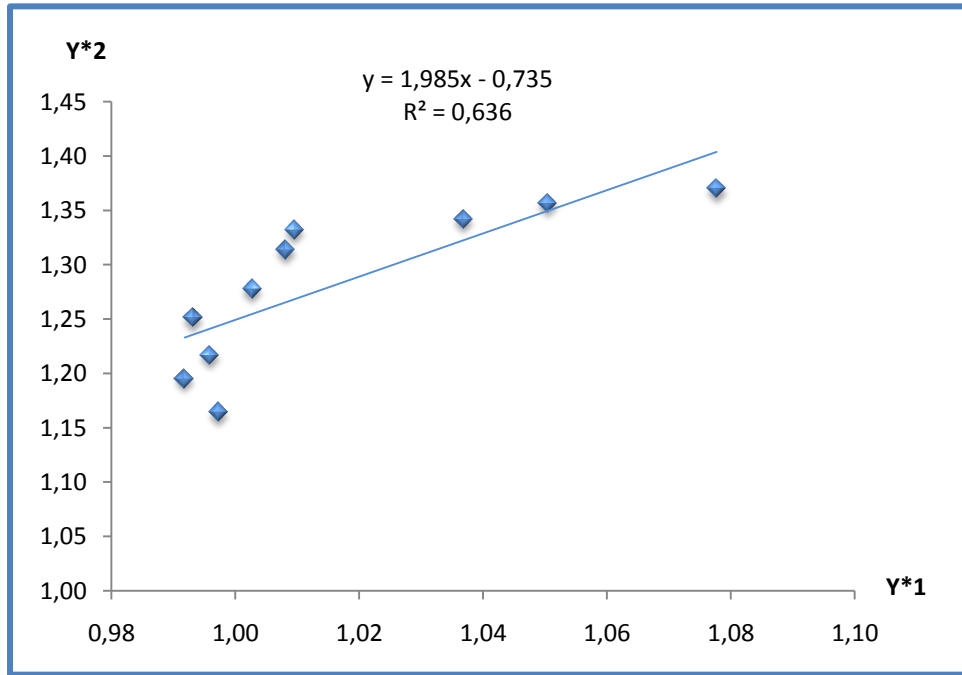
وبمعرفة ارتفاع الماء والتدفق نستطيع معرفة سرعة الجريان ومعامل الخشونة المناسبة لكل كثافة، وهي الخصائص المعنية بالدراسة في الفصل الرابع.

2-6 التأكيد من نتائج تأثير الأعشاب على ارتفاع الماء:

من أجل التأكيد من نتائج ارتفاع الماء في القنوات المعشوشبة نضع Y_1^* حيث تمثل الارتفاع النسبي للماء حسب النموذج الرياضي (41) المقترح في الفصل الرابع، و Y_2^* تمثل ارتفاع الماء النسبي حسب نتائج الدراسة الميدانية وكانت النتائج كما في الجدول 47 التالي :

الجدول 47 : قيم Y_1^* و Y_2^* المحصل عليها من نتائج الدراسة المخبرية والدراسة الميدانية

رقم التجربة	Q (l/s)	Ø (cm)	N (U/dcm ²)	B (cm)	ω	q (x10 ⁻⁵)	Y ₁ [*]	Y ₂ [*]
1	1,13	0,4	122	190	0,74	7,23	1,37	1,08
2	1,41	0,4	115	190	0,76	9,03	1,36	1,05
3	1,63	0,4	109	190	0,77	10,45	1,34	1,04
4	2,08	0,4	104	190	0,78	13,33	1,33	1,01
5	2,13	0,4	99	190	0,79	13,68	1,31	1,01
6	2,24	0,4	88	190	0,81	14,39	1,28	1,00
7	2,47	0,4	79	190	0,83	15,87	1,25	0,99
8	2,39	0,4	69	190	0,85	15,30	1,22	1,00
9	2,47	0,4	62	190	0,87	15,83	1,20	0,99
10	2,35	0,4	52	190	0,89	15,08	1,16	1,00



الشكل 44 : مقارنة Y_2^* المستنتجة من الدراسة الميدانية بدلالة Y_1^* المستنتجة من العلاقة (41)

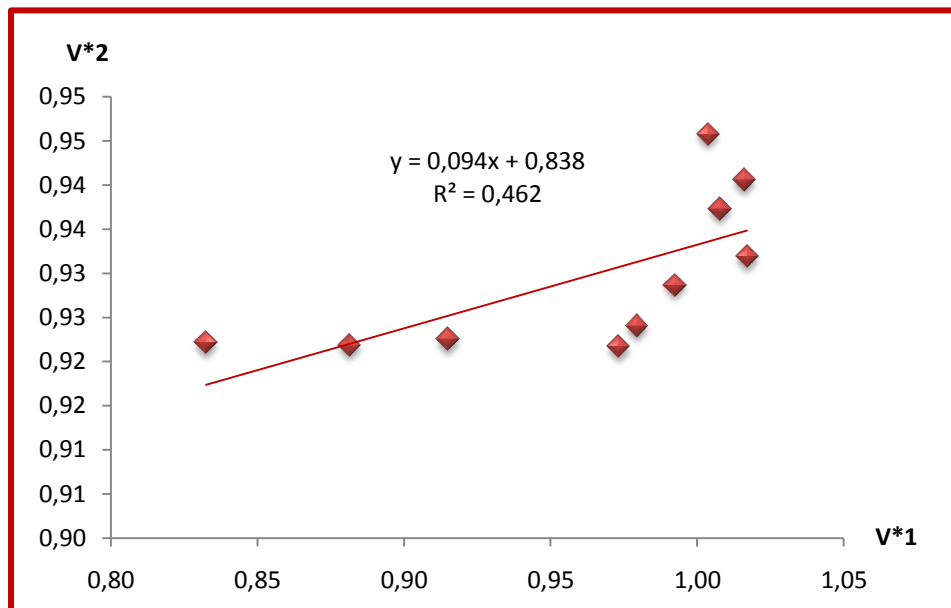
نتيجة : من خلال الجدول 47 والمنحنى (الشكل 44) نستطيع أن نستنتج أن العلاقة (41) مؤكدة، وذلك بمعامل ارتباط يزيد عن 80 % مع نتائج الدراسة الميدانية ذات القيم الحقيقية وذلك بعد حساب الخطأ النسبي المتوسط بين هذه العلاقة والنتائج الميدانية حيث يقدر بـ $21 \pm$ % وهذا الخطأ النسبي المعتبر راجع بسبب مجال تطبيق النموذج الرياضي (41) المقترح في الدراسة المخبرية والذي لا يشمل قيم q و θ في هذه الدراسة الميدانية، وبواسطة دراسة أوسع نستطيع أن نعمم هذا المجال أكثر مما ذكر في هذه الأطروحة. أما الخطأ المتوسط التريبي فبلغ قيمته 3 %،

3-6 التأكيد من نتائج تأثير الأعشاب على سرعة الجريان:

من أجل التأكيد من نتائج سرعة الجريان في القنوات المعشوشبة نضع V_1^* والتي تمثل السرعة النسبية للجريان حسب النموذج الرياضي (43) المقترح في الفصل الرابع، و V_2^* التي تمثل السرعة النسبية للجريان حسب نتائج الدراسة الميدانية وكانت النتائج كما في الجدول 48 التالي :

الجدول 48 : قيم V_1^* و V_2^* المحصل عليها من نتائج الدراسة المخبرية والدراسة الميدانية

رقم التجربة	Q (l/s)	ϕ (cm)	N (U/dcm ²)	B (cm)	ω	q (x10 ⁻⁵)	V_1^*	V_2^*
1	1,13	0,4	122	190	0,74	7,23		
2	1,41	0,4	115	190	0,76	9,03		
3	1,63	0,4	109	190	0,77	10,45		
4	2,08	0,4	104	190	0,78	13,33		
5	2,13	0,4	99	190	0,79	13,68		
6	2,24	0,4	88	190	0,81	14,39		
7	2,47	0,4	79	190	0,83	15,87		
8	2,39	0,4	69	190	0,85	15,30		
9	2,47	0,4	62	190	0,87	15,83		
10	2,35	0,4	52	190	0,89	15,08		



الشكل 45 : مقارنة V_2^* المستنتجة من الدراسة الميدانية بدلالة V_1^* المستنتجة من العلاقة (43)

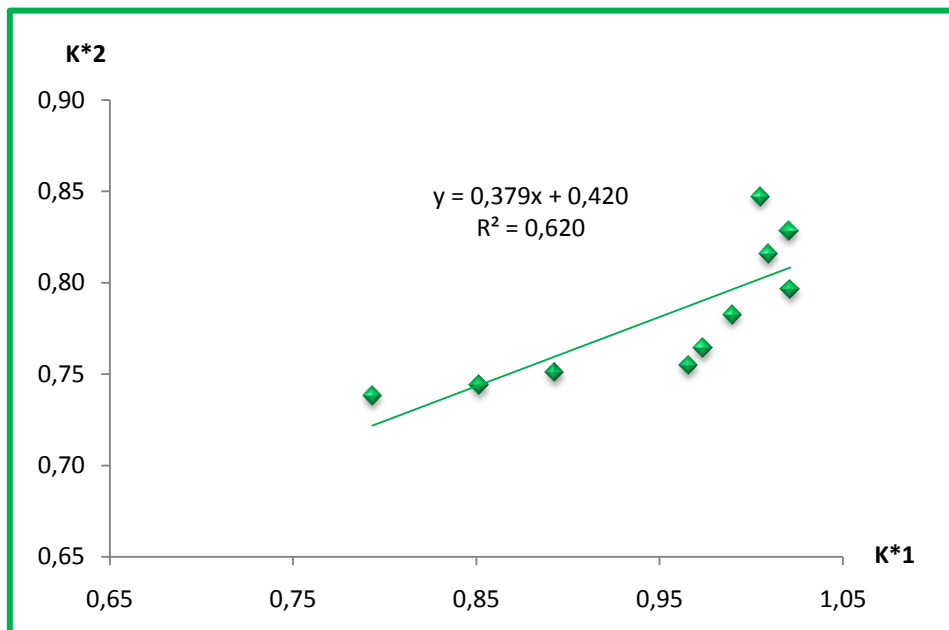
نتيجة : من خلال الجدول 48 والمنحنى (الشكل 45) نستطيع أن نستنتج أن العلاقة (43) مؤكدة وذلك بعد حساب معامل الارتباط الذي يقدر بـ 68 % بين النتائج الدراسة الميدانية ذات القيم الحقيقية والنتائج النظرية، أما الخطأ النسبي المتوسط فيبلغ القيمة $6 \pm$ % ويقدر الخطأ المتوسط التريبيعي بالقيمة 6 %، وهذا في المجال المدروس لكثافة القصب بين 1.6 % و 4.2 %، ونشير أيضاً إلى أن مجال تطبيق النموذج الرياضي (43) لا يشمل قيم التجربة الميدانية مما يعطينا إمكانية توسيع هذا المجال.

6-4 التأكيد من نتائج تأثير الأعشاب على معامل الخشونة :

ومن أجل التأكيد من نتائج معامل الخشونة حسب علاقة Strickler في القنوات المعشوشبة نضع K_1^* حيث يمثل معامل الخشونة النسبي حسب النموذج الرياضي (45) المقترح في الفصل الرابع و K_2^* يمثل معامل الخشونة النسبي من خلال الدراسة الميدانية و كانت النتائج كما يلي :

الجدول 49 : قيم K_1^* و K_2^* المحصل عليها من نتائج الدراسة المخبرية والدراسة الميدانية

رقم التجربة	Q (l/s)	Ø (cm)	N (U/dcm ²)	B (cm)	ω	q (x10 ⁻⁵)	K_1^*	K_2^*
1	1,13	0,4	122	190	0,74	7,23		
2	1,41	0,4	115	190	0,76	9,03		
3	1,63	0,4	109	190	0,77	10,45		
4	2,08	0,4	104	190	0,78	13,33		
5	2,13	0,4	99	190	0,79	13,68		
6	2,24	0,4	88	190	0,81	14,39		
7	2,47	0,4	79	190	0,83	15,87		
8	2,39	0,4	69	190	0,85	15,30		
9	2,47	0,4	62	190	0,87	15,83		
10	2,35	0,4	52	190	0,89	15,08		



الشكل 46 : مقارنة K_2^* المستنتج من الدراسة الميدانية بدلالة K_1^* المستنتج من العلاقة (45)

نتيجة : من خلال الجدول 49 والشكل 46 نستطيع أن نقول أن العلاقة (45) مؤكدة، وذلك بعد حساب معامل الارتباط والذي يزيد عن 78 % أما الخطأ النسبي المتوسط بين هذه العلاقة والنتائج الميدانية فتبلغ قيمته $\pm 22\%$ وهو خطأ معتبر نوعاً ما وذلك بسبب القيم المختارة للكثافة النسبية للقصب في التجربة الميدانية تفوق قيم المجال المدروس في الدراسة المخبرية (بين 1.6 % و 4.2 %) ويقدر الخطأ المتوسط التربيعي بالقيمة 6 % وهي قيمة مقبولة.

ملاحظة :

من أجل الزيادة في تأكيد هذه النتائج فإننا قد أشرنا في الفصل الثاني في الفقرة 2 - 12 أن الباحث *Gantcharov* وجد أن معامل الخشونة حسب *Manning* في الحالة المعشوشبة يفوق في بعض الحالات 7 أضعاف من الحالة الابتدائية، وبما أننا ندرس في معامل الخشونة حسب *Strickler* وهو مقلوب معامل *Manning* حسب العلاقة (21) فإن هذه القيمة تقارب 14 % وهي نفس القيمة التي وجدناها في نتائج دراسة معامل الخشونة النسبي وذلك في تحليل نتائج الشكل 27 من الفصل الرابع.

إن تأكيد نتائج معامل الخشونة بنتائج دراسة أخرى تؤدي بالضرورة إلى تأكيد نتائج السرعة وارتفاع الماء في القنوات المفتوحة وذلك لأن كل هذه الخصائص مرتبطة مع بعضها البعض في علاقة *Chézy* (19) .

5-6 المقارنة بين نتائج تأثير الأعشاب وتأثير الحصى على خصائص الجريان :

إن الهدف من مقارنة تأثير الأعشاب وتأثير الأحجار (الحصى) على خصائص الجريان هو معرفة ما مدى نجاعة (مردودية) الحل المقترح في الفصل الخامس ومعرفة كيفية تطبيق الحل على أرض الواقع.

هناك عاملان يمكن المقارنة بينهما في الحالتين وهما ارتفاع الماء وسرعة الجريان، أما معامل الخشونة فإنه من الصعب تقديره في الوسط المسامي وفي حقيقة الأمر إن السرعة وارتفاع الماء لهما علاقة بمعامل الخشونة ولذلك سوف لا نأخذه بعين الاعتبار كعامل مستقل.

إجراء المقارنة يكون بهدف الوصول لأفضل وسط مسامي في قناة تتعرض لنمو نبات القصب، أي ما هو حجم

الأحجار الذي يمكن أن نستعمله عوض عن وجود الأعشاب ومن أجل ذلك نأخذ القناة السابقة الذكر في الدراسة

الميدانية (الفقرة 6 - 1) كمثال تطبيقي، حيث نأخذ جميع القيم الموجودة في الحالة الطبيعية للقناة وهي :

عرض القناة = 1,90 m وكثافة نسبية للأعشاب في المقطع = 122 u وقطر متوسط لسيقان القصب = 4 mm

ثم نختار سلسلة من أقطار الحجارة كما يلي : 0.1 , 0.2 , 0.3 , 0.4 , 0.5 , 0.6 , 0.7 , 0.8 , 0.9 ϕ

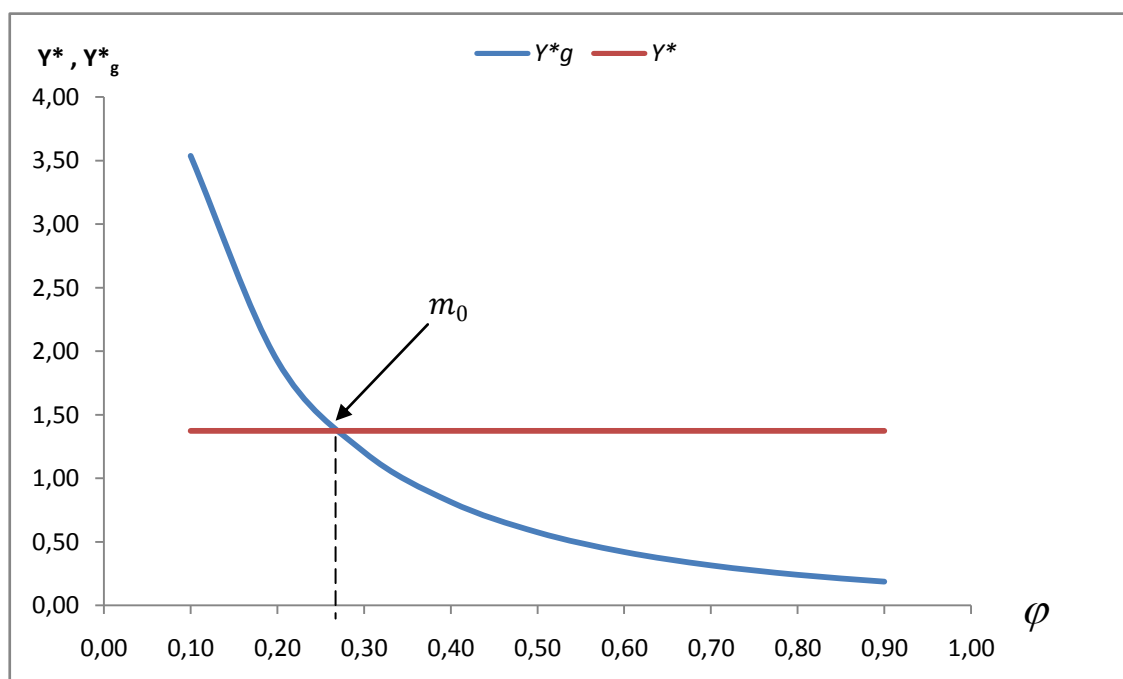
6-5-1 مقارنة ارتفاع الماء في القناة المعشوشبة مع الوسط المسامي :

لمقارنة ارتفاع الماء في حالة نمو الأعشاب وحالة استعمال الأحجار كحل لهذه المسألة نستعمل النموذج الرياضي (41) والنموذج الرياضي (60) والذان يعطيان الجدول التالي :

الجدول 50 : قيم Y^* و Y_g^* المحصل عليها من العلاقة (41) والعلاقة (60)

\varnothing (cm)	N	B (cm)	ω	Q (l/s)	q	Y^*	φ	ε	q_g	Y_g^*
0.4	122	190	0,74	1,13	7,25E-05		0,10	0.25	2,90E-04	
0.4	122	190	0,74	1,13	7,25E-05		0,20	0.25	2,90E-04	
0.4	122	190	0,74	1,13	7,25E-05		0,30	0.25	2,90E-04	
0.4	122	190	0,74	1,13	7,25E-05		0,40	0.25	2,90E-04	
0.4	122	190	0,74	1,13	7,25E-05		0,50	0.25	2,90E-04	
0.4	122	190	0,74	1,13	7,25E-05		0,60	0.25	2,90E-04	
0.4	122	190	0,74	1,13	7,25E-05		0,70	0.25	2,90E-04	
0.4	122	190	0,74	1,13	7,25E-05		0,80	0.25	2,90E-04	
0.4	122	190	0,74	1,13	7,25E-05		0,90	0.25	2,90E-04	

بفرض أن النموذج (60) يعتبر دالة مستمرة في المجال [0.1 ، 0.9] يمكن عندها ومن خلال الجدول 50 أن نرسم منحنى تغير ارتفاع الماء النسبي بدلالة قطر الحصى في الشكل 47 التالي :

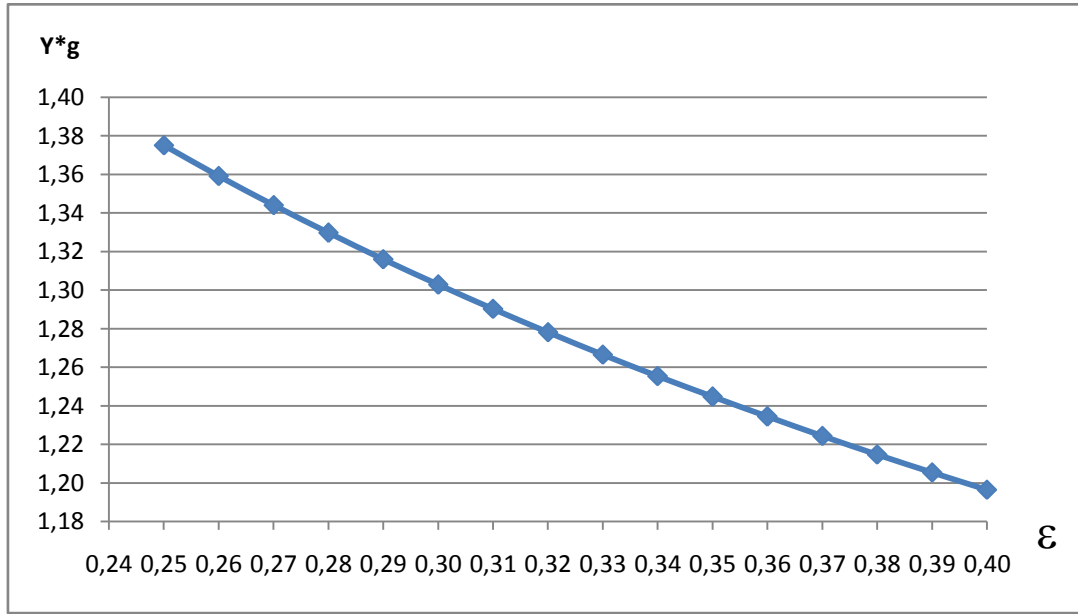


الشكل 47 : تغيرات Y^* و Y_g^* المحصل عليها من العلاقة (41) والعلاقة (60) بدلالة قطر الاحجار φ وعند مسامية $\varepsilon = 0.25$

تشير النقطة m_0 (1.37 ، 0.27) في الشكل 47 إلى تقاطع منحنى ارتفاع الماء النسبي في الوسط المعشوشب مع منحنى ارتفاع الماء النسبي في الوسط المسامي، حيث تعبر النقطة m_0 عن تساوي في قيمة الارتفاعين النسبيين، فإذا اعتبرنا أن القيمة 1.37 لا تؤثر كثيراً على دور القناة من ناحية التصريف، فإن القطر النسبي الموافق لارتفاع الماء في هذا المثال يتراوح

بين 0.2 و 0.3 ، وبعبارة أخرى إن القناة ذات العرض 190 cm والتدفق 1.13 l/s التي ينمو بها نبات القصب بكثافة تقدر بـ 122 وحدة في المقطع وقطر متوسط للسيقان يساوي 0.4 cm، فإن استعمال الحجارة المكافئ لها والذي يعطي نفس نتائج ارتفاع الماء يتراوح قطرها بين 0.38 و 0.57 m وبمسامية تقدر بـ 25 % .

أما إذا أردنا أن نقلل من قيمة ارتفاع الماء النسبي عن القيمة 1.37 فإنه يجب إما أن نزيد من قطر الأحجار المستعمل كما يبينه الشكل 47 حيث نلاحظ أنه كلما زاد قطر الأحجار قل ارتفاع الماء النسبي في الوسط المسامي، أو نزيد من قيمة المسامية حيث أن زيادة المسامية للحجارة تقلل من الارتفاع النسبي للماء في الوسط المسامي، كما يبينه الشكل 48 الذي يدرس كل المجال النظري للمسامية في هذا النوع من الأحجار (ملحق 6).



الشكل 48 : تغيرات Y_g^* المستنتجة باستعمال العلاقة (60) بدلالة المسامية ϵ وعند القطر النسبي $\phi = 0.27$

من خلال الشكل 48 يمكن أن نلاحظ أن أكبر قيمة للمسامية 0.40 تعطي أقل قيمة لـ $Y_g^* = 1.20$ وهي قيمة أكبر من 1 (أي قيمة ارتفاع الماء في حالة استعمال الحجارة لا يمكن أن يساوي ارتفاع الماء في الحالة الابتدائية مهما كانت قيمة المسامية)، ومنه يمكن القول بأنه من أجل التقليل من ارتفاع الماء وبنفس قطر الحجارة فإنه يستحسن استخدام أكبر قيمة ممكنة للمسامية في هذا النوع من الحجارة.

فإذا استخدمنا النموذج المقترح (60) والخاص بارتفاع الماء في الوسط المسامي فإن قيمة المسامية $\epsilon = 0.40$ تعطي قيمة للقطر النسبي للأحجار في المجال $\phi = [0.2, 0.3]$ وبالتالي فإن أفضل قيم تعطي لهذا المثال هي :

$D_g = [0.38, 0.57] m$ وأكبر مسامية ممكنة

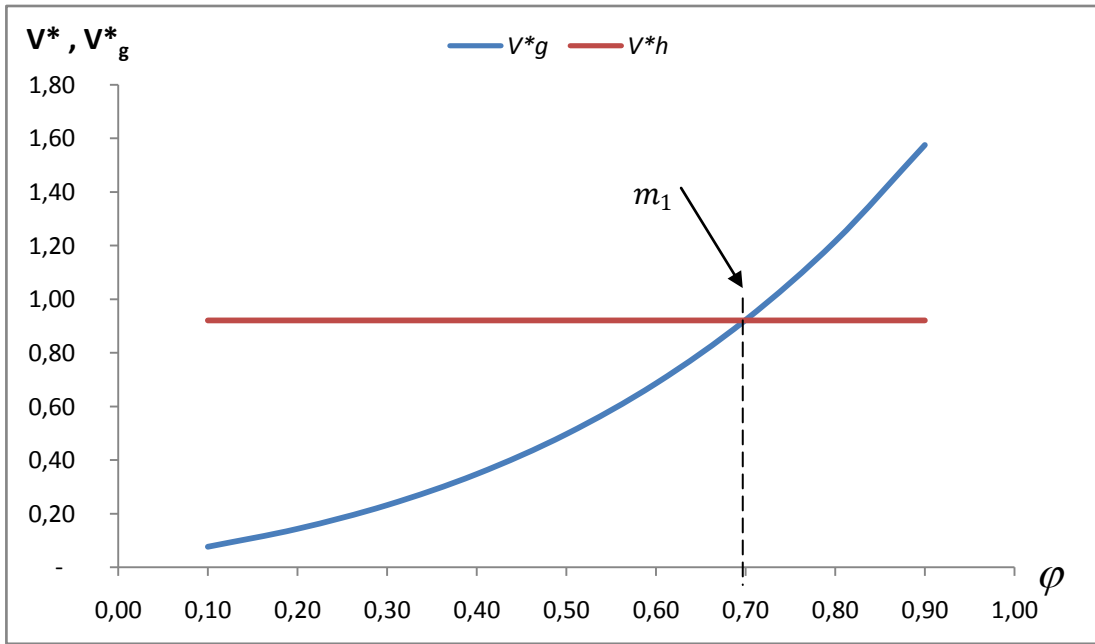
6-5-2 مقارنة سرعة الجريان في القناة المعشوشبة مع الوسط المسامي :

لمقارنة سرعة الجريان في حالة نمو الأعشاب وحالة استعمال الأحجار كحل لهذه المشكلة نستعمل النموذج الرياضي (43) والنموذج الرياضي (62) واللذان يعطيان الجدول التالي:

الجدول 51 : قيم V^* و V_g^* المحصل عليها من العلاقة (43) والعلاقة (62)

ϕ (cm)	N	B (cm)	ω	Q (l/s)	q	V^*	ϕ	ε	q_g	V_g^*
0,4	41	190	0,91	1,13	7,25E-05		0,10	0,25	2,90E-04	
0,4	41	190	0,91	1,13	7,25E-05		0,20	0,25	2,90E-04	
0,4	41	190	0,91	1,13	7,25E-05		0,30	0,25	2,90E-04	
0,4	41	190	0,91	1,13	7,25E-05		0,40	0,25	2,90E-04	
0,4	41	190	0,91	1,13	7,25E-05		0,50	0,25	2,90E-04	
0,4	41	190	0,91	1,13	7,25E-05		0,60	0,25	2,90E-04	
0,4	41	190	0,91	1,13	7,25E-05		0,70	0,25	2,90E-04	
0,4	41	190	0,91	1,13	7,25E-05		0,80	0,25	2,90E-04	
0,4	41	190	0,91	1,13	7,25E-05		0,90	0,25	2,90E-04	

نفرض أن النموذج (62) دالة مستمرة في المجال $[0.1, 0.9]$ يمكن عندها ومن خلال الجدول 51 أن نرسم منحنى تغير السرعة النسبية بدلالة قطر الحصى في الشكل 49 التالي :

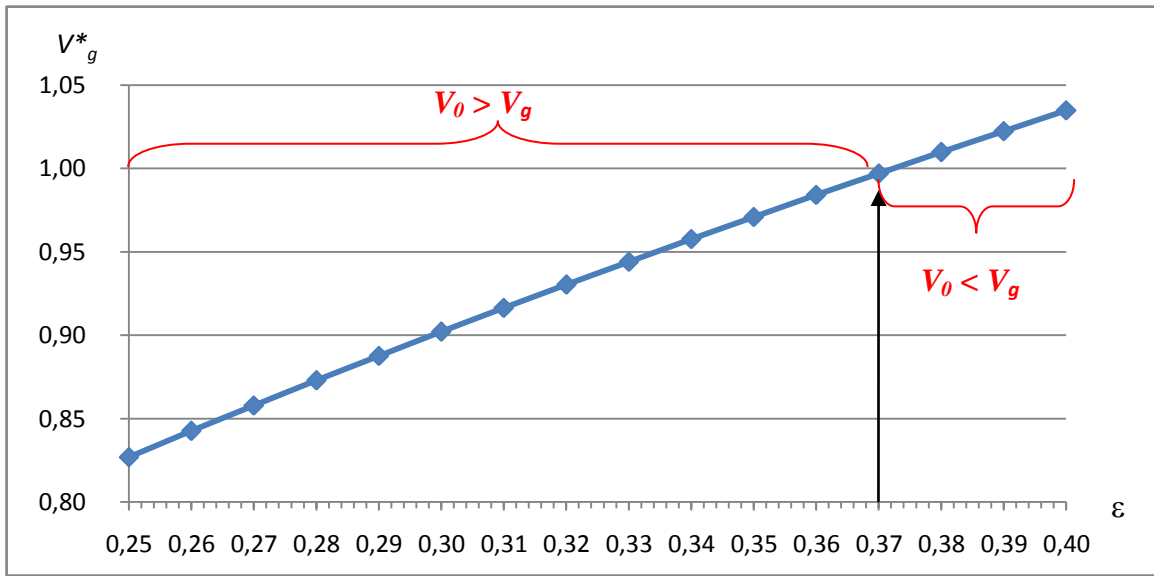


الشكل 49 : تغيرات V^* و V_g^* المحصل عليها من العلاقة (43) والعلاقة (62) بدلالة قطر الاحجار ϕ وعند مسامية $\varepsilon = 0.25$

إن النقطة $m_1 (0.70, 0.92)$ في الشكل 49 تشير إلى تقاطع منحنى السرعة النسبية في الوسط المعشوشب مع منحنى السرعة النسبية في الوسط المسامي مما يعطي تساوي في قيمة السرعتين النسبيتين، فإذا اعتبرنا أن القيمة 0.92 مقبولة ولا تؤثر على عمل تصريف القناة، فإن القطر النسبي للحجارة الموافق لهذه السرعة في هذا المثال يساوي بالتقريب 0.7

وبعبارة أخرى إن القناة ذات العرض 190 cm والتدفق 1.13 l/s التي ينمو بها نبات القصب بكثافة تقدر بـ 122 وحدة في المقطع وقطر متوسط للسيقان يساوي 0.4 cm، فإن استعمال الحجارة المكافئ لها والذي يعطي نفس نتائج السرعة يقدر قطرها بـ 1.33 m وبمسامية تقدر بـ 25 % .

أما إذا أردنا أن نزيد من قيمة السرعة النسبية فوق القيمة 0.92 فإنه يجب إما أن نزيد من قطر الأحجار المستعمل كما يبينه الشكل 49 حيث نلاحظ أنه كلما زاد قطر الأحجار زادت السرعة النسبية في الوسط المسامي، أو نزيد من قيمة المسامية حيث أن زيادة المسامية للحجارة تزيد من السرعة النسبية في الوسط المسامي وذلك من خلال الشكل 50 الذي يدرس كل المجال النظري للمسامية في هذا النوع من الأحجار (ملحق 6).



الشكل 50 : تغيرات السرعة النسبية في الوسط المسامي V_g^* باستعمال العلاقة (62) بدلالة المسامية ε وعند القطر 0.73 m

من خلال الشكل 50 يمكن أن نميز مجالين في استخدام النموذج المقترح حيث نلاحظ أن المجال الأول ($V_0 > V_g$) فيعتبر مقبول ومنطقياً، أما المجال الثاني ($V_0 < V_g$) يعتبر غير مقبول لأنه لا يمكن أن تزيد سرعة الجريان في الوسط المسامي عن سرعة الجريان في الوسط الحر وذلك حسب العلاقة (53). كما نلاحظ أن النقطة الحرجة والتي تقارب فيها المسامية القيمة $\varepsilon = 0.37$ تعطي القيمة 1 للسرعة النسبية V_g^* أي أن سرعة الجريان في الوسط المسامي يساوي ارتفاع الماء في الوسط الحر، وهي تعبر عن أفضل مسامية يمكن استعمالها في هذا المثال .

فإذا استخدمنا النموذج المقترح (62) والخاص بسرعة الجريان في الوسط المسامي فإن قيمة المسامية $\varepsilon = 0.37$ المستنتجة من الشكل 50 تعطي قيمة للقطر النسبي في المجال $\varphi = [0.6, 0.7]$ وبالتالي فإن أفضل قيم تعطي لهذا المثال هي :

$$D_g = [1.14, 1.33] \text{ m و } \varepsilon = 0.37$$

6-6 خلاصة :

إن استعمال الحجارة في القنوات المفتوحة يؤدي إلى تغير في الخصائص الهيدروليكية للجريان، حيث لا يمكن اعتبار أن هذه الخصائص الهيدروليكية مماثلة للخصائص الهيدروليكية للجريان في القنوات بدون أعشاب، ولذلك فإن هذا الحل يقلل من تأثير كثافة الأعشاب على الجريان والتي تزداد مع الوقت، فمن أجل تحديد أفضل حجم للأحجار المستعملة في هذا الحل، فإنه يجب أن نحدد أولاً ما هي قيم ارتفاع الماء والسرعة المقبولة في حالة نمو الأعشاب وذلك بالاستعانة بالنموذج الرياضي المقترح (41) و(43)، ثم نحدد حجم الأحجار باستعمال النموذج (60) أو (62) اللذان يعطيان نتائج تقارب القيم المقبولة. ومن خلال هذه الأخيرة يمكن أن نحدد أفضل مسامية يمكن استعمالها.

إن القيم المستنتجة من خلال هذا المثال التطبيقي يعطي قيمتين لحجم الحجارة في حالة السرعة وحالة ارتفاع الماء، وللاختيار بينهما يكفي أن نحدد أيهما أولى من الأخر حسب الدور والهدف من إنشاء هذه القناة. فمثلاً القنوات التي تنقل المياه يكون دور السرعة أهم من دور ارتفاع الماء، أما في قنوات الصرف الفلاحي والخاصة بتخفيض مستوى المياه الجوفية فإن دور ارتفاع الماء أكبر من دور سرعة الجريان.

خلاصة عامة

يعتبر التسيير الحسن للمياه في المجال الفلاحي أهم عامل للوصول لإنتاج جيد، فإن أي نقص للمياه يؤدي بالضرورة إلى نتائج سلبية [11] [22]، كما يعتبر زيادة المياه عن الحاجة عامل سلبي في نوعية وكمية الإنتاج، فمن خلال دراستنا لتأثير النباتات على خصائص الجريان في قنوات الصرف الفلاحي في المناطق الجافة نستطيع أن نقول بأن خصائص الجريان في حالة قنوات بدون نباتات تتغير بصفة كبيرة عن حالة القنوات بوجود النباتات، حيث لاحظنا خلال هذه الدراسة ما يلي :

تتغير خصائص الجريان داخل القنوات بدلالة عوامل خاصة بطبيعة النبات الذي ينمو داخل القناة مثل كثافة وقطر سيقان القصب، وعوامل خاصة بشكل القناة مثل عرض وميل القناة، وعوامل خاصة بطبيعة الجريان مثل تدفق المياه. ولذلك أجريت هذه الدراسة على قناة ذات عرض 0.25 cm وتحمل مجموعة من التدفقات، كما تم اختيار سلسلة من أقطار القصب المتواجدة في منطقتنا المدروسة وبكثافات مختلفة تعبر عن حالة القنوات المعشوشبة.

ومن خلال النتائج المحصل عليها تجريبياً في المخبر وجدنا بأن خصائص الجريان من الحالة الابتدائية (حالة قناة بدون نبات) إلى الحالة المعشوشبة (حالة قناة بوجود نبات) تتغير بشكل كبير وملحوظ بحيث :

نتائج قياس نسبة قيم ارتفاع الماء في حالة المعشوشبة على قيم ارتفاع الماء في الحالة الابتدائية تبين أن قيمة هذه النسبة Y^* تقارب 330 % وذلك عند أكبر قيمة لكثافة النبات وأكبر قيمة للتدفق النسبي المأخوذة في هذه الدراسة (أي أن ارتفاع الماء عند وجود النبات يزيد بنسبة ثلاثة (3) أضعاف عن حالته الابتدائية)، كما تم استنتاج نموذج رياضي من الشكل ***** وذلك في حدود شروط التجربة المذكورة وبمعامل ارتباط يفوق 97 % وخطأ نسبي يقدر بـ ± 4 %.

أما بخصوص نتائج سرعة الجريان فإن هذه الدراسة تشير إلى أن قيم السرعة النسبية V^* تنخفض إلى غاية 52 % (أي أن سرعة الجريان في الحالة المعشوشبة تنخفض بأقل من النصف عن الحالة الابتدائية) وذلك عند أكبر قيمة للكثافة المستعملة في هذه التجارب، ومن خلال هذه النتائج وفي حدود شروط التجربة استنتجنا نموذج رياضي من الشكل ***** حيث يبلغ معامل الارتباط $r = 0.88$ والخطأ النسبي المتوسط يصل إلى ± 4 %.

أما نتائج معامل الخشونة K^* فإننا ومن خلال هذه الدراسة لاحظنا أن قيم معامل الخشونة في الحالة الابتدائية يزيد بأكثر من 3 أضعاف عن الحالة المعشوشبة في حالة استعمال أكبر قيمة للتدفق وأكبر قيمة لكثافة النبات، وباستعمال التحليل البياني للنتائج استطعنا إيجاد نموذج رياضي من الشكل ***** وبمعامل ارتباط يقارب 92 % كما يقدر الخطأ النسبي المتوسط للتجارب بـ ± 7 % .

ولأجل المساهمة في إيجاد حل لمشكلة نمو النباتات في القنوات المفتوحة والخاصة بالصرف الفلاحي، اقترحنا حل يتمثل في ملئ القنوات بالحجارة ذات أقطار ومسامية معينة ، حيث أن هذه الأحجار تلعب دور غطاء يمنع مرور الضوء وبتالي يمنع عملية التركيب الضوئي للنبات مما يقلل من نموه وانتشاره.

ولمعرفة ما هي علاقة القطر المناسب استعماله، قمنا بدراسة ثانية في المخبر لأربعة أنواع من الأقطار، حيث تم استنتاج قيم ارتفاع الماء وسرعة الجريان في حالة وجود الأحجار ومقارنتها مع الحالة الابتدائية، حيث أعطت النتائج ما يلي :

بالنسبة لقيم ارتفاع الماء النسبي Y_g^* فإن له علاقة بالقطر المتوسط للأحجار المستعملة ومساميته والتدفق المار في القناة وعرض القناة حيث توصلنا إلى أنه يتبع دالة من الشكل : ***** ، وذلك بمعامل ارتباط يفوق 80 % وخطاً نسبي متوسط يبلغ $1 \pm$ % .

وبتحليل القيم المستنتجة من دراسة السرعة الحقيقية النسبية للجريان داخل الوسط المسامي فقد استنتجنا بأنها تتبع دالة من الشكل ***** وبخطاً نسبي متوسط يبلغ $6 \pm$ % ومعامل ارتباط يفوق من 76 %.

إن النتائج المحصل عليها في هذه الدراسة تبقى لا معنى لها إلا إذا تمت مقارنتها بنتائج حقيقية على أرض الواقع ولذلك أجرينا دراسة ثالثة ميدانية على قناة صرف فلاحي تتعرض لنمو القصب، بحيث قمنا بقياس أهم الخصائص الهيدروليكية لهذه القناة وذلك بدلالة كثافة القصب وتدفق الجريان، حيث استطعنا أن نتحقق من صلاحية النماذج الرياضية المقترحة في الدراسة الأولى وذلك بمقارنتها مع نتائج هذه الدراسة، حيث وجدنا أن هناك ترابط يصل إلى أكثر من 85 % بين الدراسة الميدانية والنماذج الرياضية المقترحة لخصائص الجريان في القنوات المعشوشبة، كما تم التأكيد من هذه النتائج على حسب الدراسات السابقة.

وباستعمال قيم الخصائص الميدانية للقناة التي أجريت عليها تجارب الدراسة الثالثة ومقارنتها مع النماذج الرياضية للحل المقترح، فقد وجدنا أنه من أجل الحفاظ على ارتفاع ماء نسبي يقدر بـ 137 % (أي أن ارتفاع الماء يزيد بقيمة 37 % عن الحالة الابتدائية) فإن القطر الأدنى الذي يجب استعماله هو 38 cm. ومن أجل المحافظة على السرعة النسبية للجريان بقيمة 92 % (أي أن سرعة الجريان تقل بقيمة 8 % عن الحالة الابتدائية) فإن القطر المفضل هو 70 cm وذلك حتى لا تزيد كثافة نبات القصب عن 122 وحدة في مقطع هذه القناة.

توصيات

إن أي دراسة لها ظروف وشروط تتحكم فيها وخاصة الدراسات التي تعتمد على الجانب التطبيقي، ولذلك ومن أجل الاستفادة من هذه الدراسة وتحسين نتائجها نقترح التوصيات الآتية :

- لقد لاحظنا من خلال متابعتنا للقنوات الخاصة بتصريف المياه الفلاحية أنها تتعرض بشكل كبير لنمو نبات القصب حيث أنه يعتبر عائق للسير الحسن لعملية التصريف لذلك فإننا ننصح بإزالته من القنوات .
- كما أننا لاحظنا بأن رمي المياه المستعملة في قنوات الصرف الفلاحي يزيد من انتشار هذه النباتات على طول القنوات ويعطيها نمو أسرع.
- إن عملية إزالة نبات القصب مكلفة جداً وذلك نظراً لانتشاره الواسع في معظم مناطق الواحات فإننا نحث كل الجهات المعنية بأن تسارع من أجل إيجاد حل جذري لهذه الظاهرة.
- بخصوص إيجاد حل لهذه الظاهرة فإننا نقترح الحل المطروح في هذه الدراسة كما نقترح دراسة الحلول الأخرى من الناحية التطبيقية ومن ناحية المردودية.
- لقد توصلنا في هذه الدراسة إلى استنتاج نماذج رياضية لتغير خصائص الجريان بوجود النباتات، فمن أجل تحسين هذه النماذج نقترح إدخال بعض المتغيرات الأخرى مثل ميل القنوات ودرجة ملوحة المياه حيث أننا لاحظنا بأن هناك بعض الأماكن لا تنمو بها هذه الأعشاب.
- ومن أجل تطوير هذه النماذج فإننا نقترح توسيع شروط تطبيقها وذلك من خلال زيادة عدة كثافات وأقطار لنبات القصب.
- لقد لاحظنا بأن نمو النباتات يؤثر على ظاهرة صعود المياه بشكل مباشر ولذلك فإننا ننصح بإجراء دراسة ميدانية موسعة وتحت شروط تماثل الواقع، أي صناعة نماذج فيزيائية لقنوات تصريف بحيث تظهر فيها ظاهرة التسربات عبر مسامات التربة.
- ومن أجل تحسين نتائج دراسة الحل المقترح فإننا نوصي بدراسة أنماط أخرى من الحجارة وذات قيم متغيرة لمساميتها حيث أننا في هذه الدراسة لم نتمكن من الحصول على المسامية الحقيقية لهذه الأنواع من الحجارة.
- لقد تمت دراسة الحل المقترح في المخبر فقط، لذلك فإننا نقترح إجراء دراسة ميدانية باستعمال الحجارة ثم مقارنتها مع حالة وجود النباتات.

المصطلحات المستعملة

English	Français	العربية
The Capillarity	La Capillarité	الخاصية الشعيرية
The Pump	La pompe	المضخة
The section	La section	المقطع
The cross-section	La section transversale	المقطع العرضي
Miopliocene	Miopliocene	الميوپليوسان
Screw - nut	Vis-écrou	لولب - صامولة
The initial water height	Le timent d'eau initiale	ارتفاع الماء الابتدائي
Gravel classes	Les classes du gravier	أقسام الحصى
The tangential stress	La contrainte tangentielle	الإجهاد المماسي
The normal constraint	La contrainte normale	الإجهاد الناطمي
The average height of water	La hauteur moyenne d'eau	الارتفاع المتوسط للماء
The relative height	La hauteur relative	الارتفاع النسبي
The weed	Les herbes	الأعشاب
Wooden Sheets	Plaques en bois	الألواح الخشبية
Lower Eocene	Eocène inférieur	الإيوسان الأدنى
Upper Eocene	Eocène supérieur	الإيوسان الأعلى
Evaporation	Evaporation	التبخّر
The flow	Le débit	التدفق
Relative flow	Le débit relatif	التدفق النسبي
Precipitation	Les précipitations	التساقطات
Gravity acceleration	L'accélération de la pesanteur	الجاذبية الأرضية
varied permanent flow	Ecoulement permanent varié	الجريان الدائم المتغير
Uniform permanent flow	Ecoulement permanent uniforme	الجريان الدائم المنتظم
Variable non-permanent flow	Ecoulement non permanent varié	الجريان الغير دائم والمتغير
Non-permanent uniform flow	Ecoulement non permanent uniforme	الجريان الغير دائم والمنتظم
Viscous flow	Ecoulement visqueux	الجريان اللزج
Uniform flow	Ecoulement uniforme	الجريان المنتظم
Non-viscous flow	écoulement non visqueux	الجريان غير اللزج
initial status	Etat initial	الحالة الابتدائية
The gravel	Le gravier	الحصى

.The mean of the quadratic error	La moyenne de l'erreur quadratique	الخطأ المتوسط التربيعي
The mean of the relative error	Erreur relative moyenne	الخطأ النسبي المتوسط
The trenches	Les tranchées	الخنادق
Zygophyllaceae	Zygophyllaceae	الرطاطية
Limestone marl	Calcaire-marneux	الرمال الكلسي
The relative velocity	La vitesse relative	السرعة النسبية
The Liquidity	La liquidité	السيلان
Cenomanian layer	Cénomaniien	السينومانيان
The Senonian layer	Sénonien	السينونيان
Chott	Chott	الشط
.Groundwater	.La nappe phréatique	الطبقة السطحية
Marl	Marne	الطين الجيري
Geological Era	Ere géologique	العصر الجيولوجي
The reeds	Le roseau	القصب
Common reeds	Le roseau commun	القصب الشائع
The diameter	Le diamètre	القطر
The open channels	Les canaux ouverts	القنوات المفتوحة
The mass	La masse	الكتلة
Volumetric mass	La masse volumique	الكتلة الحجمية
The relative density	La densité relative	الكثافة النسبية
The kinematic viscosity	La viscosité cinématique	اللزوجة الحركية
The wetted perimeter	Le périmètre mouiller	الحيط المبلل
The efficiency	Le rendement	المردودية
The relative surface	La surface relative	المساحة النسبية
The porosity	La porosité	المسامية
The estuary	L'exutoire	المصب
the dry areas	Les zones arides	المناطق الجافة
The electrical conductivity	La conductivité électrique	الناقلية الكهربائية
Hydraulic conductivity	La conductivité hydraulique	الناقلية الهيدروليكية
Aquatic plants	Les plantes aquatiques	النباتات المائية
Partially submerged plants	Les plantes partiellement submergées	النباتات المغمورة جزئياً
Transpiration	Transpiration	التتح
Hydraulic radius	Le rayon hydraulique	النصف القطر الهيدروليكي

The permeability	La perméabilité	النفاذية
Mathematical models	Les modèles mathématiques	النماذج الرياضية
Porous environment	milieu poreux	الوسط المسامي
Herbaceous environment	milieu herbacé	الوسط المعشوب
Geographical situation	Situation géographique	الوضعية الجغرافية
Geological situation	La situation géologique	الوضعية الجيولوجية
Topographic situation	Situation topographique	الوضعية الطبوغرافية
Climate situation	Situation climatique	الوضعية المناخية
Hydrological situation	Situation hydrogéologique	الوضعية الهيدرولوجية
The hydrological situation	La situation hydrologique	الوضعية الهيدرولوجية
Slope control mechanism	mécanisme de commande de la pente	آلية التحكم في الميل
Supercritical flow	Ecoulement torrentiel	جريان غزير
Stationary incompressible flow	Ecoulement incompressible stationnaire	جريان مستقر غير قابل للانضغاط
Subcritical flow	Ecoulement fluvial	جريان هادئ
Leveling device	Appareil de niveau	جهاز التسوية
Accumulation tank	Bac d'accumulation	حوض التجميع
Channel roughness	Rugosité de la conduite	خشونة القناة
Flow characteristics	Caractéristiques de l'écoulement	خصائص الجريان
Exponential function	Fonction exponentielle	دالة أسية
Temperature	Température	درجة حرارة
Humidity	Humidité	رطوبة
Stalks of the reed	Tige du roseau	ساق القصب
Swamp	Marécage	سبخة
Flow velocity	Vitesse d'écoulement	سرعة الجريان
Thin wall	Paroi mince	سمك نحيف
Layer of Albion	Couche d'Albion	طبقة الألبان
Aquifer intercalary continental	Intercalaire Continental	طبقة التداخل القاري
The terminal complex aquifer	Le complexe terminal	طبقة المركب النهائي
Impermeable layer	Couche imperméable	طبقة غير نفوذة
Semi-permeable layer	Couche semi-perméable	طبقة نصف نفوذة
Method of least squares	Méthode des moindres carrés	طريقة المربعات الصغرى
Number Reynolds	Nombre de Reynolds	عدد رينولدز
Number Froude	Nombre de Froude	عدد فرود

Dimensionless number	Nombre adimensionnel	عدد لا بعدي
Width of channel	Largeur du canal	عرض القناة
Channel of experiments	Canal d'expériences	قناة التجارب
Agricultural drainage channels	Canaux de drainage agricole	قنوات الصرف الفلاحي
Friction forces	Forces du frottement	قوى الاحتكاك
Gravity forces	Forces gravitaires	قوى الثقالة
Pressure forces	Forces de la pression	قوى الضغط
Inertial forces	Forces d'inerties	قوى العطالة
Viscous forces	Forces de la viscosité	قوى اللزوجة
Law of conservation of mass	Principe de conservation de la masse	مبدأ إنحفاظ الكتلة
Distance from the cross-section	Distance de la section	مسافة المقطع
Continuity equation	Equation de continuité	معادلة الاستمرار
Coefficient of friction	Coefficient de frottement	معامل الاحتكاك
Correlation coefficient	Coefficient de corrélation	معامل الارتباط
Coefficient of determination	Coefficient de détermination	معامل التحديد
Coefficient of roughness	Coefficient de rugosité	معامل الخشونة
Composite roughness coefficient	Coefficient de rugosité composée	معامل الخشونة المركب
Relative roughness coefficient	Coefficient de rugosité relatif	معامل الخشونة النسبي
Strickler Coefficient	Coefficient de Strickler	معامل ستريكلار
Chézy coefficient	Coefficient de Chézy	معامل شيزي
Manning coefficient	Coefficient de Manning	معامل مانينغ
Empirical coefficients	Coefficients empiriques	معاملات تجريبية
Soil Salinity	Salinité des sols	ملوحة التربة
Curve	Courbe	منحنى
Slope of the canal	Pente du canal	ميل القناة
Weir	Déversoir	هدار

المراجع

1 - المراجع باللغة العربية :

- [1] عبد الرحمان ابن خلدون : مقدمة ابن خلدون ديوان المبتدأ والخبر في أخبار العرب والبربر ومن عاصرهم من ذوي الشأن الأكبر، ضبط الاستاذ خليل شحاة، دار الفكر بيروت لبنان، 2001.
- [2] عبد الرحمان المطرودي: الإنسان وجوده وخلافته في الأرض في ضوء القرآن الكريم، الطبعة الأولى، مكتبة وهبة، القاهرة مصر، 1990.
- [3] كوكب دياب : المعجم المفصل في الأشجار والنباتات في لسان العرب ، دار الكتب العلمية بيروت لبنان، الطبعة الأولى 2001.
- [4] محمد الحاكم بن عون: أخبار وأيام وادي ريغ، مذكرة لنيل شهادة الماجستير، جامعة منتوري بقسنطينة، 2011.
- [5] محمد جواية رشدي : الصحراء الجزائرية خلال العصر الحجري الحديث، مذكرة لنيل شهادة الماجستير، جامعة منتوري بقسنطينة، 2008.
- [6] محمد نزار فازان : هيدروليك 3 ، منشورات جامعة حلب، كلية الهندسة ، الطبعة الثانية، حلب سوريا، 1982.
- [7] معجم البيولوجيا في علوم الأحياء والزراعة الجزء الأول، لجنة من الدكاترة ، مجمع اللغة العربية، القاهرة، 1984.
- [8] وائل جميل معلا و أمجد سعيد زينو: مبادئ الهيدروليك الهندسي، منشورات جامعة دمشق، كلية الهندسة المدنية، دمشق سوريا، 2006.

2 - المراجع باللغة الأجنبية :

- [9] **Amel SOUALMIA** : An analytical model for water profile calculations in free surface flows through rockfills, Journal of theoretical and applied mechanics, DOI: 10.15632/jtam-pl.53.1.209, Septembre 2014
- [10] **Atef Ben Lamnaouar** : Etude de la réhabilitation de l'oued righ (cas du canal oued righ), Thèse de Magister, université de Ouargla, 2008.
- [11] **Bennaceur, M., Nailly, M., et Selmi M** : Effet d'un déficit hydrique survenant à différents stades de développement du blé sur l'humidité du sol, la physiologie de la plante et sur les composantes du rendement. Médit., 2 :53-60 , 1999
- [12] **Boualem REMINI** : La problématique de l'eau en Algérie, Collection hydraulique et transport solide, Edition 2005

- [13] **C.D.A.R.S. Ouargla** : Plan Directeur Général de Développement des Régions Sahariennes, Phase II A3 (Ressources en eau : Connaissances d'ensemble), 1997.
- [14] **Catherine Allain Jegou** : Relations : végétation - écoulement - transport solide dans le lit des rivières, étude de l'Isère dans le Grésivaudan. Thèse pour obtenir le titre de Docteur , Institut national polytechnique de Grenoble, Grenoble France 2002.
- [15] **Chouaib Labiod** : Ecoulement à surface libre sur fond de rugosité inhomogène. Thèse pour obtenir le titre de Docteur de l'institut national polytechnique de Toulouse, 2005.
- [16] **Choufi L., Kettab, A., et Schleiss, A. J.** : Effet de la rugosité du fond d'un réservoir rectangulaire à faible profondeur sur le champ d'écoulement, La Houille Blanche, 5 : 83-92, 2014.
- [17] **D. Poggi, A. Porporato and L. Ridolfi** : The effect of vegetation density on canopy sub-layer turbulence. Dipartimento di Idraulica, Trasporti ed Infrastrutture Civili, Politecnico di Torino, Torino, Italy, 2003.
- [18] **D.S.A Ouargla** : Rapport de campagne agricole, Données statistique pour les palmiers dattiers, 1999 – 2009
- [19] **DADDI BOUHOUN M** : Impact des eaux phréatiques sur la salinité et le rendement du palmier dattier a Ouargla, Algerian journal of arid environment, Vol.n°02, Décembre 2012 : 71-77
- [20] **Daddi Bouhoun et AL** : Effets de la remontée des eaux phréatiques sur la salinisation des sols dans les Ghouts à Oued Souf (Sud Est algérien), Annales des Sciences et Technologie,3(1) : 25-27, 2011
- [21] **Daniel DUPOST** : Ecologie, Aménagement et Développement Agricole des Oasis Algérienne, Centre de recherche scientifique et technique sur les régions aride, Edition 2002
- [22] **Durand J.L** : Les effets du déficit hydrique sur la plante : aspects physiologiques, Fourrages,190 :181-195, 2007
- [23] **Herout B., et AL** : Effet de la rugosité de paroi sur un écoulement turbulent en conduite, 20^{ème} Congrès Français de Mécanique, Besançon. p. 1-6, 2011
- [24] **Humberto pizarro-C** : Jaugeage de débit dans l'écoulement à surface libre. Institut inter-américano cooperación para l'agricultura A2/HT-86-037, Décembre 1986.
- [25] **Jacob Bear** : Modeling Groundwater Flow and Pollution, D. Reidel Publishing Company, (ISBN 1556080158), p 414, 1987
- [26] **Juha JÄRVELÄ**: Flow resistance in environmental channels; focus on vegetation, Helsinki University of Technology (Espoo, Finland), 2004.
- [27] **Khadraoui A.** : Ressources en eau au Sahara et leur impact environnemental, Actes des journées internationales sur la désertification et le développement durable, p. 49-54, Biskra du 10 au 12 Juin 2006.

- [28] **Laurence Pietri1, Muriel Amielh, Fabien Anselmet** : Effect of the vegetation density on the turbulence properties in a canopy flow. Université de Perpignan Via Domitia, Perpignan, France, 2006.
- [29] **Liénard A, et AL** : Filtres plantés de roseaux à flux vertical et lagunage naturel en traitement d'eaux usées domestiques en France : comparaison des performances et des contraintes d'exploitation en termes de pérennité et fiabilité, Ingénieries, N° spécial : 87- 99, 2004
- [30] **M. Debabeche, S. Kateb, A. Ghomri** : Etude expérimentale du ressaut hydraulique dans un canal triangulaire a parois rugueuses, Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 05, pp. 187-196 Juin 2006,
- [31] **Marc Soutter, André Mermoud et André Musy** : Ingénierie des eaux et du sol, processus et aménagement, PPUR Presse, 2007
- [32] **Meile, T** : Effets de la rugosité et de la géométrie des rives sur l'écoulement transitoire et la propagation des intumescences dans les canaux, Laboratoire de Constructions Hydraulique. Sous projet IV-1 du projet interdisciplinaire "Rhône-Thur - utilisation durable des cours d'eau", 2004.
- [33] **Michel Carlier** : Hydraulique générale et appliquée. Edition Eyrolles, Paris 1998
- [34] **Michelle ROBINSON**: Common Reed: An Invasive Wetland Plant, (Phragmites australis), D.C.R. Office of Water Resources, Lakes and Ponds Program, 2002.
- [35] **Office Nationale de l'Assainissement** : Etude d'exécution du lot Drainage de la vallée de Ouargla, 2007.
- [36] **Pawel M. Rowinski, Janusz Kubrak** : A mixing-length model for predicting vertical velocity distribution in flows through emergent vegetation, Faculty of Environmental Science, Warsaw Agriculture University SGGW, Poland, 2002.
- [37] **S. Richard, J . Chorda et M. Larinier** : Ecoulements au-dessus de macro-rugosités artificielles constituées de plots. Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse, 1999.
- [38] **Samia. BENGUERGOURA** : La vallée de oued Righ: Pollution de la nappe et dégradation des palmeraies, Thèse de doctorat en chimie industrielle, Université de Blida 1, 2014.
- [39] **Sayah Lembarek Mohammed** : Etude hydraulique du canal oued righ, détermination des caractéristiques hydrauliques, Thèse de Magister, université de Ouargla, 2008.
- [40] **Scheumann W. et Freisem C.:** The role of drainage for sustainable agriculture, Journal of Applied Irrigation Science, 37(1):33 – 61, 2002
- [41] **Sergio De Felice** : Experimental study on the hydrodynamic characteristics of a vegetated channel. Indirizzo Ingegneria Idraulica ed Ambientale. Università Degli Studi Di Napoli FEDERICO II, 2008.

[42] **Stéphane Ladreyt** : Notice sur les déversoirs – Synthèse des lois d'écoulement au droit des seuils et déversoirs. Centre d'Etudes Techniques Maritimes Et Fluviales, France, 2005.

[43] **Tonino NZAKIMUENA** : Premier Cours national post-gradue sur l'irrigation, le drainage et la gestion des ressources hydriques, institut interaméricain de coopération pour l'agriculture, port-au-prince, 1955

[44] **Troy, B.** : Gestion de l'eau agricole et sécurité alimentaire : de nouveaux défis pour les pays en développement, Projet « Eau » de la Fondation pour l'agriculture et la ruralité dans le monde (FARM), p. 43-64, 2013

[45] **U.S. Department of transportation** : guide for selecting Manning's roughness coefficients for natural channels and flood plains, Report No. FHWA-TS-84-204, Virginia USA, April 1984

[46] **Walter H.Graf** : Hydraulique fluvial écoulement et phénomène de transport dans les canaux à géométrie simple, Volume 16, presse polytechniques et universitaires romandes, Lausanne 2000.

[47] **Whitaker S** : Flow in porous media I: A theoretical derivation of Darcy's law, Transport in Porous Media 1: 3–25. doi:10.1007/BF01036523, 1986

[48] **Zaouali Sahbi** : 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, 2008.

[49] **DELEZNIKOV G.V** : Capacité d'évacuation des lits des canaux et rivières, Ed. Hydro-météo 302 p, Leningrad 1981.

[50] **BARICHNIKOV N.B** : Résistances hydrauliques dans les lits des rivières, Ministère d'éducation de la fédération de Russie, Université d'hydrométéorologie 107-111 pp, Saint Peter bourg 2003 .

[51] **ALTCHUL A.D** : Résistances hydrauliques 2ème édition, Ed NEDRA, 221 P, Moscou 1982.

[52] **L. A. Richards** : Diagnostic and improvement of saline and alkali soils, United States Department Of Agriculture, Agriculture Handbook No. 60, Issued February 1954

3- مواقع الانترنت :

[53] **Google Earth, Version 7.1.1.1871, 2016 BasarSoft**

[54] <http://www.almaany.com/>

ملحق -1-

أدوات وآواني مصنوعة من خشب النخيل وخشب الأشجار



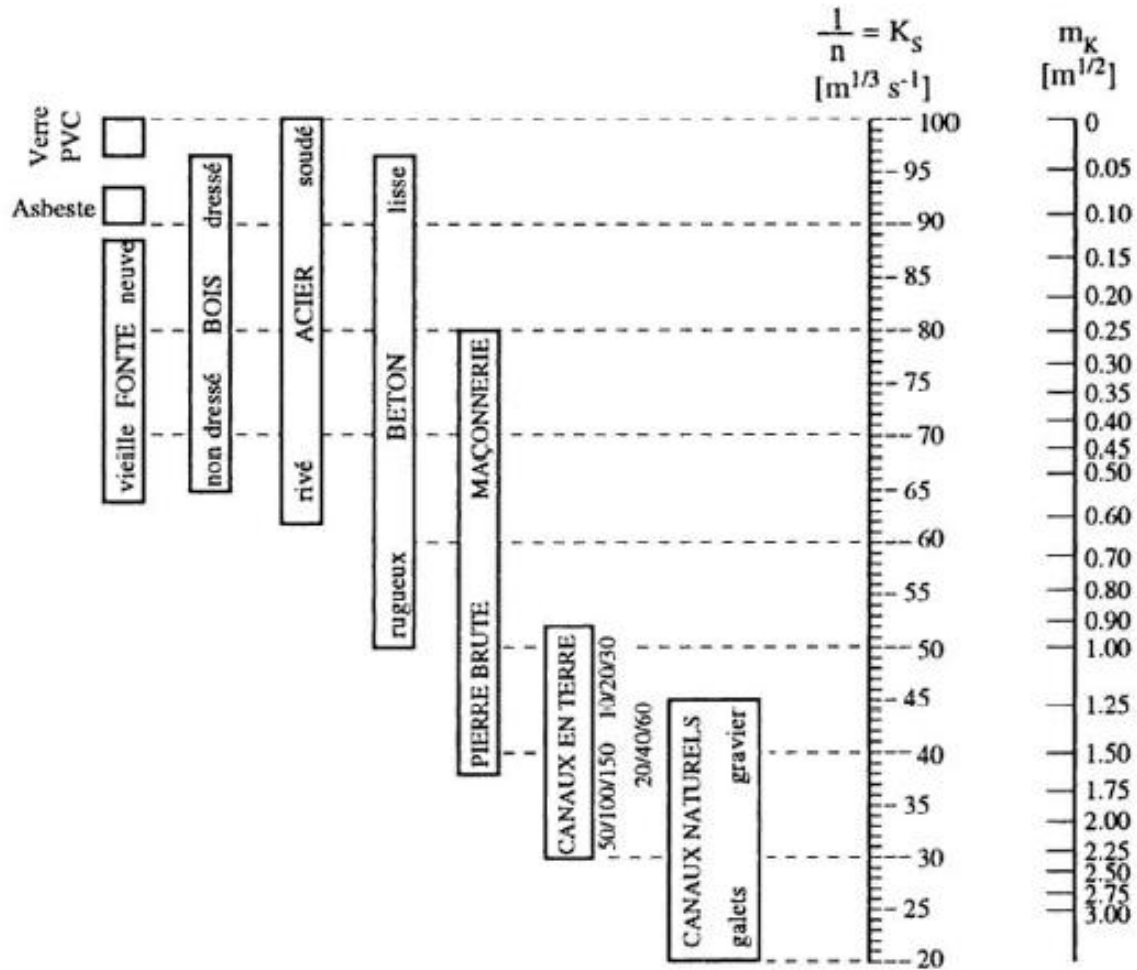
معامل مانينغ n حسب طبيعة سطح القناة

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.

ملحق -3-

معامل الخشونة لبعض الأنواع من القنوات حسب علاقة Manning-Strickler وحسب علاقة Kutter



ملحق -4-

قيم معامل الخشونة n حسب علاقة Cowan

مرونة القناة		مرونة القناة	
0.020 0.025 0.024 0.028	n_0	تراية صخرية بجص ناعم بجص خشن	المواد المنشأة منها القناة
0.005 0.010 0.020	n_1	ضعيفة متوسطة شديدة	درجة عدم الانتظام
0.000 0.005 0.010 - 0.015	n_2	تدرجي متغير من حين لآخر متواتر كثيراً	تغيير مقطع القناة
0.000 0.010 - 0.015 0.020 - 0.030 0.040 - 0.060	n_3	مهمل ضعيف محسوس شديد	التأثير النسبي للانسداد
0.005 - 0.010 0.010 - 0.025 0.025 - 0.050 0.050 - 0.100	n_4	ضعيفة متوسطة عالية عالية كثيراً	النباتات
1.00 1.15 1.30	n_5	ضعيفة محسوسة شديدة	أهمية المنطقات

ملحق -5-

يمكن حساب معامل النفاذية k باستعمال العلاقة :

$$k(\text{m/s}) = 1,5 \cdot 10^6 \left(\frac{\Omega}{S} \right)^2 \frac{n^3}{(1-n)^2}$$

حيث n : تمثل المسامية S : مجموع مساحة الحصى في المقطع Ω : حجم العينة

مثال لبعض قيم k لبعض أنواع الحصى

Nature du sol	$\frac{\Omega}{S}$ (m)	n	$\frac{n^3}{(1-n)^2}$	k (m/s)
Graviers 10/30 mm	$3,12 \cdot 10^{-3}$	0,26	$3,21 \cdot 10^{-2}$	$4,7 \cdot 10^{-1}$
Graviers 1/10 mm	$6,45 \cdot 10^{-4}$	0,25	$2,78 \cdot 10^{-2}$	$1,7 \cdot 10^{-2}$
Sable 1/2 mm	$2,06 \cdot 10^{-4}$	0,28	$4,23 \cdot 10^{-2}$	$2,7 \cdot 10^{-3}$

قيم المسامية لبعض أنواع الحصى [43]

Tableau 1-1 : Porosité des Sols Naturels

<u>Sols</u>	n (%)
Graviers	25 à 40
Graviers de 4 mm (uniforme)	36
Sables et graviers	25 à 30
Sables	26 à 48
Alluvions (granulométrie étendue)	5 à 20
Argiles	44 à 50
Marnes	47 à 50
Silt (limon)	34 à 50
Vases récentes	80 à 90