الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الشهيد حمه لخصر الوادي
د كلية العلوم والتكنولوجيا
قسم الري والهندسة المدنية

مذكرة تخرج

لنيل شهادة الملسترفي الري

تخصص: تصميم وتشخيص أنظمة التموين بمياه الشرب والتطهير

تحت عنوان:

تحليل كيفية تأثير المياه الصاعدة على منشآت الري المنجزة بخرسانة رمل الكثبان

نوقشت في: 2016/05/26

تحت إشراف:
الأستاذ: ماني محمد

إعداد الطلبة:
- حوبة أحمد
- داهم محمد البشير

لجنة المناقشة :

رئيس اللجنة : الأستاذ بدادي العيد

ممتحـــن : الأستاذ جديد طارق

2016/2015

بسم الله الرحمن الرحيم

تحليل كيفية تأثير المياه الصاعدة على منشآت الري

المنجزة بخرسانة رمل الكثبان

شكر و تقدير

بسم الله الرحمان الرحيم { وإذ تأذن ربكم لئن شكرتم لأزيدنكم ولئن كفرتم إن عذابي لشديد }

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على معلم البشرية وهادي الإنسانية وعلى آله

وصحبه ومن تبعهم بإحسان إلى يوم الدين.

أتوجه بالشكر الجزيل لكل من ساهم في إخراج هذا البحث إلى حيز التنفيذ إلى كل من كان

سببا في تعليمي وتوجيهي ومساعدتي.

العنوان : تحليل كيفية تأثير المياه الصاعدة على منشأة الري المنجزة بخرسانة رمل الكثبان

الملخص

جعل نقصان الحصى الأصلية ذات النوعية الجيدة في بعض مناطق من الجزائر، أصحاب القرار والباحثين يفكرون في تعويضها بمواد محلية، بهذا تظهر أهمية تثمين رمال الكثبان في البناءات كما في إنشاء مختلف طبقات الطرق.

الهدف من هذه الدراسة هو تركيب خرسانة برمل الكثبان ودراسة خاصيتها الفيزيو -ميكانيكية تعتبر خرسانة رمل الكثبان ذات خواص ميكانيكية ناقصة (مقاومة الضغط ومقاومة الشدّ بواسطة الانحناء) مم يجعل إذن معالجتها ضروري من أجل تحسين خواصها الميكانيكية وإعطائها إستقرارية مرضية.

ومن جهة أخرى تعاني منطقتنا من مشكلة صعود المياه الذي يهدد الكثير من المنشأة العمرانية سنقوم بدراسة تأثير هذه المياه على المنشأة الخراسانية .

ويهدف هذا العمل إلى دراسة تأثير المياه على خرسانة رمل الكثبان وتحسين خصائصه لتشكيل مادة خرسانة.

ولقد قمنا بتجربتين تجربة الشد بواسطة الانحناء وتجربة الضغط .

الكلمات المفتاحيه : رمل الكثبان – خرسانة رمل الكثبان – مقاومة الضغط – مقاومة الشد بواسطة الانحناء – مشكلة صعود المياه

الفهرس

الفصل الأول : البحث المكتبي

I.1 مدخل 1

I.2 تاريخ خرسانة الرمل 1

I.3 استعمالات خرسانة الرمل في العالم 2

I.3.1 الإتحاد السوفيتي 2

I.3.2 خرسانة الرمل في فرنسا 4

I.3.3 خرسانة الرمل في الخليج العربي 6

I.3.4 خرسانة الرمل في الشمال الإفريقي 6

I.4 تاريخ تطور صعود المياه 8

I.5 التعريف بمشكلة صعود المياه 8

I.6 تاريخ مشكل صعود المياه 9

I.7 أسباب مشكل صعود المياه 10

I.7.1 تشبع الطبقة بواسطة مياه الأمطار 10

I.7.2 دور الطوبوغرافيا 10

I.7.3 دور الجيولوجيا 11

I.7.4 الإفراط في استهلاك المياه 12

I.7.5 الصرف الصحي 12

I.7.6 الأسباب الصناعية 14

I.7.7 النفايات 15

I.8 انعكاسات ظاهرة صعود المياه 15

I.9 نوعية مياه الطبقة السطحية (الصاعدة) 17

I. 10 التآكل في المشاءات وآثاره السلبية 18

I.10.1 مقدمة 18

I.10.2 التآكل في حديد التسليح في الخرسانة 18

I. 10.2 .1 التحول الكربوني للخرسانة في الغطاء الخرساني 19

I.10.2.2 تغلغل الكلوريدات في الخرسانة من المياه المحيطة أو وجودها في الخلطة الخراسانية أصلا 20

I.10.2.3 وجود تشققات سطحية لأسباب أخرى غير الصدى بعمق يصل إلى أسلاك الحديد 21

I.10.3 التآكل في الخرسانة 24

I. 10.4 أسباب حدوث التآكل في الخرسانة 27

I. 10.4.1 تأثير كيفية انجاز المشاءات 27

2.4.10.I المقاومة لتأثير الكيماويات 28

الخلاصة 30

الفصل الثاني : الجانب النظري

1.II مدخل 31

2.II مكونات خرسانة الرمل 31

1.2.II الاسمنت 31

2 2.II الرمل 31

3 2.II الحصى 33

4.2.II الماء 35

5.2.II الاضافات : Les adjuvants 35

3.II طريقة صياغة خرسانة الرمل 36

1.3.II الطريقة التجريبية لصياغة خرسانة الرمل 37

4.II خصائص خرسانة الرمل 37

1.4.II خصائص خرسانة الرمل قبل التصلب 37

2.4.II خصائص خرسانة الرمل بعد التصلب 37

1.2.4.II الخصائص الميكانيكية لخرسانة الرمل 37

1.1.2.4.II مقاومة للضغط 38

2.1.2.4.II مقاومة للشد 39

3.1.2.4.II الكتلة الحجمية 41

5.II الديمومة 42

6.II مزايا وميادين استعمال خرسانة الرمل 42

الخلاصة 44

الفصل الثالث : الجانب العملي

1.III مدخل 45

2.III خصائص المواد المستعملة 45

1.2.III الرمل 45

III. 2.2 الحصى 54
III.3.2:الاسمنت 55
III. 4.2 الماء 58
III.3 صياغة الخلطة الخراسانية 60
III. 4 حساب حجم عينات الاختبار 67
III.5 صياغة وتحضير الخلطة 69
III.6 مدخل 76
III.7طرق التجارب 76
III.7.1 تجربة التحطيم للشد بواسطة الانحناء 76
III.7.2 تجربة التحطيم بالضغط 77
III.8 نتائج مقاومة للشد بواسطة الانحناء 78
III.9 نتائج مقاومة اللضغط 80
III.10 نتائج الضياع في الكتلة 83
III . 11 مقارنة بين الخرسانة العادية وخرسانة رمل الكثبان 86
الخلاصة 87

فهرس الأشكال

الشكل I .1 آليات تآكل حديد التسليح 24

الشكل I .2 التأثيرات البيئية والمناخية التي تزيد من الثاكل 26

الشكلIII .1 منحنى تجريه الترتيب الحبيبي100% رمل الكثبان 50

الشكلIII .2 منحنى تجريه الترتيب الحبيبي100% رمل طبيعي 51

الشكلIII .3 منحنى تجريه الترتيب الحبيبي40% رمل الكثبان و60 %رمل طبيعي 52

الشكلIII .4 منحنى تجريه الترتيب الحبيبي للحصى 54

الشكلIII .5 منحنىOAB 63

الشكل III.6 منحنى الترتيب الحبيبي للخليط 66

الشكل III.7 يوضح آلة التحطيم بالانحناء 76

الشكل III.8 يوضح آلة التحطيم بالضغط 77

الشكل III.9 منحنى نتائج المقاومة للشد بواسطة الانحناء 78

الشكل III.10 الأعمدة البيانية لنتائج مقاومة للشد بواسطة الانحناء 79

الشكل III.11 منحنى نتائج المقاومة بالضغط 81

الشكل III.12 الأعمدة البيانية لنتائج مقاومة الضغط 81

الشكل III.13 منحنى أوزان العينات الاسطوانية 83

الشكل III.14 منحنى أوزان العينات الاسطوانية 83

الشكل III.15 الأعمدة البيانية لأوزان العينة الاسطوانية 84

الشكل III.16 الأعمدة البيانية لأوزان العينة المربعة 84

الشكلIII. 17 الأعمدة المقارنة بين عينات الرمل الطبيعي ورمل الكثبان 85

قائمة الجداول

جدول I.1 يوضح صيغة خرسانة الرمل في مصنع بني صاف 6

جدول I.2 تقدير المياه الملوثة عبر إقليم وادي سوف 13

جدول I.3 تحليل المياه السطحية 17

جدول II.1 نتائج التدرج الحبيبي 32

جدول II.2 نتائج معامل النعومة 32

جدول II.3 الكتلة الحجمية للرمل 33

جدول II.4 التدرج الحبيبي للحصى 34

جدول II.5 الكتلة الحجمية للحصى 34

الجدول II .6 نتائج مقاومة الضغط لبعض تركيبات Laid BEDADI لخرسانة الرمل 38

الجدول II .7 نتائج مقاومة الضغط لبعض تركيبات Aissa BENTATA [42] لخرسانة الرمل 38

الجدول II .8 نتائج مقاومة الضغط لبعض تركيبات Laid BEDADI لخرسانة الرمل الطبيعي 39

الجدول II .9 نتائج مقاومة الضغط لبعض تركيبات Aissa BENTATA [42] لخرسانة الرمل الطبيعي 39

الجدول II .10 نتائج مقاومة الشد لبعض التركيبات الخراسانية لأعمال Laid BEDADI 40

الجدول II .11 نتائج مقاومة الضغط لبعض تركيبات Aissa BENTATA [42] لخرسانة الرمل 40

الجدول II .12 نتائج مقاومة الشد لبعض تركيبات Laid BEDADI لخرسانة الرمل الطبيعي 40

الجدول II .13 نتائج مقاومة للشد لبعض تركيبات Aissa BENTATA [42] لخرسانة الرمل الطبيعي 41

الجدول III.1 النسب المئوية للمكونات الكيميائية للرمل الطبيعي و رمل الكثبان 46

الجدول III.2 الكتلة الحجمية الظاهرية والمطلقة للرمل الطبيعي و رمل الكثبان 47

الجدول III.3 النسب المئوية لمعامل امتصاص الماء A_b 47

الجدول III.4 النسب المئوية للمكافئ الرملي ES 48

الجدول III.5 نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الأول 100% رمل الكثبان(الوادي) 50

الجدول III.6 نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الثانية : 100% رمل طبيعي(منطقة عسيلة الوادي) 51

52
الجدول III.7 نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الثالثة : 40% رمل الكثبان(الوادي) +60% رمل طبيعي(منطقة عسيلة الوادي)
53
الجدول III.8 معيار النعومة لكل عينة
54
الجدول II .9 نتائج تجربة التدرج الحبيبي لمنطقة حاسي مسعود
55
الجدول II .10 نتائج تجربة الكتلة الحجمية لحصى حاسي مسعود
57
الجدول III.11 التحليل الكيميائي للاسمنت
58
الجدول III.12 الخصائص الميكانيكية والفيزيائية لإسمنت مصنع عين التوتة
59
الجدول III.13 التركيبة الكيمائية للماء المستعمل
60
الجدول III.14 يوضح الاوساط العدوانية لتربة
61
الجدول III .15 معامل حبيباتG
63
الجدول III .16. : قيمة معامل التصحيح K
64
جدول III .17 قيمة هبوط الخرسانة الطازجة
65
جدول III .18 قيمة معامل التراص
78
جدول III.19 نتائج مقاومة الانحناء
80
جدول III.20 نتائج مقاومة الضغط

فهرس الصور

الصورة I .1 منارة بورسعيد	2
الصورة I .2 مترو الأنفاق	3
الصورة I.3 العوارض بخرسانة الرمل مصنع بني صاف	6
الصورة I .4 نقطة ساخنة للتلوث	14
الصورة I .5 تأكل حديد التسليح	22
الصورة I .6 تآكل بفعل الخاصية الشعرية	27
الصورة I .7 تأثير أملاح الكبريتات	29
الصورةIII .1 الأدلة المستعملة في تجربة المكافئ الرملي	48
الصورةIII .2 غرابيل الترتيب الحبيبي	49
الصورة III.9 آلة خلط الخرسانة (EN 1297-3)	69
الصورة III. 10 الخرسانة الطازجة في آلة الخلط	70
الصورة III.11 قوالب الصب	71
الصورة III.12 صب الخرسانة في القوالب	72
الصورة III.13 نزع القوالب من عينات الاختبار	72
الصورة III.14 تصلب العينات بعد الصب	73
الصورة III.15 منطقة دفن العينات	74
الصورة III.16 وضع العينات في مكان الاختبار	74
الصورة III.17 دفن العينات في مكان الاختبار	75

قائمة الترميز

ADE : الجزائرية للمياه

A.N.R.H : الوكالة الوطنية للموارد المائية

المقدمة العامة

المقـــدمة العـامـــــة

إن تطوير مواد البناء منذ القدم كان الشغل الشاغل ومن المواد التي شاع استعمالها منذ زمن كمادة بناء نجد الخرسانة وهي الخليط المركب من نسب مدروسة من ركام وماء ورابط يربط حبيبات الركام بعضها مع بعض .

يعتبر الركام الهيكل العام لجسم الخرسانة وهو مكون أساسا من حصى ورمل , فالحاجة إليهما هي الحاجة إلى البناء وبما أنهما عناصر غير متجددة في الطبيعة فان جل العالم يعاني من مشكل قلت وجلب هذين المادتين .

أن الرمل المستعمل في الإنشاء أغلبه مجلوب من الوديان أو من شواطئ البحار وهو الرمل الذي تتوفر فيه الشروط المنصوص عليها في علم البناء وهو في تناقص مستمر .

وأمام هذه الندرة من هذه المادة والوفرة الملحوظ التي تقابلها لرمال الكثبان في وطننا عموما وفي الجنوب خصوصا, هناك عدة أبحاث أقيمة على مستوى وطني وعالمي تعنا بدراسة خرسانة الرمل وبالخصوص خرسانة الرمل برمل الكثبان إلا أن هذه الرمال تعاني من مشكل النعومة . والسؤال الذي يطرح نفسه هو ما مدى إمكانية تثمين هذه المادة واستعمالها في البناء وما هي العوامل التي تمكننا من إيجاد حلول لهذا المشكل الذي يعاني منه رمل الكثبان .

وعليه في هذا البحث حاولنا المشاركة في الإجابة على السؤال السابق وذلك باستغلال رمال الكثبان في إنشاء خرسانة الرمل و إضافة رمال الواد كمحسن لهذه المادة من جهة .
ومن جهة قمنا بدراسة ظاهرة صعود المياه حيث تطرقنا الى أسبابها وتاثيرها على العمران ومن هنا سندرس تأثير هده المياه على الخرسانة.

وقد قسمنا عملنا هذا إلى ثلاثة فصول تطرقنا في الفصل الأول إلى خرسانة الرمل وتاريخها ودرسنا ظاهرة صعود المياه وكيفية تأكل حديد التسليح.
وفي الفصل الثاني تطرقنا إلى الجانب النظري درسنا فيه مكونات الخرسانة وبعض التجارب السابقة التي أجريت عليها .

وأما الفصل الثالث فقد قسمناه إلى جزئين الجزء الأول درسنا فيه خصائص المواد المستعملة في **الخرسانة وأما** الجزء الثاني قمنا بصياغة الخلطة ودراسة النتائج.

وفي الأخير نقدم خلاصة عامة على خصائص خرسانة رمل الكثبان ومدى جدوا إدخال رمال الواد عليها وذلك اعتمادا على ما تحصلنا عليه من نتائج .

الفصل الأول

1.I مدخل :

تعتبر كمية رمل الكثبان الكبيرة المتواجدة في وطننا مادة سهلة الحصول ولكن يبقى مجال استعمالها محدود جدا، لذا فكر كثير من الباحثين في استغلال هذه المادة في البناء، حيث طوروا خرسانة الرمل التي تستعمل رمل الكثبان، ويعود ذلك إلى استغلالها في مكونات مركبات مواد البناء إذ أجريت بعض التجارب على استعمال رمل الكثبان كمواد إضافية داخلة في تركيبة الإسمنت وقد تحصلوا على الكثير من النتائج المرضية. [1]

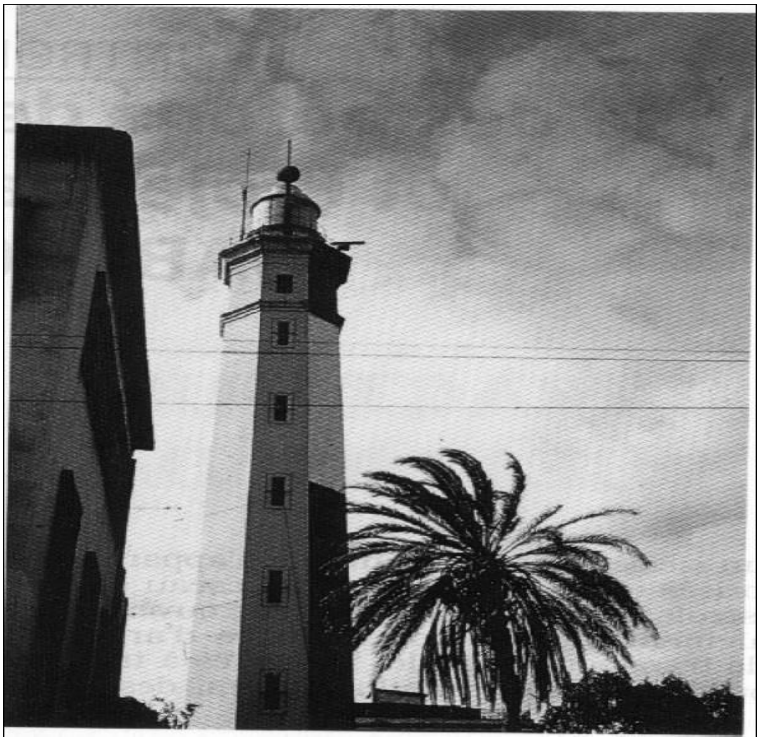
2.I تاريخ خرسانة الرمل

تعتبر خرسانة الرمل أقدم من الخرسانة العادية حسب POITEVIN، حيث ذكر أن أصل خرسانة الرمل يعود إلى السنوات 1850 – 1875 تحت اسم (الخرسانة المتكتلة Béton Aggloméré) والمتكونة أساسا من الرمل والماء والاسمنت. [2]

في سنة 1853 قام المهندس الفرنسي COIGNT بإنجاز بنايات اقتصادية بخرسانة تراكم (Béton Aggloméré) التي تعتبر أصل خرسانة الرمل والتي تتكون من خليط بدون حجارة،من رمل رماد بركاني لمسحوق الفحم و تربة غضارية محروقة و جير طبيعي وماء .هذه الخرسانة استعملت في عدة إنجازات من بينها منزل كبير من خرسانة مقولبة رقم 72 شارع شارل ميشال في باريس.

وقد ذكر POITEVIN أيضا أنه في سنة 1869 و 1872 تم إنجاز جزء من قناة ذات طول يبلغ 40 كلم باستعمال الخرسانة المتكتلة وذلك بغرض ربط النافورة الزرقاء (Fontaine bleu) بأورليان (فرنسا) [2].

وفي نفس السياق أنجزت في مصر سنة 1869 منارة بور سعيد بخرسانة رمل البحر والجير بطول قدره 52 متر.



الصورة 1.I منارة بور سعيد [2]

وقد نقل POITEVIN تقنيته إلى الولايات المتحدة الأمريكية حيث أنجز بين سنتي 1871 و 1872 جسر بخرسانة الرمل ببروكلين. [2]

وخلال عشرية 1970 - 1980 قلصت السلطات العمومية الفرنسية من رخص استغلال مواقع استخراج الحصى في مجاري الأنهار و بسبب مشاكل بيئية عويصة ناتجة عن استخراج الحصى و كذلك لأن رمل المحاجر موجود بكميات كبيرة وزائدة عن الحاجة، لهذا ظهرت الحاجة لخرسانة تقلص من استعمال الحصى وتستهلك الكميات الزائدة من الرمل ألا وهي خرسانة الرمل التي لها بعض الخصائص المماثلة للخرسانة. التقليدية، مما أدى إلى بروز مشروع سابلوكريت (Sablocrete) في بداية التسعينات [3].

وفي نهاية القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين بدأ ظهور الخرسانة التي تستعمل الحصى ذو الحجم الكبير مما أعطى نتائج مقاومة عالية تصل حتى 20MPa. ومنذ ذلك الحين تلاشى استعمال خرسانة الرمل تاركا مكانه للخرسانة الجديدة ذات المقاومة العالية المعروفة إلى أيامنا هذه.

وبالرغم من مرور مدة زمنية طويلة على إنجاز منشآت بخرسانة الرمل إلا أنها مازالت على قيد الاستخدام شاهدة على مدى صمود هذه الخرسانة.

3.I استعمالات خرسانة الرمل في العالم :

عند البحث على تاريخ خرسانة الرمل نجدها قد استعملت في العديد من المناطق في العالم التي نذكر منها : الاتحاد السوفياتي سابقا وفرنسا والشمال الإفريقي والخليج العربي.

1.3.I الإتحاد السوفيتي :

إن دول الاتحاد السوفيتي هي أول من أعاد اكتشاف خرسانة الرمل نظرا للحاجة الماسة للحصى حيث كان شبه مفقود في هذه الدول ويستدعي أحيانا نقله من مسافات تزيد عن 1000 كلم. ولقد قام NICOLAS DE ROCHEFIELD سنة 1918 بتجربة سحق خليط من الرمل و الكلينكر بنسبة متساوية و بعد ذلك كون بها خلطة خراسانية مكونة بنسبة 1 من المسحوق و 3 من الرمل ، وكانت مقاومة هذه الخرسانة مساوية لمقاومة خرسانة الرمل المكونة من 2/3 رمل و 3/1 إسمنت. ولقد قام ROBINDER سنة 1954 بتطوير هذه التجربة حيث اقترح سحق جزء من الرمل مع الاسمنت ثم الهز أثناء عملية الصب مما يؤدي إلى الحصول على خرسانة عالية الكتامة وذات تجانس أعظمي[3].

والصورة (**2.I**) توضح ميترو الأنفاق (Saint-Petersbourg) الذي استعمل فيه طبقة رقيقة من خرسانة الرمل مسبقة الصنع.

الصورة 2.I ميترو الأنفاق (Saint-Petersbourg) [2]

منذ 1814 قد أنجزت عدة منشآت بخرسانة مكونة من الرمل والإسمنت أو الجير وهي على سبيل المثال لا الحصر:

- مدارج المطارات الحربية.
- الطرق و الطرق السيارة.
- العمارات و الأسقف المثنية و عدة عناصر ذات التصنيع المسبق (Préfabriqué)
- الأنفاق و المترو.
- أشغال ترميم المنشآت الفنية.
- ستار منجز بقالب انزلاقي (Coffrage glissant) على مساحة كبيرة .
- سد آبار النفط المستنفذة.

2.3.I خرسانة الرمل في فرنسا :

إن استعمال الحصى في الخرسانة وانتشاره بشكل كبير ولد مشاكل بيئية عديدة كانت الأصل في عودة ظهور خرسانة الرمل في سبعينات القرن الماضي في الجنوب الغربي من فرنسا.
لكن بخلاف تجارب الاتحاد السوفيتي التي استدعت سحق الرمل من أجل الحصول على خرسانة ذات كتامة ومقاومة عاليتين
فإن التجارب في فرنسا كان هدفها تصحيح التدرج الحبيبي للرمل وذلك بإضافة بعض المحسنات (Filler).
ونتيجة لهذه التجارب تم صدور مستندات وتوصيات من طرف مراكز وجمعيات علمية (CEBTP, LCPC) كانت قاعدة انطلاق أبحاث هدفها تطوير الاستعمال الأمثل للرمل في الخرسانة. ومن ثم تم إنجاز العديد من المنشآت من طرقات وعمارات تجريبية بين 1989 و 1993[2].

3.3.II خرسانة الرمل في الخليج العربي:

إن استعمال خرسانة الرمل في الخليج العربي هو استعمال اقتصادي بحت، نظرا لوفرة الرمال من جهة ولقلة الحصى الكبير من جهة أخرى.

استخدمت خرسانة الرمل في هذه المناطق في إنجاز الأساسات والجدران الساندة والأسقف. مع العلم أنه كان مثل الملاط حيث كان المقدار الحجمي S/C يساوي 3/1، وكثافته حوالي 2.15.

ولم يتم الانتباه إلى التشققات الكبيرة الناتجة إلا بمقارناتها بالخرسانة العادية الموضوعة والمنجزة في نفس الشروط [2].

4.3.I خرسانة الرمل في الشمال الإفريقي :

الجزائر : في الجزائر قدر الطلب على الحصباء خاصة من قطاع الأشغال العمومية و البناء سنة 2002 بـ 80 مليون m^3 أمام عرض قدر بـ 30 مليون متر مكعب وذلك من أجل إنجاز مشروع الطريق السيار شرق غرب ، وطريق الهضاب العليا و ترميم 10000 كلم من الطرقات سنويا، مما سينتج كميات زائدة عن الحاجة من رمل المحاجر الذي لا يستعمل كثيرا في الخرسانة العادية ، وهذا حسب اليومين الدراسيين لوزارة الأشغال العمومية 22-2002/12/21 حول استغلال أنواع الحصى انطلاقا من المحاجر الصخرية **[3]**.

مما سبق يتضح لنا جليا أهمية خرسانة الرمل في تثمين مواد البناء المحلية لخفض تكلفة الإنجاز، إذ يمكن استعمال كل أنواع الرمل بما في ذلك رمل المحاجر الذي قدمنا أنه أصبح يسبب مشكل بيئي ان لم يستغل و رمل الكثبان (Sable de dune) الموجود في الصحراء , والذي بدوره يشكل مشكل بيئي متمثل في التصحر وغير ذلك وحيث أنه توجد ندرة في الحصى و طالما أن الدراسات أثبتت أن خرسانة الرمل المسلحة لها خصائص مماثلة للخرسانة المسلحة التقليدية.

أثبتت الدراسات التجريبية و النظرية التي تمت تحت إشراف منصوري **[3]** إمكانية صناعة عوارض سكك الحديد في المصنع الموجود في بني صاف بخرسانة الرمل حيث أن استعمال خرسانة الرمل عوض الخرسانة العادية يمكن من استعمال رمل المحاجر (Sable de concassage) بدلا عن الرمل الذي يستعمل حاليا و هو رمل البحر الذي يؤدي استعماله إلى مشاكل بيئية عويصة، و بينت الدراسات أن الخصائص الميكانيكية للعوارض المصنوعة بخرسانة الرمل في نفس المستوى مثل العوارض المصنوعة بالخرسانة العادية.نظرا لانطلاق مشاريع تجديد و توسيع شبكة سكك الحديد عبر نواحي عديدة من القطر الوطني مما سيؤدي إلى إنتاج مكثف لهذه العوارض ، لهذا استعمال خرسانة الرمل يمكن أن يؤدي إلى فائدة كبيرة اقتصاديا و بيئيا **[3]**. والصورة (3.I) توضح العوارض بخرسانة الرمل لمصنع بني صاف والجدول (**1.I**) يعطي صيغة خرسانة الرمل في هذا المصنع .

الصورة 3.I العوارض بخرسانة الرمل مصنع بني صاف [3]

الجدول **1.I** يوضح صيغة خرسانة الرمل في مصنع بني صاف **[3]** :

المكونات	الكمية
الاسمنت	392 Kg/m^3
رمل المحاجر	1485 Kg/m^3
الإضافات	3 **%**
الدقائق	215 Kg/m^3
الماء	201 l/m^3

ونظرا للتواجد الكبير لرمل الكثبان في الجنوب الجزائري ونقص الحصى بصفة عامة، فقد قام كل من المركز الوطني للدراسات والأبحاث الخاصة بالمنشآت (CNERIB) والمدرسة الوطنية المتعددة التقنيات بعدة أبحاث على خرسانة الرمل أهمها التي أجريت من طرف المهندسين CHELGOUM.F و LOUATI.M والمهندســـــين CHIKHI.H و OUCHERIF.N والمهندسين GUESSOUM.A و CHAID.A **[4]**.

وقد قام المهندسين الأوليين بدراسة على رمل كثبان لمنطقة الجلفة (صنف 0.63/0مم) الذي أعطى نفاذية مقدرة بـ 45 %.

حيث تحصل على مقاومة مقاربة 100 بار والتي تعتبر ضعيفة. ليأتي بعده المهندسين الثانيين للقيام بتحسين هذه المقاومة بواسطة الإضافات لتصل المقاومة إلى 210 بار في 28 يوما. وقد قام

المهندسين الأخيرين بدراسة على الزحف لأعمدة من خرسانة الرمل معرضة لأحمال متفاوتة والتي أعطت نتائج ضعيفة **[4]** .

وفي نفس الصدد وأمام ندرة الحصى قامت عدت جامعات أخرى بدراسات مختلفة حول إيجاد حلول لهذه الظاهرة من ناحية ومحاولة استغلال رمل الكثبان من ناحية أخرى ومن أهمها هذه الدارسات تلك التي قامت بها جامعة ورقلة وتحت إشراف كريكر عبد الواحد و بن طبة محمد الطاهر وفي إطار تثمين الموارد الطبيعية في المناطق الصحراوية قامت عدة أبحاث حول إمكانية استعمال رمل الكثبان في مجال الإنشاء كأعمال السادة : BELFERRAG ALLAOUA [6] وBENTATA AISSA[5] و BARKAT ABDEREZZAK **[6]** وBOUHNIK BRAHIM [7] .

أما في جامعة بسكرة والمتمثلة في أبحاث السادة : SALHI KAMEL **[8]** حول إمكانية استغلال رمل الكثبان كمحسن للاسمنت او التي قام بها السيد : HACHANA ABDELKRIM **[9]** إذ كان الهدف الرئيسي من خلال دراسته لهذا المشروع هو إظهار مدى إمكانية الاستعمال الجزئي أو الكلي لحبيبات (بقايا الخرسانة و الأجر الناتجة عن الهدم) كبديل للحبيبات الطبيعية في صناعة الخرسانة مما بوادي به الى تعويض جزاء أو كل لحبيبات الحصى النادرة .

مصر : نذكر أن خرسانة الرمل استخدمت لبناء كاسر الأمواج في مصر بسبب الافتقار إلى الحصى. كما أنجزت منارة بورسعيد سنة 1869 كما ذكرنا ذلك سابقا. [2].

ظاهرة صعود المياه

4.I تاريخ و تطور صعود المياه

لقد شهدت منطقة وادي سوف تطورا اقتصاديا و اجتماعيا متسرعا من بعد الاستقلال مما ترتب عليه توجه السكان إلى التوسيع في حفر آبار الطبقة السطحية و طبقة المركب النهائي لتلبية الاحتياجات التنموية في مجال الزراعة، و قد بد هذا التوسع كأنه عشوائيا تسبب في اختلال التوازن الهيدروجيولوجي الطبيعي الذي كان سائدا قبل ذلك و قبل الدخول في تحليل تاريخ و تطور هذا المشكل قد يكون من المفيد التعريف به.

5. I– التعريف بمشكل صعود المياه :

إن احتواء مدينة الوادي على مخزون مائي هائل متكون من 3 طبقات مائية أدى باستغلال الطبقة المائية السطحية نظرا لقربها من السطح , ولكن نتيجة لارتقاء المدينة إلى مركز ولاية وزيادة عدد السكان وكذا التوسع العمراني الكبير الذي عرفته المدينة أدى إلى استغلال الطبقتين المائيتين المتوسطة والعميقة إضافة إلى الاستهلاك الفردي الكبير للمياه الذي يصل إلى 120ل/اليوم للساكن , وكذا عجز شبكة الصرف الصحي وغياب مصب طبيعي للمياه المستعملة أدى إلى بروز المياه على السطح التي غمرت الغيطان المتواجدة داخل المحيط العمراني وما جاوره , كما غمرت سطح المناطق المنخفضة مكونة برك ومستنقعات من المياه الملوثة و من هنا تبرز ظاهرة صعود المياه الجوفية ،ذلك لأنها تؤثر بدرجة كبيرة على المساحات العمومية يظهر ذلك خاصة على مستوى واحات النخيل التي تعتبر أهم المساحات الخضراء في المدينة والتي فقدت منها الكثير ناهيك عن بعض الساحات التي أصبحت برك من المستنقعات.

<u>انقطاع في نظام الهيدروليكي مغلق:</u> المشكل هو عدم توازن بين حجم المياه المنتجة و المستعملة و مياه التصريف، إن المناطق الجافة متميزة بنظام هيدروليكي مغلق حيث الحوض يتكون من قاعدة نفوذ، ففي النظام التقليدي المياه مصدرها الوديان أو الطبقات السطحية ترمى بعد الاستعمال المنزلي في الحفر الصحية الغير النظامية [10] .

وفي النظام الجديد لمختلف الأنشطة الحضرية ترمى المياه المستعملة في مناطق بعيدة عن المجال الحضري بكل ما تحتويه من فضلات و نفايات. إن الكمية الغير متبحرة من هذه المياه تواصل حركتها لتصل إلى طبقة المياه السطحية خلال فترة زمنية طويلة لذا كان التوازن بين المياه المنتجة و المياه المصرفة لهذا بقي مستوى منسوب المياه ثابت، بعد هذا تضاعف

الاستغلال للطبقة عن طريق تمرير الآبار المجهزة بمجموعة مضخات بالمحركات، إضافة إلى تضاعف امتصاص النباتات للمياه فتقلص حجم المياه في الطبقة السطحية و انخفض منسوب المياه في الكثير من الواحات.

لكن استغلال الطبقات العميقة تترتب عنها نوع آخر من اختلال التوازن، الضخ الكبير ضم إلى حلقة المياه الملوثة التي لا تدخل إلى الأعماق و الغير مصرفة لخارج الحوض الهيدرولوجي فهي ترجع إلى الطبقة السطحية التي ترفع من حجم مياهها بشكل كبير.

عندما تضخ الطبقة السطحية بشكل منتظم و محدود قد تقدر على تكوين نتائج إيجابية، فالطبقة قريبة بها كميات كبيرة تدفع بالفلاحين إلى تجهيز آبارهم بالمضخات ذات المحركات وخلق مناطق زراعية جديدة، أو مناطق توسيعية للزراعات القديمة و من المفروض توخي الحذر من ملوحة المياه التي لا تلائم جميع الزراعات، لكن عندما تكون احتياج استغلال مياه الطبقات العميقة لتوفير حاجيات السكان لمياه الشرب و السقي لمساحات كبيرة و مستمر في الزمن فكنتيجة منطقية يرتفع منسوب مياه الطبقة السطحية و انتهى بالقرب من السطح أين هدد النخيل (الغيطان) والمساكن كما توجد حالات أين تظهر على السطح لتكشف عن اختلال التوازن الإيكولوجي [11] .

و كنتيجة : فإن النظام التقليدي كان يعمل في حلقة مغلقة بصبيب محدود فالتقنيات الجديدة دمجت مداخيل زائدة بدون أي مخرج. إذا النظام الايكولوجي في يومنا هذا اختل توازنه و نظامه بطريقة مفاجئة و عنيفة.

إن المشكل كمي و نوعي أيضا لأن مياه الطبقات العميقة عادة ما تكون ذات ملوحة قليلة من2 إلى 3غ/ لتر بالنسبة لطبقات القاري النهائي و القاري المحشور، أما الطبقات السطحية تتلقى مياه غسل الأراضي و التي تتملح تدريجيا لهذا لا يمكن أن تستعمل في السقي.

إذا المدينة خلقت المشكلة نتيجة الاحتياجات المتصاعدة و اللازمة أيضا، و لكن المطلوب من الريف أن يمتص المياه الزائدة التي من المفروض أن تصرف، فسكان الريف يبقون مكتوفي الأيدي أمام اختناق غيطانهم التي يكون المسؤول الوحيد عنها هو الفضلات الحفرية.

I .6– تاريخ مشكل صعود المياه :

قبل الحديث عن تاريخ مشكل صعود المياه، تجدر الإشارة إلى انخفاض مستوى مياه الطبقة السطحية الذي حدث بين (1930–1956) حيث عرف مستوى منسوب مياه السماط السطحي

انخفـاض كبير، حل بالمنطقة جفاف، ترتب هذا الانخفاض عن الاستعمال الكبير للسماط السطحي عن طريق الآبار المنشأة في نفس الفترة.

كما ترتب عن هذا الانخفاض موت العديد من الغيطان حيث وصل إلى 05 متـر عـن مسـتوى المنسوب الحقيقي فأثر سلبا على المردود الفلاحي مما رغم الفلاحين إلى تغيير الاسـتغلال مـن الطبقـة السطحية إلى الأسمطة الأخرى الأكثر عمقا [12] .

أما مشكل الصعود فقول صاحب المذكرة [40] التي انجزت سنة 2006 انه يرجع إلى 27 سنة من قبل حيث برز بشكل متفاقم و مـن المسـتحيل تجنبـه.انطلق ابتداءا من الأمطار الغزيرة لعام 1969، حيث كان الماء متواجد على بعد 2 إلى 3 أمتـار تحـت مستوى قعر الغيطان فأصبح 1 متر ثم تزايد و انتهى بغرق الغيطان و موت النخيل.

I .7 أسباب مشكلة صعود المياه

I.7.1- تشبع الطبقة بواسطة مياه الأمطار:

تتحرك مياه الطبقة السطحية وسط عمق يصل إلى25 متر في الجنوب، وبعض الأمتـار فـي شمال الولاية . هذه الطبقة مياهها مغذاة بمياه الأمطار، أما الأمطار التي سقطت على العرق الشرقي الكبيـر عام 1969 ساهمت بشكل كبير في رفع مستوى منسوب الطبقة السطحية الذي ترتب عنه موت النخيل في قطاع حاسي خليفة . [13]

في عام 1980م قدر معدل تساقط الأمطار ب 88.33 ملم.

في عام 1990م أمطار غزيرة قدر معدلها ب 171.83 ملم. [14]

بالرغم من كون أن تساقطات 30سنة الأخيرة تعتبر كعامل رئيسي في ارتفاع منسوب الميـاه السطحية، تبقى لا تفسر هذه المشكلة بصفة كلية، كون الكميات المتسـاقطة فـي السـنوات الثلاثـين الأخيرة أقل حجما من الكميات التي سقطت في الثلاثين سنة التي سبقتها. [13]

I.7.2- دور الطوبوغرافيا :

1 - نتائجها على الطبقة السطحية: إن الطبقة السطحية للأرض : تعطي نفاذية عالية تسمح بسيلان سريع جدا للطبقة السطحية، الشيء الذي يحدد إمكانيات التحلل ويرفع من تسرب المياه إليها خصوصا إذا كانت ملوثـة لأن هده الخاصية تزيد من غياب التطهير الطبيعي الذاتي. [15]

2 - على الانحدار :

إن الطبيعة الطبوغرافية و خصوصا الانحدار عمل كعائق كبير في مشاريع التنمية بالولاية، فالانحدار ضعيف جدا إلى منعدم يتراوح ما بين 0 و2 ‰ ،وهذا يؤدي إلى صعوبة إنشاء شبكة الصرف الصحي إضافة إلى افتقار المنطقة لمصبات طبيعية؛التي تعمل على تصريف المياه الزائدة، فهذا العنصر يساعد على تفاقم المشكل لكون قاعدة السماط السطحي على شكل مقعر ذو تموجات تظهر حدودها عند السطح على بعد 70 كلم غرب مدينة الوادي. لهذا تصرف المياه الزائدة للمدينة على بعد 4 كلم منها والتي بدورها ترجع لتغذية السماط السطحي. [16]
وأما اليوم يتم توجيه إلى شط حلوفة الذي يقع الى الشمال من عاصمة الولاية على مسافة تفوق ال 45 كلم .

.3.7.I - دور الجيولوجيا :

حسب دراسة الطبيعة الجيولوجية تبين أن المنطقة تتوضع فوق حوض رسوبي واسع مغطى بتكوينات الزمن الرابع ذو طبيعة رملية التي تتميز بنفاذية عالية، وهي تساعد في تغذية السماط السطحي الذي يختلف في عمقه من منطقة إلى أخرى. كما نضيف أن قعر الطبقة السطحية ذات الطبيعة الطينية الغير نفوذه تمنع تسرب المياه الزائدة ، فتظهر على السطح في بعض المناطق خاصة الغيطان و الأحياء المنخفضة أهمها : حي النزلة ، حي سيدي مستور ، حي الشط وحي الأصنام.

1-التربة:

تصنف تربة المنطقة إلى الترب الهيكلية أين تتكون من فتات الصخر أو ما تجمعه الرياح من رمال ، و بما أن الغطاء النباتي قليل فعندما يجف و يتأكسد بسرعة و لا يترك في التربة إلا القليل من المادة العضوية. و يبقى مفهوم التربة أقرب من الرواسب السطحية منه إلى مفهومها التطبيقي. [17]

إن تطور التربة يتضمن عمليات فيزيائية و كيميائية ينشأ عنها طبقات غنية بالكربونات و الجبس،وقد تكون هذه الطبقات تحت السطح فتشكل قشرة سطحية و هي جميعا لا توفر الفرصة لنمو النباتات، كما تمتاز تربة المنطقة بالمسامية العالية و ذلك حسب قانون "دارسي" في تصنيف الترب. وهذا ما ساعد على تسرب كميات كبيرة من الأمطار في الفصول الممطرة حتى و لو كانت قليلة الحدوث وكذلك تسرب المياه الملوثة بعد الاستعمال الزراعي (عن طريق

المبيدات والأسمدة) أو الاستعمال المنزلية (كيمياويات وفضلات الإنسان.) التي تساهم في رفع مستوى مياه الطبقة السطحية، و تلوثها أيضا.

I.4.7- الإفراط في استهلاك المياه :

إن إيصال مياه الشرب يشمل جميع التجمعات العمرانية فالتزويد بالمياه متوفر خلال ساعات طويلـة في اليوم يصل في بعض المراكز على 24/24ساعة، هذا الإيصال يتم عن طريق قنوات رئيسية وأخـرى ثانوية، تعاني الكثير من التسربات وذلك راجع إلى طبيعة صنعها(البلاستيك) الـذي لا يقـاوم الضـغط ودرجة حرارة المياه، خاصة المستخرجة من طبقة الألبيان، كل الكميات المتسربة تعـود لتغذيـة السماط المائي السطحي ولو بنسبة قليلة، زيادة على ذلك غياب عدادات المياه عبر كامل الإقلـيم، الشـئ الذي يدفع بالسكان إلى الإفراط في الاستهلاك لعدم إدراك قيمة هذا المورد كونه مجاني.

بعدما استغلت الطبقة السطحية و لوثت، انتقل الإنسان إلى استغلال باقي الطبقة الجوفية فأنجز تنقيبات في المركب النهائي، اختلف صبيبها حسب الاحتياجات كالآتي:

- السقي : التدفق مقدرة ب 31.417.131 م3 / سنة. [18]

- المشرب : التدفق مقدرة ب 46.488.644 م3 / سنة. [18]

كل هذه القيم الضخمة استخرجت دون تفكير المسؤولين في مخرجها أو مصبها أو الطريق الذي ستسـلكه بعد الاستعمال في غياب المصبات الطبيعية بالإقليم وغياب شبكات الصرف الصحي فهي تنتهـي بزيـادة حدة مشكل صعود المياه.

I.5.7- الصرف الصحي:

1 - تقدير المياه الملوثة:

هذه التقديرات تم انجازها من طرف الوكالة الوطنية لميـاه الشـرب و الميـاه الصـناعية و الصرف الصحي فهي قيم ثابتة فقد دعمت بالمعطيات التي هي في طور الحساب من أجل إنجاز شبكة الصرف الصحي و خاصة حساب أبعاد قنواتها

الجدول I. 1 تقدير المياه الملوثة عبر إقليم وادي سوف

البلدية	الصبيب المضخ (ل/ساكن/يوم)	الصبيب المستغل (م^3/اليوم)	صبيب المياه الملوثة (م^3/يوم)	صبيب المياه الملوثة(لتر/يوم /ساكن)	ملوث دون استهلاك (%)	استهلاك فعلي (%)
البياضة	324	8494	6795	259	83	17
الرباح	501	8624	6899	401	80	20
سيدي عون	256	2744	2195	205	80	20
النخلة	519	5200	4160	415	80	20
المقرن	252	5072	4058	202	81	19
حاسي خليفة	182	4620	3696	146	81	19
طريفاوي	388	2464	1971	310	80	20
رقيبة	296	9216	7373	237	81	19
ميه ونسة	184	2280	1824	147	80	20
ورماس	1146	5760	4608	917	80	20
واد العلندة	348	2050	1640	278	80	20
الواد	349	36780	29424	279	80	20
تاغزوت	647	7200	5760	518	80	20
حاسي عبد الكريم	314	5390	4312	251	80	20
قمار	350	10600	8480	280	80	20
دبيلة	355	7128	5702	284	80	20
عقلة	490	2750	2200	392	80	20
كوينين	455	3432	2746	364	81	19
المجموع		103843	129804			
المعدل	409			327		

المصدر: معالجة معطيات ENHPO 2006

2 وضعية الصرف الصحي:

وحدها مدينة الوادي متوفرة على شبكة الصرف الصحي و لكن بشكل جزئي، بلدية قمار تتوفر أيضا على شبكة صرف صحي لكن عاطلة عن العمل، نسبة وصل السكان الصرف الصحي في الواد مقدرة بـ 100%، أما باقي البلديات تفتقر لشبكة الصرف الصحي.

المياه الملوثة الحضرية و مياه الصرف موجهة و مرمية في داخل المنطقة المتواجدة في المستوى الأكثر انخفاضا بالنسبة لمحيطها الطوبوغرافي الذي يعتبر كمصب. هذه المنطقة موجودة بشرق مدينة الوادي ذات عمق بسيط مشغولة بمياه مالحة و ملوثة، تكون مع القمامة نقطة ساخنة للتلوث كما توضح الصورة

صورة رقم: (01) نقطة ساخنة للتلوث

الصورة I .4 نقطة ساخنة للتلوث [18]

I.6.7- الأسباب الصناعية

قطاع الصناعة يكون مصدر ضغط على الموارد و على شبكة الصرف الصحي ومشاريع و أعمال تطهير المياه الملوثة الحضرية..القطاع الصناعي داخل منطقة الدراسة يتميز بنشاط التحويل ،المعطيات المتعلقة بالدراسة غير كاملة بغياب المعطيات الدقيقة ومعلومات حول العمال، استهلاك مياه، النفايات، لا تسمح بالتقييم الدقيق لجزء التلوث الصناعي داخل المنطقة حيث إحصاء النشاطات المعطاة من طرف مفتشية البيئة لولاية الوادي يتجلى من خلالها مشكل كبير للتلوث الصناعي ، و ماعدا بعض النشاطات وبعض النفايات أو العناصر التي لا بد من مراقبتها مثل :

- نفايات و الهياكل المترتبة عن نشاطات المذابح

- المواد النشطة المستعملة لإنتاج المبيدات

كما يجب أن نشير إلى شيء هام أن معظم الوحدات الصناعية لا تملك عدادات مياه لمعرفة حجم المياه التي تستعملها الوحدات الصناعية الذي يسمح بتقييم أحجام المياه المرمية. و تقدم تعريف بالوحدات الصناعية التي يمكن وصفها تحت برنامج مناسب لاقتصاد الماء كما يستطيع أن يخدم هذا البرنامج بشكل مقبول إعادة تصفية المياه و تبريدها مثلا : صناعة البلاط .

7.7.I- النفايات

تعتبر النفايات مصدر قوي لتلوث مياه الطبقة السطحية و حتى المياه الجوفية فلا بد أن نشير إليها في هده الدراسة. خاصة أنها لا بد أن تؤخذ بعين الاعتبار في إطار مراقبة نوعية المياه السطحية و قبل الحديث عن أنواع النفايات التي تعاني منها المنطقة .

- 8.I انعكاسات ظاهرة صعود المياه :

ولها عدة انعكاسات سلبية على جميع المستويات

***1 على الجانب العمراني :**

- خلق تقاطعات ومساحات فارغة مغمورة بالمياه داخل النسيج الحضري والتي كانت من المفروض أن تستغل في مجال المساحات العمومية، وقد بلغت مساحة الغيطان حوالي 68.6هكتار بنسبة 4.6% من مساحة المدينة مما شوه المنظر الجمالي للمدينة ذلك لأن هاته الغيطان تستعمل كمزابل وأماكن لتصريف المياه المنزلية , بينما كانت قبل تأثيرها بالظاهرة تعتبر من المساحات الخضراء (واحات النخيل) .

- التأثير على توجه التوسع العمراني ،حيث أصبحت المناطق المتأثرة بالظاهرة من ضمن أكبر العوائق المتحكمة في توسع المدينة وهي منطقة الشط التي تبلغ مساحتها حوالي 146هكتار بنسبة 7.80% من مساحة المدينة .

- انخفاض قيمة العقار في الأحياء المتضررة مقارنة مع الأحياء الأخرى حيث يبلغ ثمن المسكن بكامله في المنطقة المتضررة قيمة عقار غير مبني في المناطق غير المتضررة .

- عدم صلاحية مواد البناء المحلية (الجبس) التي كانت مستعملة في البناء المعروف بمسامية الكبيرة والتأثر بالرطوبة مما أجبر السكان على ترميم مساكنهم باستعمال مواد بناء حديثة أكثر مقاومة للرطوبة من الجبس كالأسمنت و الأجر وهذا ما خلق نوع من الاختلاط في استعمال مواد البناء بين المحلية والدخيلة ، مما أثر على التناسق المعماري للبنايات خاصة داخل الأحياء القديمة (الأعشاش مثلا).

***2 على الجانب البيئي** :

- نمو الأعشاب الضارة بالغيطان واستعمالها كمزابل وأماكن لتصريف المياه المستعملة ، مما يساعد على تلويث المحيط وظهور الحشرات الضارة التي تهدد الإطار المعيشي للمواطن .

- تلويث مياه الطبقة السطحية الناجمة على آبار الصرف الصحي الفردية .

- ارتفاع الرطوبة غير الطبيعية في المناطق الصحراوية مما يهدد الدورة الطبيعية للكائنات الحية.

- التأثير على الصحة العمومية وهذا بظهور عدة أمراض منها : الحساسية ، مرض شمانيوز، الجلدي ،حمى الملا ريا، الكوليرا ،التهاب الكبد والتيفوئيد .....الخ.

*** 3على الجانب الاقتصادي :**

أدت ظاهرة صعود المياه إلى إتلاف عدد هائل من النخيل المنتج ،حيث بلغ عدد النخيل المتلف 120 ألف نخلة من بين 500 ألف نخلة ,إضافة إلى تهديد 230 ألف نخلة وبالتالي أثرت على منتوج التمور كما ونوعا ,إضافة إلى تدهور الغطاء النباتي وارتفاع نسبة البطالة راجعة إلى توجه الفلاحين إلى أعمال أخرى وبقاء بعضهم بدون عمل، كما تؤثر أيضا على الوظيفة التي كانت تلعبها في مجال الترفيه عن النفس.

من خلال الدراسة التحليلية لمدينة الوادي، والتي تطرقنا فيها إلى قراءة عن مدينة الوادي، وكذلك دراسة الخصائص الطبيعية للمدينة استخلصنا إلى عدة نتائج وهي كما يلي:

- موضع المدينة الصعب للتعمير فهي محاصرة بالكثبان الرملية والغيطان.

- الطبيعة الجغرافية لمدينة الوادي التي تتميز بضعف الانحدار والتربة الرملية.

- تضاريس المنطقة المتمثلة في الكثبان الرملية والغيطان ومنطقة الشط والتي تحكمت في اتجاه النسيج العمراني على طول المحاور الرئيسية مما أدى إلى التحام النسيج العمراني للمدينة مع النسيج العمراني لكل من البياضة وكونين.

- المناخ الصحراوي الذي لا يخدم التوسع العمراني العمودي.

I .9 نوعية مياه الطبقة السطحية : (الصاعدة)

المياه التي استعملناها هي المياه السطحية على مستوى منطقة الشط بالوادي حديقة التسلية ولقد تحصلنا على نتائج تحليل المياه السطحية للمنطقة من ADE

الجدول I .3 تحليل المياه السطحية

Ca ++ [mg/l]	Mg++ [mg/l]	NH4+ [mg/l]	Cl - [mg/l]	SO4 -- [mg/l]	HCO3- [mg/l]	NO3 - [mg/l]	NO2 - [mg/l]	pH
637	**75**	**0.10**	**588**	**3373**	**420**	**48**	**0.01**	**7.31**

نلاحظ عموما أن الأيونات الكبرى تتعدى القيم الثابتة المعمول بها عالميا لتزويد بمياه الشرب، هذه الكميات الموجودة في مياه الطبقة السطحية تجد مصدرها من انحلال و غسل الأملاح الموجودة في الطبقة المائية مثل: الكالسيت ($Caco_3$)، الجبس (halite ($Caso_4$،NaCL)) .... إلخ

10.I التآكل في المنشآت و آثاره السلبية

1. 10.I المقدمة

يعرف التآكل بأنه إفساد المادة أو خواصها نتيجة تفاعلها مع مؤثرات خارجية أو داخلية أو هو التلف الناتج عن تفاعل مادتين أو أكثر أو مكوناتهما في و جود وسط مساعد مثل الحرارة و الرطوبة أو الأملاح . و يحدث التآكل في المنشآت ببطء شديد وهدوء لكن الخسائر التي يسببها تفوق التصور , فمنها خسائر مادية و اقتصادية و منها صحية تتعلق بصحة الإنسان و تؤثر عليه مباشرة و البيئة المحيطة به .

فالمنشآت الصناعية و المباني مثل المدارس و المستشفيات و محطات التوليد و أعمدة نقل الطاقة و الجسور و الطرق و الموانئ و المطارات , تتأثر سلبا بحدوث التآكل في أجزائها مما يؤدي إلى قصر عمرها و الإقلال من فترة صلاحيتها و كفاءتها التشغيلية مما يزيد تكلفة صيانتها و تشغيلها , كما أن شبكات نقل و توزيع المياه و محطات الضخ و تخزين المياه تتعرض إلى التآكل سواء من داخل خطوط النقل و التوزيع و ملحقاتها أو من خارج الخطوط و الأجزاء الظاهرة و التي تتعرض لتغيرات مختلفة بيئية و مناخية . [19]

2. 10.I التآكل في حديد التسليح في الخرسانة

إن صدأ حديد التسليح هو أكثر مشاكل المنشآت انتشاراً فى منطقتنا العربية ويرجع معظم التصدع فى المنشآت الخراسانية ونقص عمرها الإفتراضى لصدأ الحديد. وتعتبر الخرسانة المسلحة من المواد التى تتحمل مع الزمن وتعيش طويلاً ويفضلها المهندسون عن كثير من أنواع المنشآت ولايقلل من عمرها وتحملها إلا صدأ الحديد. وقد يكون الصدأ بسيطاً ويظهر فى صورة تنميل خفيف -تشققات رفيعة- عند أسلاك التسليح أو بقع صدأ وقد يزيد فيؤدى إلى تساقط الخرسانة المكونة للغطاء الخرسانى وقد يصل الصدأ إلى حدوث انهيار للعضو الخرسانة بأكمله وخطورة صدأ الحديد أنه يبدأ ويستمر لمدة طويلة بدون ظهور أعراض وذلك لأن التدهور المصاحب لصدأ الحديد بطئ وقد يستمر سنين وخطورته أيضا أنه طالما بدأ فسيستمر حتى ولو أزيل مصدر الرطوبة ما لم يزال الحديد الصدئ والخرسانة المعيبة وتستبدل بخرسانة سليمة. وأى جراء يتبع لإصلاح الوضع المتدهور لخرسانة أصابها الصدأ يعتمد آلية على الفهم السليم لأسباب حدوث الصدأ ووسائل السيطرة عليه ومنعه من الاستمرار. والحقيقة أن الرطوبة والأكسجين هما وقود عملية الصدأ الذى يبدأ حينما تفقد الحماية التي توفرها الخرسانة للأسلاك نتيجة أسباب عديدة مثل زيادة نسبة الكلوريدات بالخلطة أو التحول الكربونى للخرسانة الخارجية

أو حدوث تشققات نتيجة أسباب أخرى غير الصدأ مما يسهل وصول الرطوبة إلى الأسلاك ويبدأ الصدأ. [20]

عندما يقل الغطاء الخرسانى عن حد معين يصبح السلك معرضاً للعوامل الجوية ويمكن أن يبدأ الصدأ فى وجود الرطوبة والأكسجين. وحتى مع وجود غطاء خرساني فإن الصدأ يمكن أن يبدأ عندما تقل قاعدية الخرسانة المحيطة بالأسلاك إلى الحد الذى ينخفض فيه الأس الهيدروجينى pH إلى 10 أو أقل ، ففى هذه الحالة تصبح الطبقة الحامية السلبية غير متزنة وتنكسر مما يجعل التيار الكهربائى يسري في السيخ ومن ثَمَ يبدأ الصدأ. وفقد القاعدية يحدث نتيجة لعامل أو أكثر من العوامل الآتية:

1- التحول الكربونى للخرسانة فى الغطاء الخرسانى .

2- تغلغل الكلوريدات فى الخرسانة من المياه المحيطة أو وجودها فى الخلطة الخرسانية أصلاً أو التربة المحيطة ايضا .

3- وجود تشققات سطحية -لأسباب أخرى غير الصدأ - بعمق يصل إلى أسلاك الحديد

وخاصة إذا كانت التشققات موازية لصلب التسليح.

I.10 .2 .1- التحول الكربوني للخرسانة فى الغطاء الخرساني

تفقد الخرسانة الغطاء الخارجي قاعدتيها نتيجة عملية تسمى التحول الكربونى للخرسانة وهى تفاعل ثانى أكسيد الكربون الموجود بالجو مع المواد القاعدية الموجودة بالخرسانة - هيدروكسيد الكالسيوم - محولاً إياها إلى كربونات في وجود الرطوبة : بواسطة التفاعل التالي

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \xrightarrow{water} CaCO_3 + H_2O$$

وكنتيجة لذلك تقل قاعدية الخرسانة إلى أقل من المستوى المطلوب لتوفير الحماية السلبية للأسلاك (أقل من 10). ونظراً لأن التحول الكربوني ينتج عن التفاعل مع ثاني أكسيد الكربون الموجود بالهواء فهو يبدأ من السطح ويمتد إلى الداخل. والخرسانة الجيدة غير المنفذة للماء لا يحدث لها تحول كربوني إلا في حدود طبقة سطحية جداً (عدة ملليمترات) حتى عندما يصبح المبنى قديماً ولكن الخرسانة الرديئة المنفذة للماء يحدث لها تحول كربوني بعمق يصل إلى عشرة أضعاف عمق التحول في الخرسانة الجيدة. وتحدث عملية متشابهة للتحول الكربوني في وجود

ثاني أكسيد الكبريت في الجو المحيط بالأعضاء الخراسانية وتسمى عملية التحول الكبريتي ، وتسبب أيضا نقص قاعدية الخرسانة المحيطة بأسلاك التسليح ، وإذا حدث تحول كربوني وكبريتي معاً فإن ذلك سيؤدى إلى زيادة وإن كانت بسيطة فى سرعة فقد الخرسانة لقاعدتيها. ولهذا يوصى بزيادة الغطاء الخرسانة لصلب التسليح في الأجواء الملوثة بالكبريتات. [21]

I.10 .2. 2- تغلغل الكلوريدات في الخرسانة من المياه المحيطة أو وجودها فى الخلطة الخراسانية أصلاً او التربة المحيطة ايضا:

تعتبر أيونات الكلوريدات من أكثر المواد التي تدمر الحماية السلبية لصلب التسليح داخل الخرسانة. وهذه الكلوريدات من الممكن أن تكون موجودة في الخرسانة من لحظة خلطها (مصادرها الركام أو ماء الخلط أو الإضافات المحتوية على كلوريد الكالسيوم) أو تصل إلى الخرسانة بعد استعمال المنشأ (مصادرها مياه البحر أو المياه الجوفية). ووجود الكلوريدات -أيا كان مصدرها- في الخرسانة يؤدى إلى تنشيط عملية الصدأ ولو كانت قاعدية الخرسانة ما زالت مرتفعة.

وصدأ الحديد نتيجة وجود كلوريدات داخل خلطة الخرسانة أخطر وأصعب في إصلاحه من الصدأ نتيجة التحول الكربوني لأنه بينما يمكن منع حدوث مزيد من التدهور في الأعضاء التي تحول تخرسانها السطحية كربونيا فلا توجد وسيلة فعالة لمنع التدهور في حالة وجود تركيز عالية من الكلوريدات داخل خلطة الخرسانة إلا إزالة الخرسانة المعيبة تماماً من حول أسلاك التسليح.

وتقوم أيونات الكلوريدات الحرة - الموجودة فى الماء داخل فراغات الخرسانة - بمهاجمة صلب التسليح وتسبب له الصدأ. وميكانيكية التفاعلات الكيميائية فى هذه الحالة معقدة إلى حد كبير ولكن يمكن القول ببساطة أن أيونات الكلوريدات قادرة على تعطيل التفاعلات الحادثة على سطح حديد التسليح والتي توفر له الحماية السلبية حتى وإن كانت قاعدية الخرسانة مازالت عالية ولم يحدث لها تحول كربوني أما فى حالة حدوث تحول كربونى فإن قيماً أقل من الكلوريدات ستدمر الحماية السلبية للحديد وسيصبح معدل الصدأ أسرع.

والملاحظ أنه في الفترة الأخيرة تم تقليل القيم المسموح بها في المواصفات العالمية والخاصة بنسبة تركيز الكلوريدات في الخرسانة وذلك في ضوء التجارب والخبرة المتاحة بحيث أصبحت

القيم المسموح بها الآن أقل بكثير من القيم التي كان يسمح بها سابقا. ومنع الكلوريدات من التغلغل في الخرسانة يعتمد أساساً على عدم نفاذية هذه الخرسانة كما يعتمد على سمك الغطاء الخرسانة.

I.10 .2 .3- وجود تشققات سطحية لأسباب أخرى غير الصدأ- بعمق يصل إلى أسلاك الحديد

تعتبر التشققات منفذاً سهلاً للأكسجين والرطوبة والكلوريدات ولذا فإن التشققات السطحية الموازية للأسلاك يمكن أن تسهل عملية الصدأ والتي ستؤدى بدورها إلى حدوث تشققات جديدة. وقد يكون سبب هذه التشققات الانكماش اللدن أو الهبوط اللدن وهى تشققات تحدث على أسطح البلاطات. وفى الحالات التي تكون فيها هذه الأسطح معرضة للأملاح تصبح هذه التشققات مخزناً للتلوث قريباً من الحديد العلوي. والأخطر من ذلك الفجوات التي تحدث تحت أسلاك التسليح عندما يحدث إدماء للخرسانة ويحدث لها هبوط لدن. هذه الفجوات يصعب جداً العثور عليها كلها وتشكل مصدراً دائماً للرطوبة وسبباً قوياً للصدأ لأن حماية أسلاك التسليح تعتمد على تغطية الخرسانة لسطح السيخ بأكمله. والحل الأمثل فى مثل هذه الحالات هو تجنب حدوث هذه الفجوات أصلاً بالتأكد من أن خواص الخرسانة مناسبة لطريقة صبها ومعالجتها. وهذا الأمر هام جداً لمنع حدوث الصدأ.

صدأ الحديد هو عملية كهر وكيميائية تحدث عند السطح الفاصل بين صلب التسليح والخرسانة وتحتاج إلى عامل مؤكسد (الأكسجين) ورطوبة وتيار من الإلكترونات يسرى من قطب موجب إلى قطب سالب في المعدن ويجب توفر الوسط الذي ينقل التيار الكهربي من القطب الموجب إلى السالب وهو عادة ماء أو محلول مائي به أملاح ذائبة. وتحدث في هذه العملية مجموعة من التفاعلات الكيمائية على النحو التالي - أنظر شكل (**I. 1**).

1 - يتحلل الحديد من القطب الموجب على هيئة أيونات الحديدوز ++(Fe) حسب التفاعل:

$$2Fe \longrightarrow 2Fe^{++} + 4e^{-}$$

2- تنتقل الالكترونات المتولدة من التفاعل السابق (-e4) فى سيخ الحديد إلى منطقة القطب السالب حيث تتفاعل مع الأكسجين والماء مكونة أيونات الهيدروكسيد (OH) حسب

التفاعل:

$$2H_2O + O_2 + 4e^{-} \longrightarrow 4(OH)^{-}$$

3- عند تقابل نواتج التفاعلين -أيونات الحديدوز مع أيونات الهيدروكسيد- يترسب هيدروكسيد الحديدوز وفقاً للتفاعل:

$$2Fe^{++} + 4(OH)^{-} \longrightarrow 2Fe(OH)_2$$

4- يتأكسد هيدروكسيد الحديدوز الناتج بفعل الأكسجين والماء إلى أيدر وكسيد ألحديدك - تفاعل ثانوي- الذي يتحلل مكوناً صدأ الحديد (أكسيد الحديد) طبقاً للتفاعل:

$$2Fe(OH)_2 \xrightarrow{O_2 + H_2O} 2Fe(OH)_3 \longrightarrow Fe_2O_3.H_2O$$

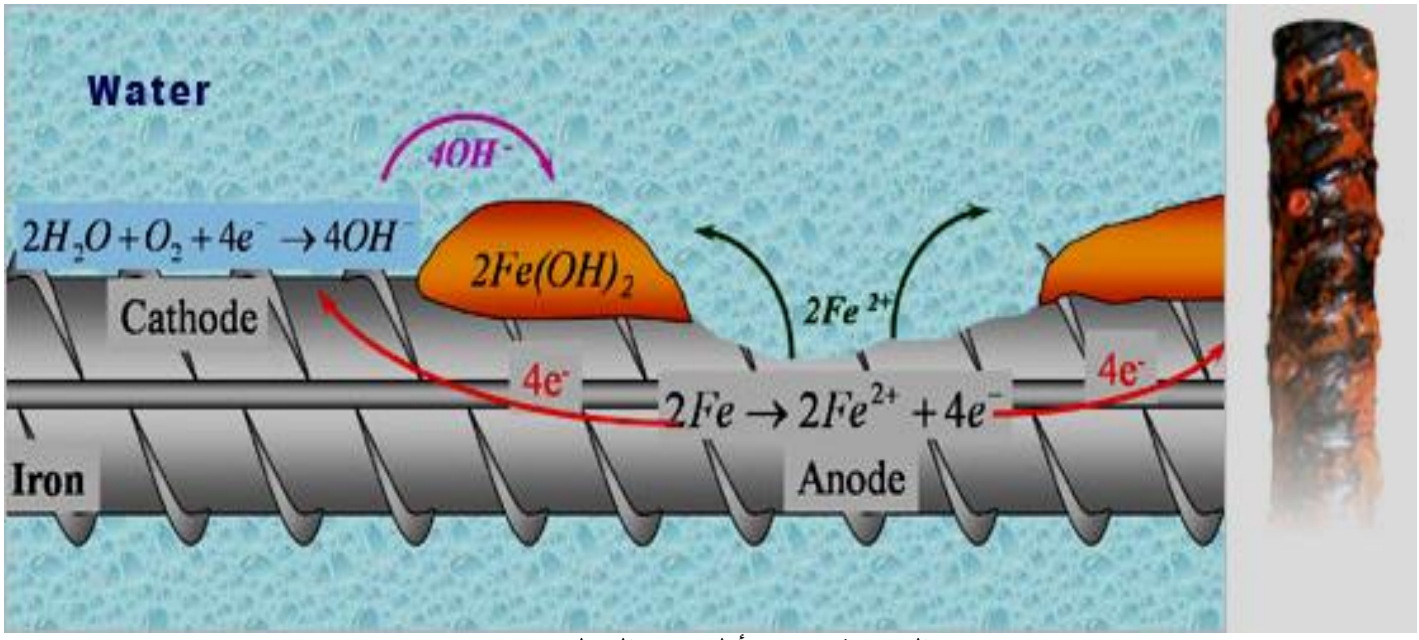
$$Fe^{+} + \frac{1}{2}O_2 + H_2O \rightarrow Fe^{2+} + 2OH^{-}$$

$$Fe^{2+} + 2OH^{-} \rightarrow Fe(OH)_2$$

$$2Fe(OH)_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow Fe_2O_3 + 2H_2O$$

$$3Fe(OH)_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow Fe_3O_4 + 3H_2O$$

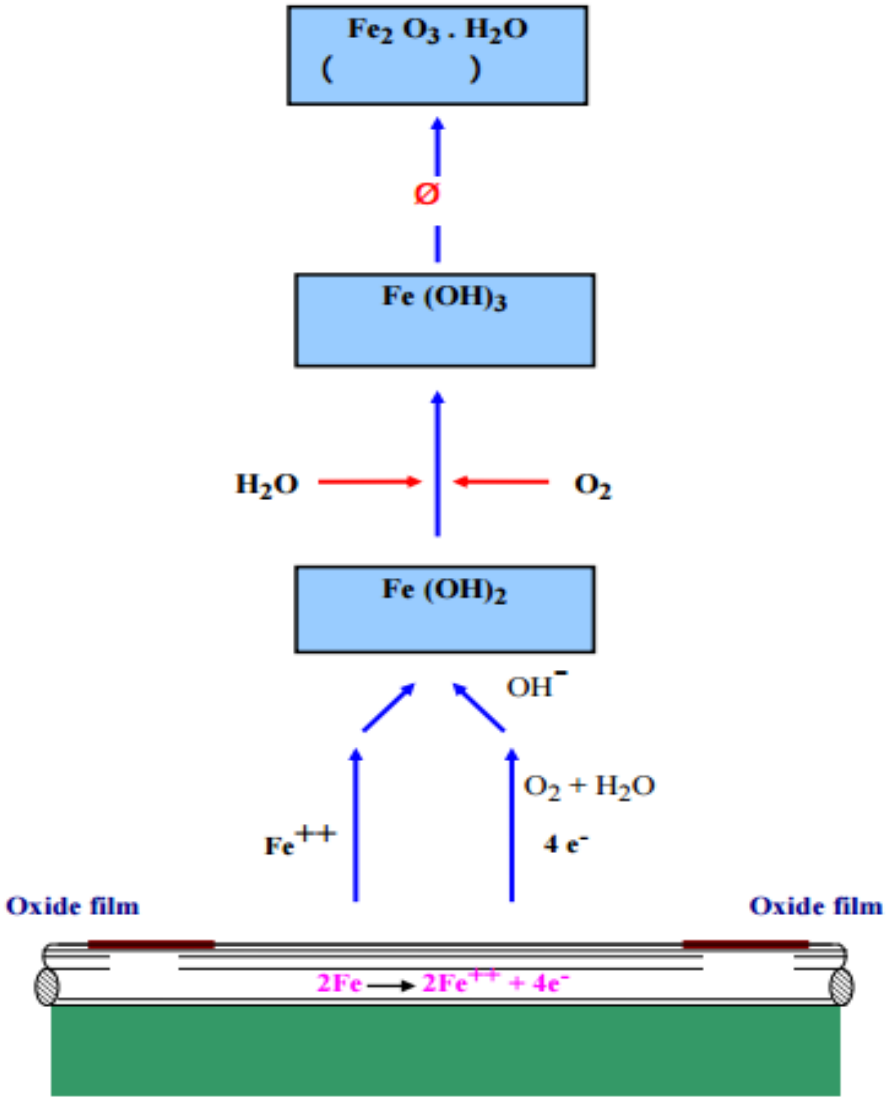
$$Fe(OH)_3 \rightarrow FeO(OH) + H_2O$$



الصورة I .5 تأكل حديد التسليح [22]

ويعتبر أكسيد الحديد الناتج شديد الامتصاص للماء وضعيف الالتصاق بالحديد ، وبذلك يسهل إزالته بالذوبان المبطئ تاركاً سطح الحديد ليسمح بتكون صدأ جديد ويمكن عن طريق قياس التيار الكهربائي في أسلاك الحديد الصداة معرفة الصدأ في الأسلاك التي يصعب الكشف عليها ، وهذا يساعد على تحديد درجة خطورة المنشآت الخراسانية المعرضة للصدأ. وهيدروكسيد الحديد الناتج يزيد حجمه عن حجم السيخ الأصلي زيادة كبيرة مما يؤدى إلى تولد إجهادات انفصالية

عالية حول أسلاك التسليح تؤدى إلى تشققات طولية موازية للأسلاك وعند زيادة الصدأ عن ذلك تبدأ الخرسانة السطحية فى التساقط. [21]



الشكلI .1 آلية تأكل حديد التسليح [22]

3. 10.I التآكل في الخرسانة

الخرسانة هي الحجر الصناعي الناتج عن تصلب الخلطة المنتقاة من الرمل و الحصويات و المادة الرابطة و هي الاسمنت و الماء , و هي من أهم المواد الإنشائية لسهولة الحصول عليها و رخص تكلفتها و تحملها للظروف البيئية المختلفة و هذا الحجر الصناعي ناتج عن تفاعلات معقدة بين المكونات الرئيسية للاسمنت و الرمل و الحصويات التي تتكون في الغالب من المواد التالية :

أكسيد الكالسيوم	**cao**	**بنسبة 64 – 67%**
أكسيد السيليسيوم	**Sio_2**	**بنسبة 19 – 24 %**
رؤ أكسيد الالومنيوم	**Al_2O_3**	**بنسبة 4 – 7 %**

و أكاسد اخرى مثل المغنيزيوم Mgo و البوتاسيوم K2O و أكسيد الصوديوم .
تؤثر هذه النسب من الاكاسيد على جودة الاسمنت و ظهور تشقق بنسب متفاوته في الخرسانة التي تساعد على دخول الأبخرة المائية و الأحماض و الكلوريدات إلى حديد التسليح فيبدأ التآكل و يزداد ببطء شديد فتبدأ عملية تخريب الخرسانة , و بهذه التفاعلات الكيميائية و الفيزيائية الحاصلة بعد خلط المواد المكونة للخلطة الخرسانية تنحل مكونات الاسمنت مكونة محلول غروي يغلف حبات الحصويات ثم اعادة تبلورجزيئات المواد المحيطة يصاحب ذلك تصلب في العجينة كما يلي :

$$3CaO.SiO_2 + (n+1)\,H_2O \longrightarrow 2CaO.SiO_2\ nH_2O + Ca(OH)_2$$

$$2CaO.SiO_2 + nH_2O \longrightarrow 2CaO.SiO_2\ nH_2O$$

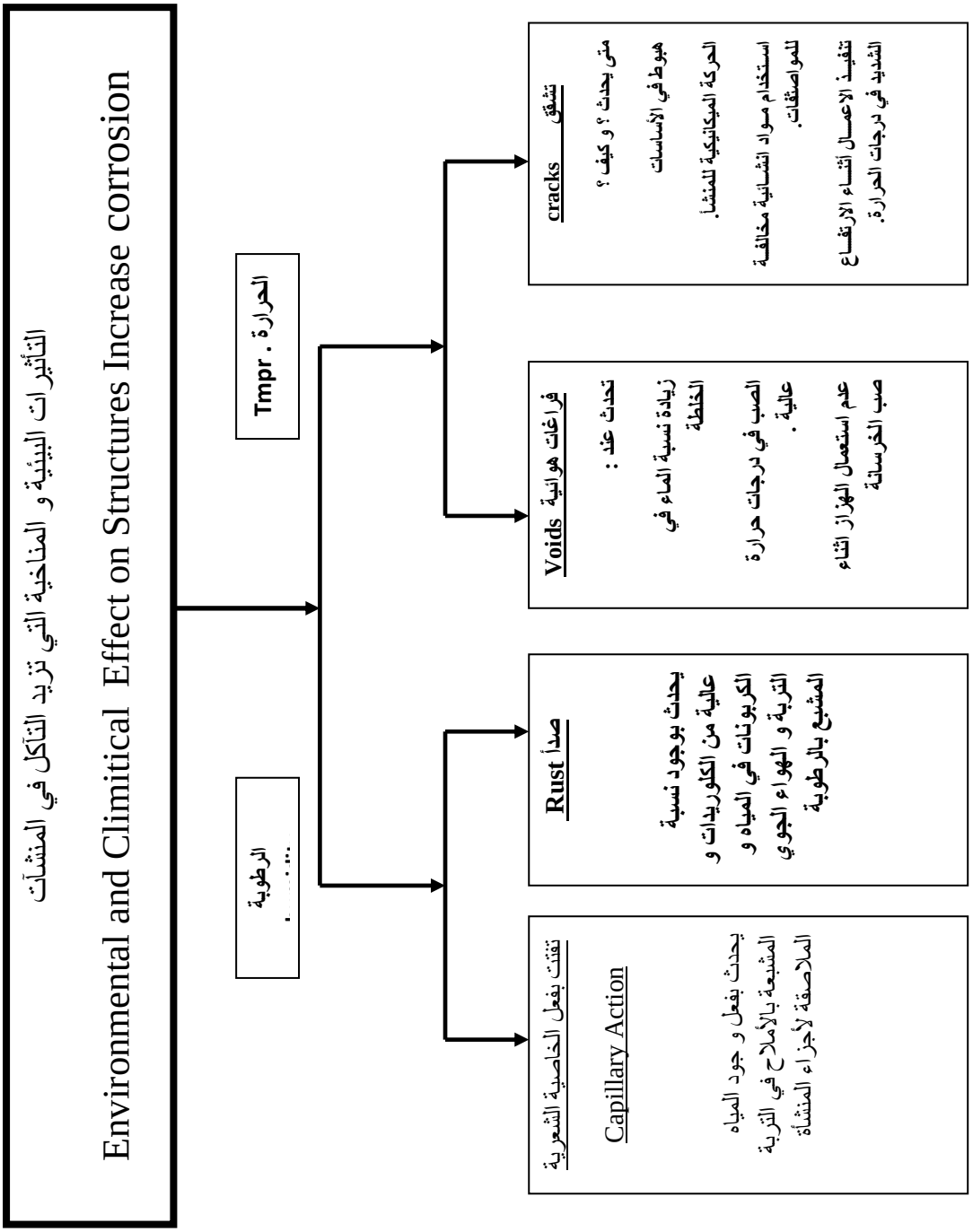
$$3CaO.AL_2O_3 + 6H_2O \longrightarrow 3CaO.AL_2O_3.6H_2O$$

$$4CaO.AL_2O_3.Fe_2O_3\ mH_2O \rightarrow 3CaO.AL_2O_3.6H_2O + CaO.Fe_2O_3.(m-6)\,H_2O$$

فإن سرعة تفاعل هذه الاكاسيد هي التي تحدد سرعة تصلب الخلطة أما دور الاكاسيد الفعالة مثل اكاسيد السيليسيوم الذي يتفاعل مع هيدروكسيد الكالسيوم Ca(OH)2 التي تتشكل من سيليكات الكالسيوم الثلاثية التي تتصلب و ترفع درجة مقاومة الاسمنت للتآكل و في نفس الوقت يحدث تفاعل الكربنة بين هيدروكسيد الكالسيوم و غاز ثاني اكسيد الكربون من الهواء الجوي و بخار الماء كما يلي :

$$Ca(OH)_2 + CO_2 + nH_2O \longrightarrow CaCO_3 + (n+1)\,H_2O$$

تتبلور كربونات الكالسيوم بسرعة أكبر . [22]



شكل (2.I) التأثيرات البيئية و المناخية التي تزيد من التآكل [23]

I.10. 4 أسباب حدوث التآكل في الخرسانة

I.10. 4. 1 تأثير كيفته إنجاز المنشأة

تعود الأسباب التي تزيد من حدوث التآكل في المنشآت الخرسانية إلى :

- عدم كفاية الدراسة الأولية في التصميم الإنشائي للمنشأة , و عدم إتباع المواصفات القياسية لتصميم و تنفيذ الخرسانة المسلحة خصوصا في حساب الاحمال المعرض لها المبنى و عدم اختيار نظام انشائي لنقل الاحمال بطريقة صحيحة أو على الاقل من نسبة حديد التسليح , و إهمال الظروف المحيطة بالمنشأ , مثل منسوب المياه الجوفية ووجود الأملاح في التربة .
- إهمال في طريقة التنفيذ في كامل أجزاء المنشأ مثل تصميم الخلطات الخرسانية و عدم استعمال المعدات الصحيحة في خلط و صب و دك الخلطة الخرسانية و قلة كفاءة الشده الخشبية و إهمال اختبار الجودة للخرسانة مثل slump test و قلة كفاءة الشدة الخشبية أو فكها قبل و صول مقاومة الخرسانة إلى مستوى مناسب و إهمال معالجة فواصل الصب أو اهمال الغطاء الخراساني المناسب حسب أجزاء المنشأ .
- قصور و اهمال في مكونات الخرسانة مثل استعمال حصويات خير متدرجة و تحتوي على أملاح و مواد عضوية .
- إهمال في عزل الماء و الرطوبة حيث إن الإهمال في الأسطح و دورات المياه و الأساسات عند ارتفاع منسوب المياه الجوفية ثم احتوائها على نسبة عالية من الكلوريدات أو الأملاح الضارة التى تتسرب بواسطة الخاصية الشعرية إلى داخل الخرسانة ثم تصل الى حديد التسليح فيتسبب تآكل بدرجة عالية و عدم تماسك الغطاء الخراساني في المنشأة خاصة في الأساسات .

Corroded Re-inforcement in Column at the front

Corroded reinforcement in the Ground Floor Column at the corner

الصورة (I.6) تآكل بفعل الخاصية الشعرية [23]

- هناك مؤثرات تؤثر سلبا على المنشأ لم تؤخذ في الحسبان عند التصميم مثل وجود الغازات الضارة الموجودة بكثرة في الاجواء الصناعية او تلف الارضيات من جراء استخدام المواد الكيماوية في المختبرات و مصانع الأسمدة و البتروكيماويات , او تعرض المنشاة للزلازل و الاهتزاز الأرضي نتيجة لوجود المنشأ بالقرب من محطة و خطوط السكك الحديدية
- الصب في درجات الحرارة العالية يؤدي إلى تشقق في الخرسانة و تكوين فجوات هوائية داخل الخرسانة . [23]

10.I .2.4. المقاومة لتأثير الكيماويات

يتعرض جزء صغير من المنشآت الخرسانية فى بعض الأحيان إلى تأثير الكيماويات ويجب الإبتعاد ما أمكن عن هذه التأثيرات لأن مقاومة الخرسانة للكيماويات غالباً أقل من مقاومتها للمؤثرات الأخرى. ومن التأثيرات الشائعة للكيماويات تأثير أملاح الكبريتات وماء البحر والمياه الحامضية الطبيعية وتتوقف مقاومة الخرسانة للكيماويات على نوع الأسمنت المستخدم فى صنعها. كما أن كثافة الخرسانة وعدم منفذيتها للماء تؤثرعلى تحمل الخرسانة بدرجة قد تفوق تأثير إختلاف نوع الأسمنت. وفيما يلى توضيح موجز عن تأثير أهم الكيماويات الشائعة على الخرسانة:

أ . أملاح الكبريتات

تشتمل أملاح الكبريتات الموجودة فى التربة والمياه الجوفية والتى قد تسبب أضراراً للخرسانة على كبريتات الكالسيوم وكبريتات الصوديوم وكبريتات المغنسيوم وكبريتات البوتاسيوم وهذه الكبريتات بإستثناء كبريتات الكالسيوم تتفاعل مع هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$ (الجير الحر) الموجود داخل الخرسانة المتصلبة وينتج من هذا التفاعل كبريتات الكالسيوم (الجبس) فكبريتات الكالسيوم المتكونة تتفاعل بدورها مع ألومينات الكالسيوم لتشكل ألومينات الكالسيوم الكبريتية المائية أى ويشار إليها عادة بإسم الإترنجايت

وتسبب بلورات الإترنجايت ضغطاً داخلياً يؤدى الى تشرخ الخرسانة وتلفها. ويتم وقاية الخرسانة فى التربة الغنية بالكبريتات وذلك بعمل طبقة من الأسفلت أو دهانها بالبيتومين أو غيرها من الطبقات العازلة على أن تكون ملتصقة تماما بسطح الخرسانة حتى لا تنفصل عنها ويمكن إستعمال الخرسانة الجيدة المخلوطة بالأسمنت البورتلاندى فى التربة المحتوية على نسبة قليلة

من الكبريتات. وفى حالة التربة المحتوية على نسبة كبيرة من الكبريتات فإنه من الضرورى الإهتمام بتصميم الخلطة الخرسانية وإستعمال الأسمنت البورتلاندى المقاوم للكبريتات.

$$Ca(OH)_2 + Na_2SO_4 + 2H_2O \longrightarrow CaSO_4.2H_2O + 2NaOH$$

ب . الأحماض

إذا تواجد ثانى أكسيد الكربون أو ثانى أكسيد الكبريت فى ظروف جوية رطبة أو أية أبخرة حامضية أخرى فإنها تهاجم الخرسانة فتذيب وتزيل جزءاً من الأسمنت وتكون طبقة لينة (Soft) تسهل إزالتها من سطح الخرسانة. ويحدث مثل هذا التأثير فى المداخن وفى الخرسانة الموجودة فى الأجواء الصناعية مثل مسابك الحديد ووحدات إنتاج الغاز. وعموماً فإن الأحماض غير العضوية تؤثر تأثيراً شديداً - أآثر من غيرها - على الخرسانة حيث تتفاعل مع الجير الحر مكونة كلوريدات وكبريتات ونترات. وتتوقف شدة التأثير على مدى ذوبان تلك المركبات فى الماء وعلى تركيز تلك الأحماض وعلى سرعة التفاعل التى تزداد إذا كانت الأحماض ساخنة.

ج . أملاح الكلوريدات

تتحد معظم أملاح الكلوريدات مع الجير الحر الموجود فى الأسمنت البورتلاندى لتكون كلوريد الكالسيوم القابل للذوبان وبالتالى يتسرب إلى خارج الخرسانة مكوناً مترسبات بيضاء على السطح مع حدوث فراغات بالخرسانة. وتكون كلوريد الكالسيوم بدرجة تركيز عالية يؤدى إلى التلف الشديد لسطح الخرسانة.

الصورة I.7 تأثير أملاح الكبريتات [23]

خلاصة :

بعد الاطلاع على الأبحاث والدراسات السابقة التي أقيمت على خرسانة الرمل عبر العالم وبعد التعرف على تاريخ وتطور وأسباب مشاكل صعود المياه تبين لنا انه يمكن استعمال رمل الكثبان الموجودة في منطقتنا بوفرة كمكون من مكونات الخرسانة المستعملة في المنطقة بشرط المحافظة على ديمومة المنشآت من خلال الدراسات العلمية الممكنة .

الفصل الثاني

خصائص المواد المستعمل وصياغة خرسانة الرمل

II .1مدخل:

الخرسانة هي عبارة عن خليط غير متجانس من مركبات مكونة من عدة مواد (رمل، حصى، إسمنت، ماء، ...الخ) مع بعض الفراغات و يمكن إضافة بعض المواد الأخرى (المضافات) للحصول على خواص معينة.

يتم اختيار نسب هذه المواد في الخلطة الخراسانية حسب نوع العمل المطلوب والمواد المتوفرة. ومع خلط هذه المواد مع بعضها يتم الحصول على الخرسانة التي تبدأ بالتصلب التدريجي مع الوقت حتى تصبح صلبة وقوية ، وتتفاوت قوتها حسب المكونات الأساسية وكذلك حسب طريقة الرج أثناء الصب ونوعية المعالجة.

2.II مكونات خرسانة الرمل:

وفي ما يلي نعطي المركبات الأساسية التي تدخل في إنشاء خرسانة الرمل .

1.2.II الاسمنت :

إن الاسمنت المستعمل في صناعة خرسانة الرمل يجب أن يكون متوافقا مع القواعد NF P15-301.

وتركيز الاسمنت يجب أن يكون مقاربا لتركيزه في الخرسانة العادية (300- 400 Kg/m^3 .

وفي العموم فان تركيز خرسانة الرمل من الاسمنت أعلى منه في الخرسانة العادية وهذا ما استنتجه **[2]** لأن تركيز الاسمنت متعلق بقطر الحبيبات

2.2.II الرمل :

ليس هناك أي شروط وضعت على أصل الرمال المستخدمة في الخرسانة ، سواء كانت رمال الوديان او الكثبان او المحاجر أو المواد المسترجعة من بقايا هدم الطرقات والمباني لاستعمالها كحبيبات حصوية في صناعة الخرسانة, حيث أن نقل هده المواد إلى أماكن التفريغ يطرح عدة مشاكل (تخصيص مساحات التخزين, تكاليف معتبرة, تشويه للبيئة) لذا يجب إيجاد إمكانية لإعادة تقييم و استعمال هذه البقايا وبالتالي إيجاد مصدر أخر للركام. من أجل إيجاد أو تكوين خرسانة الرمال، نشير أنه من بين أهم العوامل التي تأخذ بعين الاعتبار عامل النقاوة ، إذ أن استعمال رمال غير نقية ينجم عنه خرسانة ضعيفة المقاومة. **[26-9]** .

ومن الملاحظ أن رمال الكثبان مواد ذات نوعية سيئة في مجالات الإنشاء لأنها غير قابلة للترصيص ولها قدرة حمل ضعيفة ونسبة فراغات كبيرة كما تمتاز حبيباتها بعدم الاستمرار في الغالب واستعمالها سواء مع الروابط الهيدروكربونية (الزفت الصرف, المميع , كوت بك) أو الروابط الهيدروليكية

(الاسمنت) يعطي خصائص ميكانيكية ناقصة (الاستقرارية , الترصيص, مقاومة الضغط , مقاومة الشد) لذا تصبح معالجتها ضرورية من أجل تحسين خواصها الميكانيكية وإعطائها استقرارية مرضية **[27]**.

وقد أجريت عدة تجارب على أنواع مختلفة من الرمل حسب مناطق تواجدها نذكر منها :

- تجربة التدرج الحبيبي التي أعطت النتائج التالية **[27]**:

الجدول II .1 نتائج تجربة التدرج الحبيبي لبعض المناطق

قطر الغربال mm / نسبة المجمع المار%	5	2.5	1.25	0.63	0.315	0.16	0.125	0.08
الوادي	100	100	100	99.46	91.42	65.59	9.12	0.65
بسكرة	100	100	100	99.37	83.84	-	6.89	1.58
حلمي بحيح	100	99.98	99.91	99.30	92.71	68.67	4.34	0.57
عين الصفراء	100	99.99	99.97	99.95	95.86	54.23	2.72	0.01

- معامل النعومة الذي أعطى النتائج التالية **[25]**:

الجدول II .2 نتائج معامل النعومة لبعض المناطق

المنطقة	معامل النعومة
بوسعادة	0.83
حلمي بحيح	0.73
أم الزبد	1.18
تقرت	1.38
ورقلة	1.38
تمسين	1
الحمراية	1.17
مرفى	0.99
لاهوت	1.18
الوادي	1.2

- تجربة الكتلة الحجمية ومعامل الامتصاص التي أعطت النتائج التالية **[25]**:

الجدول II .3 نتائج تجربة الكتلة الحجمية ومعامل الامتصاص لبعض المناطق

المنطقة	الكتلة الحجمية المطلقة kg/m^3	معامل الامتصاص %
بوسعادة	2419	0.44
حلسي بحيح	2416	0.46
أم الزبد	2480	0.32
تقرت	2455	0.36
ورقلة	2486	0.30
تمسين	2470	0.36
الحمراية	2412	0.41
مرفى	2496	0.42
لاهوت	2445	0.36
الوادي	2423	0.39

II. 3.2 الحصى :

ليس هناك أي شروط وضعت على أصل الحصى المستخدمة في الخرسانة ، سواء كانت حصى الوديان المحاجر أو المواد المسترجعة من بقايا هدم الطرقات والمباني لاستعمالها كحبيبات حصوية في صناعة الخرسانة, الحصى من الصخور الرسوبية السليسية كالرمل وبمقاس يحتجز على المنخل أثناء فصله من الرمل ، ومعظم حبيباته مستديرة أو غير منتظمة وسطحه ناعم وهو ركام عادى الوزن ويستخرج الحصى من نفس مصادر استخراج الرمل . والحصى من أكثر الأنواع استخداما فى الخرسانة كركام خشن كبير **[26-9]** .

الجدول II .4 نتائج تجربة التدرج الحبيبي لبعض المناطق[41]

قطر الغربال	حصى 15/8		حصى 25/15	
	بسكرة	حلمي مسعود	بسكرة	حلمي مسعود
Inf. à 31.5 mm			100	100
Inf. à 25 mm			95	97
Inf. à 20 mm	100	100	59	60
Inf. à 16 mm	97	98	18	16
Inf. à 12.5 mm	29	75	03	02
Inf. à 10 mm	07	33	02	01
Inf. à 8 mm	00	12		01
Inf. à 6.3 mm		04		
Inf. à 5 mm		01		
Inf. à 4 mm		00		

- تجربة الكتلة الحجمية التي أعطت النتائج التالية **[41]**:

الجدول II .5 نتائج تجربة الكتلة الحجمية لبعض المناطق[41]

المنطقة	الكتلة الحجمية المطلقة kg/m^3	
بسكرة	15/8	25/15
	2756	2633
حلمي مسعود	2560	2670

4.2.II الماء :

كغيره من مركبات الخلطة الخرسانية، يجب أن يتوفر في الماء شرط النقاوة. مع احترام التركيز اللازم حيث، أن الزيادة من هذه المادة في الخرسانة وبعد خروج الكميات الزائدة عن الحاجة مخلفة مكانها فراغات من شأنها تسبب ضعف في المقاومة، وأما نقصان هذه المادة فهو يقلل من انحلالية الخلطة مما يعني بقاء بعض الحبيبات من الاسمنت دون تفاعل أي بعض حبيبات الرمل لا يتسنى لها التماسك، مما يقلل من المقاومة.

نذكر أن الماء المستخدم في خرسانة الرمل يجب أن يكون متوافقا مع القواعد NF P18-303. وبما أن قطر الحبيبات التي تدخل في تركيب خرسانة الرمل يكون أقل أو يساوي 5 مم، فإن السطوح النوعية تكون أكبر،مما يجعل الخلطة الخراسانية الطازجة جافة جدا وصعبت التشغيل وبالتالي تكون التشغيلية ضعيفة مما يستدعي إضافة كمية أكبر من الماء وهذه الإضافة ستؤثر على الخصائص الميكانيكية الأخرى ، ولهذا يصبح من الضروري الاستعانة ببعض الإضافات والمحسنات للتقليل من قيمة المعامل E/C من أجل رفع المقاومة[28].

- يشارك الماء في عمليات التفاعلات الكيمائية المنتشرة داخل كتلة الخرسانة الطازجة والتي تنجم عنها الخرسانة المتصلبة ذات المقاومة المطلوبة. كما يقوم الماء في الخلطة بدور تأمين سهولة تشغيل الخرسانة وصبها في مكانها المحدد.

5.2.II الإضافات : Les adjuvants

كغيرها من أنواع الخرسانة، فإن خرسانة الرمل تحتاج الى بعض المواد المحسنة في مختلف أشكالها : الملدنات بأنواعها وما إلى ذلك. تضفي المحسنات أو المواد المساعدة لمسة فيزيائية واقتصادية معتبرة على الخرسانة، مثل التحسين في التشغيلية واستخدام الخرسانة في ظل ظروف صعبة ، كما أنها تسمح باستعمال أنواع أخرى من المواد في الخرسانة.

1.5.2.II دور المميعات او الملدنات :

تعتبر التشغيلية أحد أهم خصائص الخرسانة الطازجة، حيث تتعلق أساسا بتركيز الماء المستخدم[7].

ونذكر هنا الآثار السلبية لزيادة نسبة الماء في الخرسانة :

- عزل المواد عن بعضها البعض.
- فقدان تجانس الخلطة.
- زيادة المسامية.
- انخفاض المقاومة. - النقص من ديمومة المنشأة.

أدت هذه السلبيات التي وقفت عائقا أمام الحصول على خرسانة ذات تشغيلية جيدة بالباحثين، منذ زمن قديم، إلى استخدام العناصر الكيمياء العضوية التي تساعد في جعل الخرسانة أكثر تشغيلية وذلك دون التقليل من نسبة الدمك**[28]** .

6.2.II المواد المضافة (Les ajouts):

هي مواد تضاف الى ماء الخلط أوالى الخرسانة مباشرة أثناء أو قبل عملية الخلط تكون في غالبها مشابه في خواصها الفيزيائية و الكيمائية الى الاسمنت وبوجود الماء أي عند اماهتها نحصل تقريبا على نفس نتائج اماهة الاسمنت [3].

1.6.2.II الحشو Filler :

يتواجد هذا النوع من المحسنات على عدة أشكال معدنية وصناعية وطبيعية، حيث يستخدم في سد الفراغات الناجمة عن الرمل في الخرسانة وذلك من أجل الحفاظ على اندماج (Compacité) عالي لهذه الأخيرة عن طريق خلق امتداد حبيبي مستمر. وهذا ما يعطي دفعا إيجابيا من الناحية التقنية، حيث يزيد في مقاومة الخرسانة للشد، ومن الناحية الاقتصادية، حيث يقود إلى التقليل من تركيز الاسمنت في الخلطة الخراسانية **[3]**.

2.6.2.II الحصى الصغير Gravillons :

يستعمل الحصى 0/15 كأحد المحسنات في خرسانة الرمل شريطة أن لا تتجاوز النسبة G/S الواحد، وذلك لغرض التحسين في بعض الخصائص الميكانيكية والانسيابية كالمقاومة والتشغيلية والانكماش الخ **[12]** .

3.6.2.II الألياف Fibres :

ويستعمل هذا النوع من المحسنات كمادة مقوية داخل الخلطة الخراسانية بهدف التحسين من مقاومة الخرسانة للشد والتقليل من ظاهرة الانكماش**[12]**.

3.II صياغة خرسانة الرمل :

تعتمد عملية تركيب الخرسانة أساس على اختيار المواد اللازمة ومحاولة تنسيقها بهدف الحصول على خصائص تتناسب والمعايير التقنية والاقتصادية المرجوة، ففي حالة الخرسانة العادية مثلا، تتلخص المكونات في الحصى والرمل والاسمنت والماء.

ونظرا للإمكانيات المحدودة التي تقدمها الطرق العادية في تركيب الخرسانة، توسعت جملة المكونات التي تدخل في التركيب الخرسانة بواسطة الإضافات والمحسنات.

1. 3.II الطريقة التجريبية لصياغة خرسانة الرمل :

هناك العديد من الطرق التجريبية لصياغة الخرسانة تسمح في مجملها بصياغة هذه الخرسانة، لكن ليس بهدف شرح الظواهر التي تدخل في صياغتها، وإن اختلفت في المبادئ النظرية ومناهج العمل لكن هدفها واحد وهو صياغة خرسانة ذات تراصية كبيرة وبالتالي ذات جودة عالية نذكر منها FAURY و BOLOMEY و DREUX.

ونستخدم في هذه الطريقة تركيز ثابت للاسمنت. حيث أن هذه الأخيرة مستوحاة من الطريقة المسماة DREUX-GORISSE والتي قسمناها إلى أربعة مراحل :

المرحلة الأولى : إيجاد نسبة الماء والاسمنت .

المرحلة الثانية: إنشاء المنحني الحبيبي المرجعي .

المرحلة الثالثة: إيجاد نسبة الحصى والرمل من المنحنى .

المرحلة الرابعة: حساب الكتل للحصى والرمل .

4.II خصائص خرسانة الرمل :

نستطيع تقسيمها الى نوعين من الخصائص قبل وبعد التصلب :

1.4.II خصائص خرسانة الرمل قبل التصلب :

ويتضح من الشكل أنه كلما زاد معامل النعومة كلما نقص الزمن اللازم للسيلان (Temps d'écoulement) واستوجب بذلك التحسين في التشغيلية.

2.4.II خصائص خرسانة الرمل بعد التصلب :

1.2.4 .II الخصائص الميكانيكية:

تعتبر المقاومة الميكانيكية أحد أهم الخصائص في الخرسانة. لذلك فإنه من الضروري، أن تؤخذ كل من مقاومة الكسر والشد والضغط بعين الاعتبار أثناء الدراسة. وفي العادة تعتمد مقاومة الخرسانة على مقاومة العجينة حيث أن مقاومة الركام كبيرة جدا بالنسبة لمقاومة العجينة , ولذلك فان انهيار الخرسانة التقليدية يكون دائما في العجينة ويمر الشرخ حول الركام ,فإذا أمكننا إنتاج عجينة ذات مقاومة عالية جدا تقترب من مقاومة الركام فإننا نحصل على خرسانة عالية المقاومة والتي يكون الانهيار فيها مفاجئ حيث يمر الشرخ بالركام وليس حوله . **[31]**

II. 1.1.2.4 مقاومة الضغط :

إن مقاومة الضغط هي أهم خواص الخرسانة المتصلبة على الإطلاق وهي تعبر عن درجة جودتها وصلاحيتها. ومقاومة الضغط هي المقاومة الأم للخرسانة حيث ان معظم الخواص و المقاومات الأخرى مثل الشد والانحناء والقص تتحسن وتزيد بزيادة هذه مقاومة والعكس صحيح**[6]**.

وقد أجريت دراسات جامعية عديدة على مقاومة الضغط بالنسبة لخرسانة الرمل أهمها :

أعمال Laid BEDADI [4] و Aissa BENTATA [42] التي أجراها على نوعين من الخرسانة فكانت النتائج كما هو موضح في **الجدول(6.II)**.

الجدول II .6 نتائج مقاومة الضغط لبعض تركيبات Laid BEDADI [4] لخرسانة الرمل

	التركيز ب Kg/m^3	مقاومة الضغط MPA		
الاسمنت	400	7 أيام	14يوم	28يوم
40%رمل الكثبان و60%رمل طبيعي	669	18	22	25
الماء	250			
حصى 8/3	146.5			
حصى 15/8	998			
E/C	0.625			

الجدول II .7 نتائج مقاومة الضغط لبعض تركيبات Aissa BENTATA [42] لخرسانة الرمل

الاسمنت	400	7 أيام	14يوم	28يوم
رمل الكثبان	168	11	22	24
رمل طبيعي	586			
الماء	210			
حصى 8/3	289			
حصى 15/8	832			
E/C	0.52			

الجدول II .8 نتائج مقاومة الضغط لبعض تركيبات Laid BEDADI [4] لخرسانة الرمل الطبيعي

	التركيز ب Kg/m^3	مقاومة الضغط MPA		
الاسمنت	400	7 أيام	14يوم	28يوم
رمل طبيعي	714	18	25	30
الماء	250			
حصى 8/3	128			
حصى 15/8	998			
E/C	0.625			

الجدول II .9 نتائج مقاومة الضغط لبعض تركيبات Aissa BENTATA [42] لخرسانة الرمل الطبيعي

الاسمنت	400	7 أيام	14يوم	28يوم
رمل طبيعي	690	19	26	31
الماء	210			
حصى 8/3	289			
حصى 15/8	832			
E/C	0.52			

* ومن هذه النتائج نستخلص أن مقاومة الضغط لخرسانة الرمل تعتبر ضئيلة نسبيا مع المقاومة في الخرسانة العادية.

II. 2.1.2.4 مقاومة الشد :

هناك عدة دراسات أجريت بخصوص مقاومة خرسانة الرمل للشد، والتي نذكر منها الأعمال المنجزة من طرف :

* أعمال Laid BEDADI [4] و Aissa BENTATA [42]، الذي أجراها على أربع أنواع من خرسانة الرمل فكانت النتائج كما هو موضح في الجدول (**10.II**)[4] :

الجدول II .10 نتائج مقاومة الشد لبعض التركيبات الخراسانية لأعمال Laid BEDADI [4]

	التركيز ب Kg/m^3	مقاومة الشدب MPA		
الاسمنت	400	7 أيام	14يوم	28يوم
رمل الكثبان 40% و**رمل طبيعي 60%**	714	1.2	1.6	2
الماء	250			
حصى 8/3	128			
حصى 15/8	998			
E/C	0.625			

الجدول II .11 نتائج مقاومة الضغط لبعض تركيبات Aissa BENTATA [42] لخرسانة الرمل

الاسمنت	400	7 أيام	14يوم	28يوم
رمل الكثبان	168	1.7	1.8	2.2
رمل طبيعي	586			
الماء	210			
حصى 8/3	289			
حصى 15/8	832			
E/C	0.52			

الجدول II .12 نتائج مقاومة الشد لبعض تركيبات Laid BEDADI [4] لخرسانة الرمل الطبيعي

	التركيز ب Kg/m^3	مقاومة الشدب MPA		
الاسمنت	400	7 أيام	14يوم	28يوم
رمل طبيعي	714	1.5	2	2.3
الماء	250			
حصى 8/3	128			
حصى 15/8	998			
E/C	0.625			

الجدول II .13 نتائج مقاومة الشد لبعض تركيبات Aissa BENTATA [42] لخرسانة الرمل الطبيعي

الاسمنت	400	7 أيام	14يوم	28يوم
رمل طبيعي	690	1.1	1.8	2.5
الماء	210			
حصى 8/3	289			
حصى 15/8	832			
E/C	0.52			

* نستنتج من خلال النتائج الموضحة في الجدول أن مقاومة خرسانة الرمل للشد أقل نسبيا من المقاومة في الخرسانة العادية

II. 2.1.2.4 الكتلة الحجمية :

الهدف منها هو معرفة نوع الركام المستعمل وكثافته وكذا معرفة الأحجام والكتل التي تدخل في تركيب الخرسانة، وهي معرفة بالقواعد[34] NF P 18-301.

1- الكتلة الحجمية الظاهرية: (Masse volumique apparente)

هي النسبة بين وزن العينة الكلي على الحجم الكلي **وتعطى بالعلاقة** :

$$p_{app} = \frac{M_T}{V_T} \quad \text{.....(3.1)}$$

ρ_{app} : الكتلة الحجمية الظاهرية .

M_T : وزن العينة الكلي.

V_T : حجم العينة الكلي

2- الكتلة الحجمية المطلقة: (Masse volumique absolue)

وهي النسبة بين وزن الحبيبات الصلبة على حجم الحبيبات الصلبة وتعطى بالعلاقة :

$$p_{ab} = \frac{M_S}{V_S} \quad \text{.....(3.2)}$$

ρ_{ab} : الكتلة الحجمية المطلقة .

M_s : وزن الحبيبات الصلبة.

V_s : حجم الحبيبات الصلبة.

II. 5 الديمومة: (Durabilité)

عادة ما تكون ديمومة خرسانة الرمل متعلقة أساسا بالمكونات الفيزيائية للتركيبة مثلها مثل ديمومة الخرسانة العادية، كما تتعلق أيضا بالمسامية و النفاذية وتوزيع الفراغات. إضافة إلى هذا، هناك عوامل أخرى داخلية مؤثرة، كتفاعل القلويات و السلفات مما يغير من طبيعة الخرسانة، وقد تتضاعف هذه التفاعلات عن طريق التبادلات الهيدروليكية بالوسط الخارجي.

تختلف خرسانة الرمل عن الخرسانة العادية، بتركيزها العالي للرمل، وهذا ما يجعلها عموما تحتوي على أكثر عدد من المسامات ذات الأحجام الصغيرة، أي نسبة عالية من الفراغات مقارنة بالخرسانة العادية.

عادة ما يؤثر المحيط (**الوسط الخارجي**) على الديمومة بعاملين أساسين:

II. 1.5 الخاصية الشعرية :

تتعلق الخاصية الشعرية أساسا بنسبة واستمرارية المسامات الصغيرة، حيث تكون الخاصية الشعرية عالية في المواد ذات العدد الكبير للمسامات الصغيرة والمتواصلة، وبالتالي ديمومة أقل، وعلى العكس إذا كانت الفراغات الصغيرة متقطعة، فأن الديمومة تكون أكثر، ونجد هذا في خرسانة الرمل المدموكة جيدا (Bien compacté).

II.2.5 النفاذية : La perméabilité :

تتعلق النفاذية أساسا بحجم واستمرارية المسامات الكبيرة ، حيث تكون النفاذية عالية في المواد ذات العدد المرتفع للمسامات الكبيرة والمتواصلة، وبالتالي ديمومة أقل، وإذا اتبعنا هذه الفرضية فنستنتج أن خرسانة الرمل تكون لها نفاذية أقل أي ديمومة أكبر.

هي الخاصية التي يمكن بواسطتها تسرب أي سائل خلال الخرسانة ، و النفاذية خاصية هامة بالنسبة للخرسانة يجب تجنبها قدر الإمكان خصوصا في المنشات المائية والسدود و الخزانات وأسقف الحمامات ،**ومن المعروف** أنه كلما زادت كثافة الخرسانة قلت نفاذيتها ، لان زيادة الكثافة تدل على قلة وجود الفراغات الداخلية والممرات الشعرية .

II.6 مزايا وميادين استعمال خرسانة الرمل :

تعتبر خرسانة الرمل من مواد البناء الحديثة، حيث أنها تستعمل منابع طبيعية من الرمل، وبذلك تزيل الكثير من العوائق التي تواجه تطور ميدان الإنشاءات.

ونذكر أنه يوجد العديد من أنواع خرسانة الرمل، مما يضع هذه المادة كأحد مواد البناء المتميزة، خاصة عندما يشكل استعمال الخرسانة العادية في بعض الميادين مشكلا أو عائقا في التطبيق – **مثلا إذا كان**

التسليح مكثف ومعقد وكانت الخرسانة العادية ذات حصى كبير فإنه يطرح مشكل التغليف – ، وذلك بفضل الخصائص التي تنفرد بها خرسانة الرمل والتي منها :

7.II مصدر محلي للمواد الأولية:

- الرمل الفائض:

أيا كانت مصادر هذا الفائض (رمل طبيعي مثل الكثبان أو مكسر)فإن استعماله الأمثل يكون بذلك بالضرورة مريحا للاقتصاد المحلي.

- ندرة الحصباء :

هذه الندرةسواء (للرمل الطبيعي المستعمل في البناء أو الحصى) وسواء أكانت حالية أو مستقبلية فإن الأهمية الاقتصادية للحصول على مادة معوضة للخرسانة التقليدية تكمن في التحكم في التطبيقات الواسعة و المتنوعة لخرسانة الرمل ، التي تكون ملائمة للاقتصاد المحلي أو الوطني.

- البيئة :

الأثر البيئي بدأ يؤخذ أكثر فأكثر في الحسبان لأن الاقتلاع الكبير للحصى الذي يوجد بكميات ليست متجددة يمس بالتوازن البيئي . فقد نقلت جريدة أخر ساعة الجزائرية في عددها الصادر في 2010/01/27 [39]

((حيث تحولت العديد من المناطق بولاية بومرداس خلال السنوات الأخيرة ،إلى مناطق خصبة لعصابات النهب و السرقة التي تفننت في استنزاف كميات هائلة من الرمال،مما ينذر بوقوع كارثة بليغة بالأراضي الفلاحية المحاذية لتلك الشواطئ و الأودية،و التي بدأت مساحاتها في تقلص مستمر)) كما أضافت نفس الجريدة وفي نفس الموضوع تصريحات للسيد قائد الأركان بالمجموعة الولائية ببومرداس" موسى مختار "فقالت ((و للإشارة و حسب قائد الأركان بالمجموعة الولائية ببومرداس" موسى مختار " فان ظاهرة نهب الرمال تبقى متفشية بصورة كبيرة بمختلف شواطئ الولاية رغم ما اتخذ من إجراءات أمنية ووقائية لحماية ثرواتنا من ظاهرة السرقة هذه ، فقد تم سد كل المنافذ المؤدية إلى الشواطئ بحيث سجلت ذات المصالح في هذا الشأن و منذ بداية السنة الجارية أكثر من 200 قضية تورط فيها أكثر من 146شخصا و أودع 99 منهم الحبس بمختلف مراكز التربية.كما حجزت خلالها مصالح الدرك الوطني 92 مركبة وضعت في الحظيرة إلى غاية صدور حكم قضائي بشأنها و 570 متر مكعب من الرمال،إضافة إلى رمل الوديان التي أضحت هي الأخرى مستهدفة من قبل المافيا حيث تم حجز 40 متر مكعب منها خاصة بوادي سيباو المتواجد ببلدية بغلية أقصى شرق ولاية بومرداس.)) وعند تفسير هذا الكلام نجد أنه في مدة 27 يوم تم قبض 570 متر مكب أي بمعدل 21.1 متر مكعب يوميا من هذا شواطئ فقط .

- خفض ثمن التكلفة:

نظرا لخصائص خرسانة الرمل يمكن خفض التكلفة عن طريق:

- اقتصاد في المادة .
- ربح في إنتاجية الورشة و زيادة في الفاعلية وسرعة الإنتاج.
- خفض التكلفة الاجتماعية للإنجاز عن طريق تسهيل العمل.

وبفضل الخصائص السالفة الذكر التي تتميز بها خرسانة الرمل فقد استعملت في العديد من المنشاءات المختلفة:

- العمارات :

يمكن استعمال خرسانة الرمل في إنشاء العمارات نظرا لتشغيليتها السهلة ومنظرها الجمالي الجيد.

- الطرقات :

ظهر أول استعمال لخرسانة الرمل في الطرقات في بداية التسعينات من القرن الماضي في الجنوب الفرنسي، وذلك باستعمالهم للرمل المحلي لخفض التكلفة.

- الترميم:

حيث تشكل خرسانة الرمل مادة عملية وسهلة للقيام بأشغال الترميم وكذا تساهم في استقرار المنحدرات.

خلاصة :

للوصول لخرسانة من رمل الكثبان بموصفات وخصائص تضاهي الخرسانة العدية ثم التعرف على كل مادة مكونة لهذه الأخيرة على حدا من اسمنت ورمل وحصى وماء مما مكننا من التعرف على كيفية صياغة خرسانة رمل الكثبان وقد اتبعنا طريقة DREUX-GORISSE بالإضافة إلى عرض نتائج لأعمال السابقة في هذا المجال ليتسن لنا المقارنة بالنتائج المتحصل عليها لحقا .

الفصل الثالث

خصائص المواد المستعمل وصياغة الخرسانة

1.III مدخل:

إن الخرسانة هي مركبات مكونة من عدة مواد (رمل، حصى، إسمنت، ماء، محسنات ...الخ) ومدعمة بمجموعة من الإضافات.

ونظرا لعدم وجود صيغ عالمية موحدة، فإن خرسانة الرمل هي محل أبحاث ودراسات يهدف مجملها إلى جعل هذه الأخيرة مادة صناعية عالمية.

2.III خصائص المواد المستعملة:

ارتأينا في هذه الدراسة استعمال رمل الكثبان الموجود بكثرة خاصة في الجنوب الجزائري وتحسين خصائصه بالرمل الطبيعي المتواجد والمتداول وهو في الغالب من رمل الوديان واسمنت CRS لمنطقة عين التوتة.

1.2.III الرمل :

نحصل عليه نتيجة تفتت الصخور الطبيعية بفعل الرياح وجريان الماء كما يمكن أن نتحصل عليه اصطناعيا بسحق خبث الأفران العالية ولتحضير الخرسانة يستعمل الرمل الطبيعي الكوارتز ورمل الكثبان واللذان يجب أن يكونا خاليين من المواد المتفاعلة مثل الأملاح والأحماض والمواد القلوية وكذلك الشوائب الغضارية والعضوية حيث يجب أن لا تزيد هذه النسبة عن 3% للرمل الطبيعي و 5 % للرمل المنتج عن السحق .

وهو معرف حسب المواصفات القياسية بالقواعد NFP18-301 ، (NFP18- 101) [34] كل أنواع الرمل يمكن استعمالها في خرسانة الرمل بشرط واحد من شأنه أن يقيد هذا الاستعمال ألا وهو القاوة .

- في هذه الدراسة سنتناول رمل الكثبان لمنطقة الوادي (ولاية الوادي) والرمل الطبيعي لمنطقة عسلية (ولاية الوادي) .

وسنعرض بعض نتائج التجارب المجرات بين كلا النوعين .

1.1.2.III التحليل الكيميائي :

الجدول يبين النسب المئوية للمكونات الكيميائية في كلا الرمليين[5].

الجدول 1.III النسب المئوية للمكونات الكيميائية للرمل الطبيعي و رمل الكثبان

النسب المئوية للمكونات	رمل الكثبان	الرمل الطبيعي
% $Fe\ 2O_3$ - $AL_2\ O_3$	0,25	0,67
% SO_4 Ca	2,05	1,03
Insoluble	95,36	95,98
% Nacl	trace	trace
% Perte au Feu	1,16	0,67
% Eau de constitution	1,16	0,67

2.1.2 .III الكتلة الحجمية :

الهدف منها هو معرفة نوع الركام المستعمل وكثافته وكذا معرفة الأحجام والكتل التي تدخل في تركيب الخرسانة، وهي معرفة بالقواعد[34] NFP 18-301.

1- الكتلة الحجمية الظاهرية: (Masse volumique apparente)

هي النسبة بين وزن العينة الكلي على الحجم الكلي وتعطى بالعلاقة :

$$P_{app} = \frac{M_T}{V_T} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.1)$$

ρ_{app} : الكتلة الحجمية الظاهرية .

M_T : وزن العينة الكلي.

V_T : حجم العينة الكلي .

2- الكتلة الحجمية المطلقة: (Masse volumique absolue)

وهي النسبة بين وزن الحبيبات الصلبة على حجم الحبيبات الصلبة وتعطى بالعلاقة :

$$P_{ab} = \frac{M_S}{V_S} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.2)$$

ρ_{ab} : الكتلة الحجمية المطلقة .

M_s : وزن الحبيبات الصلبة.

V_s : حجم الحبيبات الصلبة.

و الجدول الموالي يعرض النتائج المتحصل عليها :

الجدول 2.III الكتلة الحجمية الظاهرية والمطلقة للرمل الطبيعي و رمل الكثبان

النوع	الكتلة الحجمية الظاهرية(Kg/m^3)	الكتلة الحجمية المطلقة(Kg/m^3)
رمل الكثبان :	1521	2612
الرمل الطبيعي	1573	2525
الرمل الطبيعي60% + رمل الكثبان 40 %	1616	2590

3.1.2.III معامل امتصاص الماء: (coefficient d'absorption d'eau):

يعرف بواسطة القاعدة [50] NFP 18-555 , هذه التجربة تحسب المسامية الداخلية في الحبيبات وهي تعرف بكونها النسبة بين الوزن الرطب للعينة على الوزن الجاف وتعطى بالعلاقة[37] :

$$A_b = \left(\frac{M_a - M_s}{M_s} \right) \times 100 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.3)$$

A_b : معامل امتصاص الماء (%) .

M_a : كتلة العينة قبل التجفيف .

M_s : كتلة العينة بعد التجفيف وقبل الوصول الى 105°

وكانت النتائج كما يلي :

و الجدول 3.III يبين النسب المئوية لمعامل امتصاص الماء A_b .

الجدول 3.III النسب المئوية لمعامل امتصاص الماء A_b

نوع الرمل	معامل امتصاص الماء A_b (%)
رمل الكثبان	0.086
رمل الطبيعي	0.08

نلاحظ ان قدرة امتصاص حبيبات الرمل للماء جد ضعيفة وهي تقريبا مهملة إذن يمكننا القول أن هذا الأنواع من الرمل مقبولة

4.1.2.III المكافئ الرملي :(Equivalent de sable): باستعمال المكبس .

يعرف بواسطة القاعدة NFP 18-598, الهدف منه هو تحديد نسبة الغضار والمواد العالقة الموجودة في الرمل لمعرفة ما مدى نقاوة وصلاحية استعماله في الخرسانة و الملاط.

مبدأ التجربة:

يتضمن هذا الاختبار:

- غمس وزن محدد من الرمل في محلول flocculant.

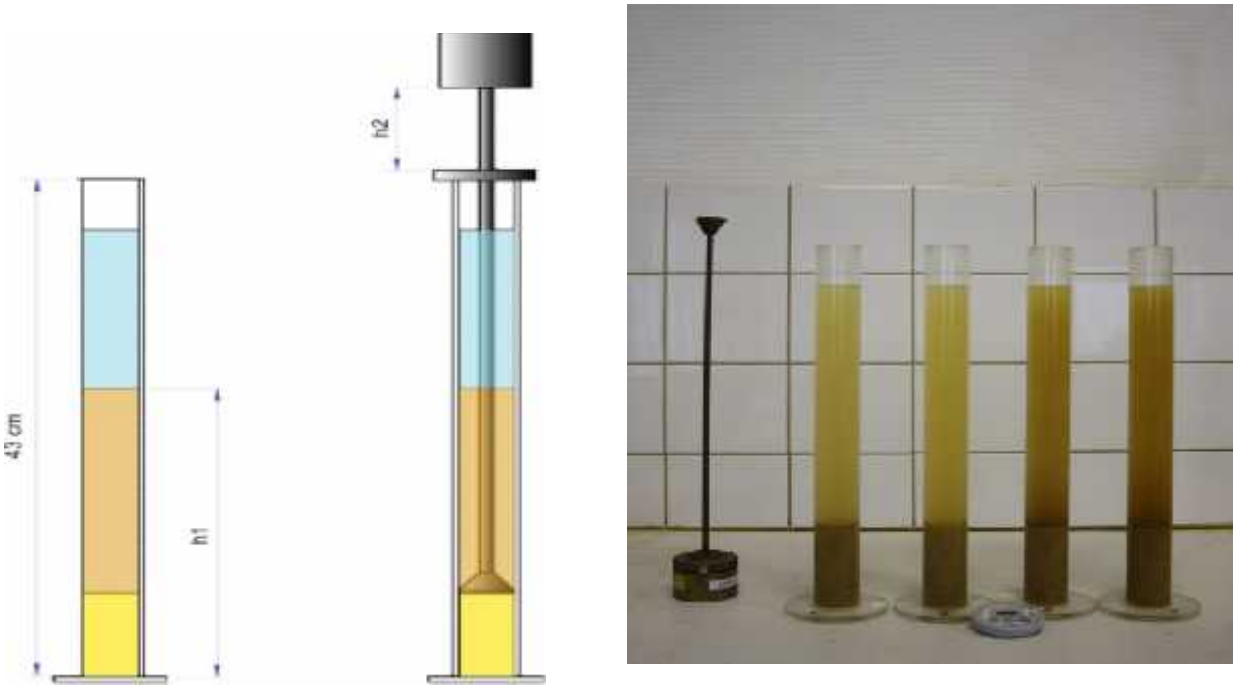
- بعدها نقوم بالإثارة والرج بواسطة الجهاز لمدة 30ث.
- نقوم بتسوية العينة ثم نتركها لمدة 20 دقيقة .
- ثم نقيس ارتفاعات الرواسب .

*طبقة سفلى تمثل الرمل الصافي ارتفاعها (H1) .

* طبقة علية تمثل الرمل مع الشوائب ارتفاعها (H2) .

المكافئ الرملي يعطى عن طريق :

$$Es = \left(\frac{H_2}{H_1}\right) \times 100 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.4)$$



الصورة 1.III الأدوات المستعملة في تجربة المكافئ الرملي

بعد القيام بالتجارب وجدنا النتائج المدونة في الجدول التالي :

الجدول 4.III النسب المئوية للمكافئ الرملي ES

تركيبة الرمل	المكافئ الرملي ES (%)
رمل طبيعي (SA)	71 %
رمل الكثبان(SD)	90 %
40 % SA + 60 SD	78%

كل الاختبارات أعطت معامل ES > 70 ومع ذلك ، نلاحظ الغياب شبه التام للدقائق الطينية [30]

5.1.2.III التدرج الحبيبي : (Analyze granulométrique)

يقصد بتجربة التدرج الحبيبي فصل المقاسات المختلفة من الركام بعضها عن بعض أي تعيين التوزيع الحجمي لحبيبات الركام ويكون ذلك باستعمال التحليل بالغربلة بواسطة مجموعة من الغرابيل مرتبة حسب مقاس فتحاتها وموضوعة فوق بعضها البعض بحيث يكون أكبرها مقاسا إلى الأعلى هذه التجربة تمكننا من حساب مختلف النسب لمقاييس الحبيبات المكونة للعينة المدروسة.و تعرف هذه التجربة بواسطة المواصفات[34] NFP 18-560 .

سندرس ثلاث حالات من العينات ذات نسب مختلفة من كلا النوعين من الرمل.

- العينة الأول : 100% رمل الكثبان (الوادي).
- العينة الثانية : 100% رمل طبيعي (منطقة عسيلة الوادي).
- العينة الثالثة : 40% رمل الكثبان (الوادي) +60% رمل طبيعي (منطقة عسيلة الوادي).

إن القاعدة تنص على أن الوزن الأصغر المستعمل في العينة يكون يحقق العلاقة التالية [35-36] :

$$M \geq 0.2\ Dmax \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.5)$$

حيث :

M : وزن العينة ب كغ

Dmax : القطر ألأعظمي للحبيبات مأخوذ ب ملم .

استعملنا في هذه التجربة 2كغ من الرمل إذ هي القيمة العملية **[36]** فكانت النتائج كما يلي:

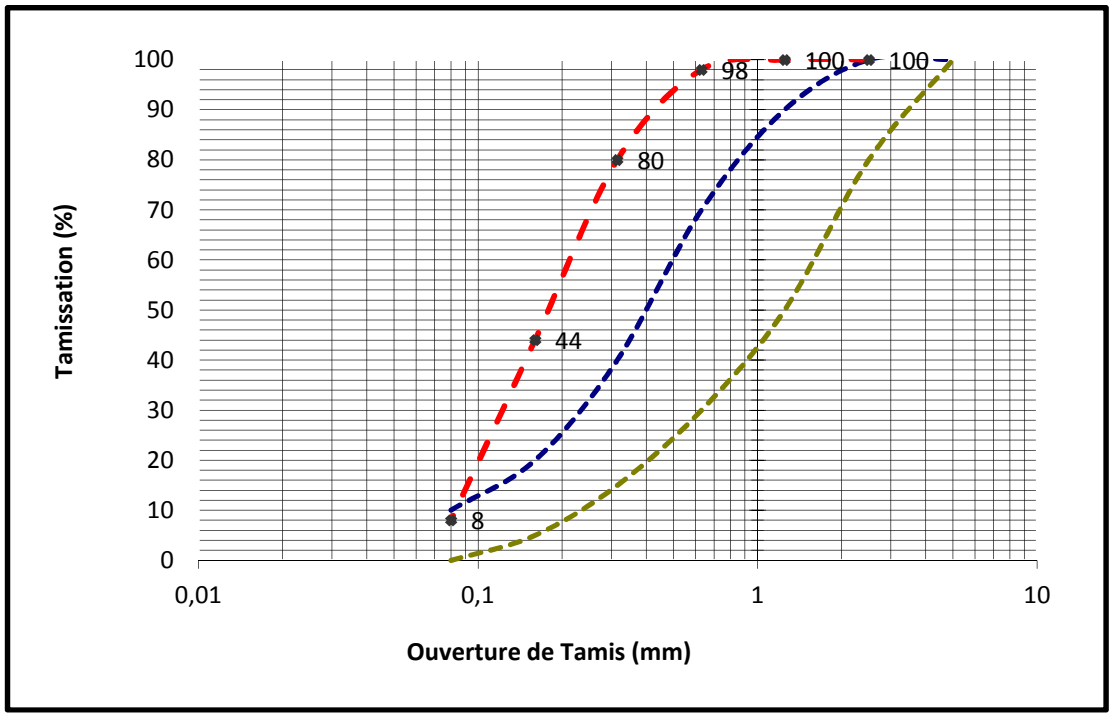
الجدول أدناه يوضح بعض النتائج المتوسطة للعينات:

الصورة 2.III غرابيل الترتيب الحبيبي

- العينة الأول 100% رمل الكثبان

الجدول 5.III نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الأول 100% رمل الكثبان (الوادي):

فتحات الغربال ب(mm)	نوع الغربال	المتبقي المجمع ب Rc (g)	نسبة المتبقي المجمع Rc(%)	المار المجمع ب T (%)
5	38	0	0	0
2.5	35	0	0	0
1.25	32	0	0	0
0.63	29	22.25	2.225	98
0.315	26	196.21	19.621	80
0.16	23	558.2	55.82	44
0.08	20	919.2	91.92	8
Fond	/	999	99.9	0.1



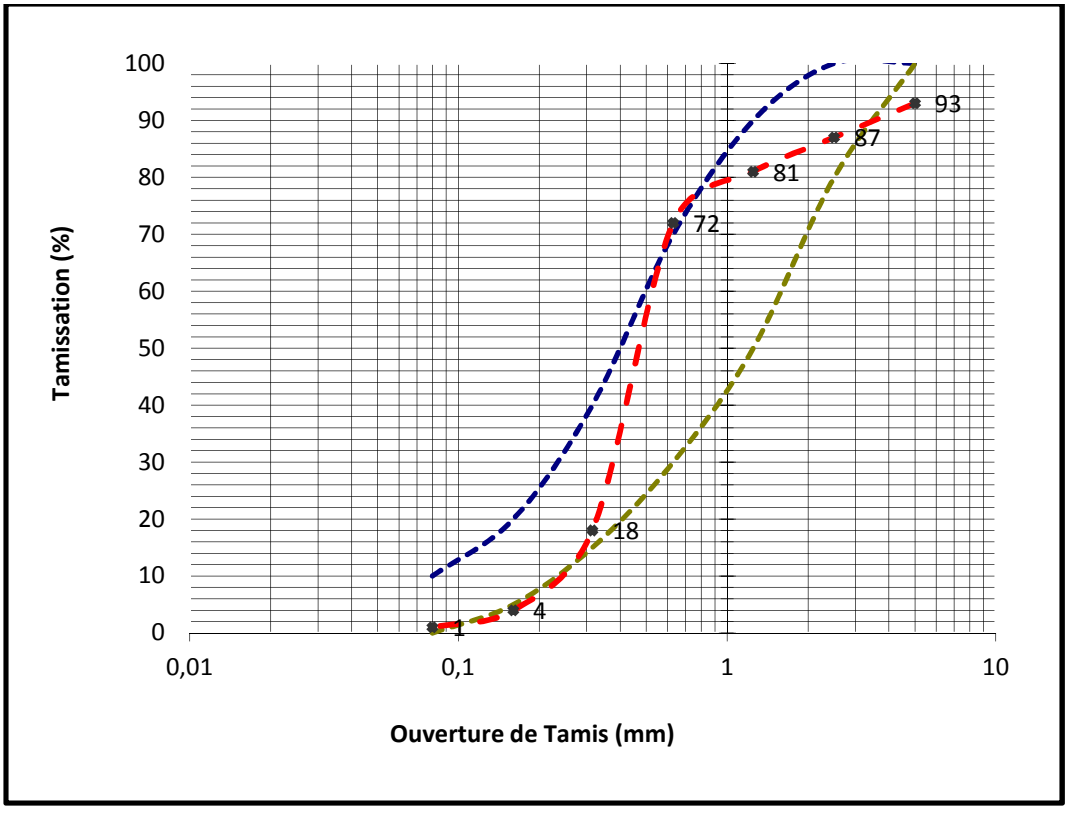
الشكل 1.III منحنى تجربة التدرج الحبيبي للعينة الأول 100% رمل الكثبان (الوادي)

الملاحظ أن هذا الرمل دقيق لأنه يحتوي على حبيبات أقل من 0.63 mm **[37]**.

- العينة الثانية : 100% رمل طبيعي .

الجدول 6.III نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الثانية : 100% رمل طبيعي (منطقة عسيلة الوادي)

فتحات الغربال ب (mm)	نوع الغربال	المتبقي المجمع ب Rc (g)	نسبة المتبقي المجمع Rc(%)	المار المجمع ب T (%)
5	38	135.32	6.76	93
2.5	35	269.32	13.46	87
1.25	32	376.52	18.83	81
0.63	29	557.29	27.86	72
0.315	26	1648.39	82.41	18
0.16	23	1921.6	96.08	4
0.08	20	1972.39	98.62	0.5
Fond	/	1999.8	99.99	0.01

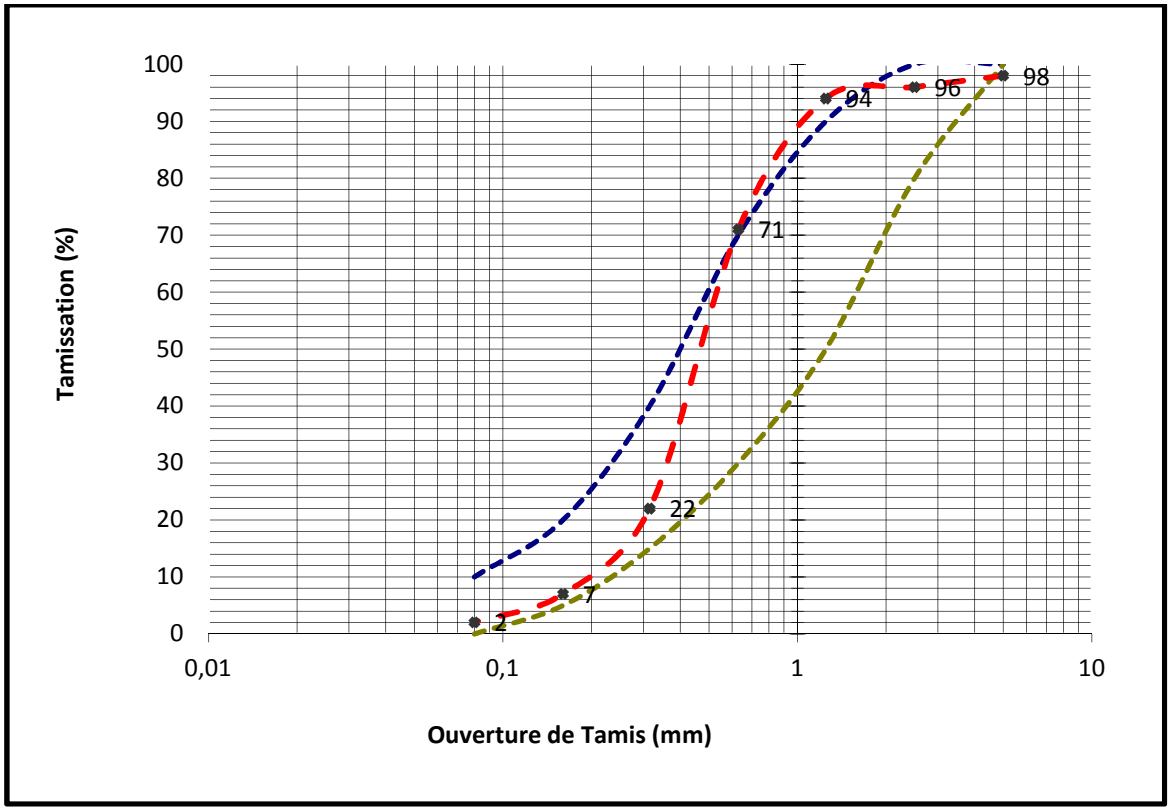


الشكل 2.III منحنى تجربة التدرج الحبيبي للعينة الثانية : 100% رمل طبيعي(منطقة عسيلة الوادي)

- العينة الثالثة : 40% رمل الكثبان +60% رمل طبيعي

الجدول III.7 نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الثالثة : 40% رمل الكثبان +60% رمل طبيعي(منطقة عسيلة الوادي)

فتحات الغربال ب (mm)	نوع الغربال	المتبقي المجمع ب Rc (g)	نسبة المتبقي المجمع Rc(%)	المار المجمع ب T (%)
5	38	39	0.635	99
2.5	35	76	5.065	98
1.25	32	121	16.91	94
0.63	29	573	34.935	71
0.315	26	1564	71.495	22
0.16	23	1857	96.29	7
0.08	20	1962	99.715	2
Fond	/	1999.4	99.97	0.03



الشكل III.3 منحنى تجربة التدرج الحبيبي للعينة الخامسة : 40% رمل الكثبان +60% رمل طبيعي (منطقة عسيلة الوادي)

6.1.2.III معيار النعومة: (Module de finesse)

ويتم تقييمه بواسطة معيار يسمى المقياس، حيث يساوي مجموع النسب المئوية للمتبقي المجمع للمناخل القياسية الستة (0.16, 0.315, 0.63, 1.25, 2.5, 5) مقسوماً على 100.

ويعبر معيار النعومة عن الحجم المتوسط لحبيبات الركام وهو لا يدل على مدى تدرج الركام من عدمه، ويستخدم معيار النعومة في بعض طرق تصميم الخلطات الخراسانية ومن أجل الرمل نستطيع تعريف ثلاث مجالات لمعاير النعومة للرمل حيث **[38]**:

- **المجال** A المفضل المستعمل في الخرسانة أو الملاط بين 2.2 – 2.8.
- **المجال** B رمل تميل حبيباته إلى الدقة بين 1.8 – 2.2.
- **المجال** C رمل تميل حبيباته إلى الخشونة بين 2.8 – 3.2.

$$Mf = \frac{\sum Rc}{100} \quad \text{.....(3.6)}$$

Rc: **المتبقي المجمع ب** (%) للغرابيل (38 **إلى** 23)

إذا معيار النعومة لكل عينة وبعد الحساب هو :

الجدول 8.III معيار النعومة لكل عينة

العينة	**الأولى**	الثانية	**الثالثة**
معامل النعومة Mf	1.00	2.54	2.13

- بالنسبة للعينة الأولى التي تحتوي على نسبة رمل الكثبان 100% ومن خلال قيمة معامل النعومة Mf **التي تساوي** 1.00 نستنتج أن هذا الرمل دقيق جدا وذو تدرج حبيبي ضيق لغياب العناصر ما بين 0.315 **إلى** 5 مم ، وعند مقارنة المجال للمنحنى المرجعي مع المنحنى المتحصل عليه نجده خارج كل المجالات، ولاستعمال هذه المادة يتطلب ذلك القيام بتصحيح **[38]** نقترح التصحيح بالرمل الطبيعي .

- وأما بالنسبة للعينة الثانية التي تحتوي على نسبة رمل طبيعي 100% ومن خلال قيمة معامل النعومة Mf **التي تساوي** 2.54 نستنتج أن هذا الرمل متوسط حيث أنه يدخل في المجال A **للمنحنى المرجعي** ونقترح أن يكون هو المادة المصححة لرمل الكثبان.

- وأما بالنسبة للعينة الثالثة **التي تحتوي على نسبة رمل الكثبان** 40% + رمل طبيعي 60% **ومن خلال** قيمة معامل النعومة Mf **التي تساوي** 2.13 نستنتج أن هذا الرمل متوسط وذو تدرج حبيبي مقبول ، **وعند** مقارنة المجال للمنحنى المرجعي B مع المنحنى المتحصل عليه نجده داخل هذا المجال، ونقترح هذه العينة كأحد التصحيحات**[36]**..

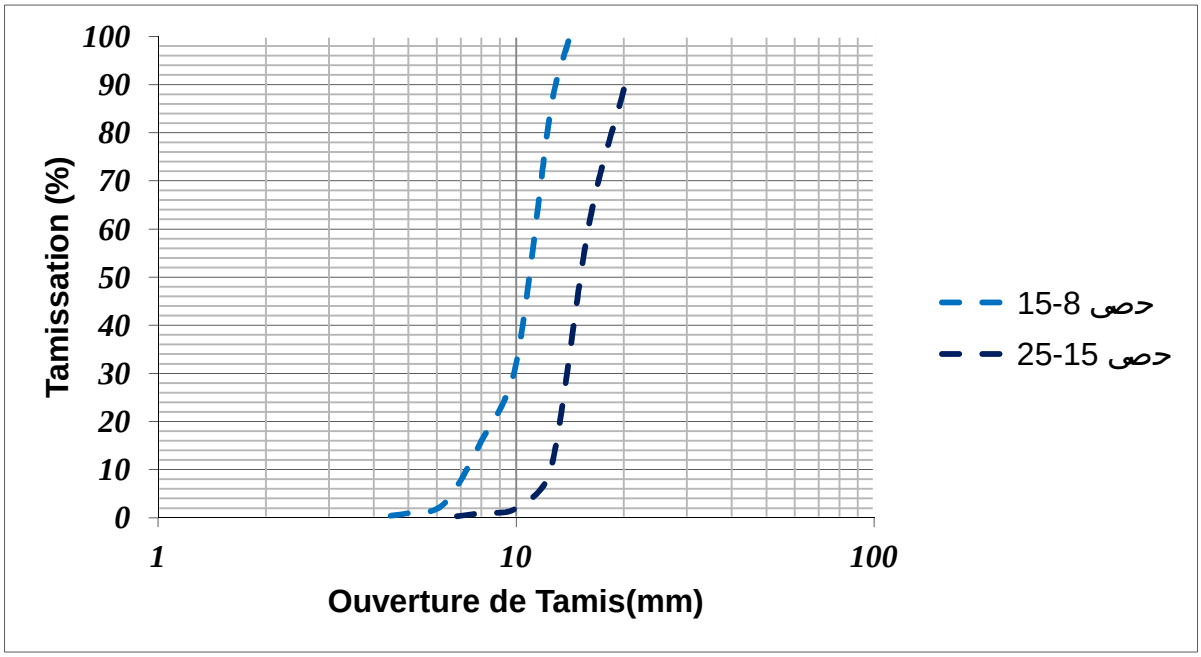
III .2.2 الحصى: وقد استعملنا حصى المحاجر لمنطقة حاسي مسعود واستعملنا نوعين من الحصى .

1 حصى 15/8 .

2 حصى 25/15 .

الجدول III .9 نتائج تجربة التدرج الحبيبي لمنطقة حاسي مسعود

قطر الغربال mm	حصى 15/8	حصى 25/15
25 mm		100
20 mm	100	89
16 mm	99	61
12.5 mm	85	10
10 mm	32	02
8 mm	16	01
6.3 mm	03	0
5 mm	01	
4 mm	00	



الشكل 4.III منحنى تجربة التدرج الحبيبي للحصى بنوعيه

- تجربة الكتلة الحجمية التي أعطت النتائج التالية **[25]**:

الجدول III .10 نتائج تجربة الكتلة الحجمية لحصى حلمي مسعود

المقلعة	الكتلة الحجمية المطلقة kg/m^3	
حلمي مسعود	15/8	25/15
	2502	2550

III. 3.2 الاسمنت : الإسمنت ciment رابط مائي ضروري مصنّع غير عضوي له خاصة التفاعل مع الماء وتكوين عجينة لدنة قادرة عند تصلبها على ربط الرمل والحصى والحجارة التي تخلط بها، وبذلك يتشكل الملاط Mortier والخرسانة Béton المقاومان لتأثير العوامل الطبيعية والماء تأثيراً مديداً. يعد الإسمنت من أهم مواد البناء، ويرجع تصلبه إلى التفاعلات الكيماوية القائمة على تمييه Hydratation سيليكات الكلسيوم و ألومينات وكبريتاته التي يتركب منها. وأنواعه كثيرة أشهرها وأكثرها انتشاراً «الإسمنت البورتلندي»

الاسمنت المستعمل هو اسمنت من نوع CEM I 42.5 ES (CRS) متواجد في السوق المحلي مصنوع من طرف مصنع الاسمنت بعين التوتة .

نتائج التجارب المجرات على هذا النوع من الاسمنت بخصوص الكتلة الحجمية الظاهرية والمطلقة معطاة مسبقا في البطاقة التقنية لنوع الاسمنت**[39]** .

الكتلة الحجمية المطلقة : $\rho_{ab} = 3020\ Kg/m^3$

الكتلة الحجمية الظاهرية : $\rho_{ab} = 2100\ Kg/m^3$

وفيما يلي نتطرق الى بعض التحارب :

III.3.2.1 المساحة السطحية للاسمنت : Surface spécifique

هي خاصية فيزيائية تحدد نعومة الاسمنت فبقدر ما يكون الاسمنت مطحون أكثر فبقدر ما تكون المساحة النوعية السطحية أكبر، وتعتبر النعومة من أهم الخواص التي توثر على العناصر التالية :

- نسبة التفاعل الكيميائي
- تطور المقاومة
- كمية الأسمنت الضرورية لتغليف مجمل حبيبات الركام الرمل ,الحصى) لدعم الترابط بين كل الحبيبات.

ويقاس بالمقارنة مع اسمنت مرجعي محدد السطح الذي هو معروف. فهو يعرف حجم تمرير الهواء عبر مسحوق الاسمنت على مساحة من هذا المسحوق هو أكثر أهمية ، والوقت الذي يستغرقه للهواء بالمرور عبر مسحوق طويلة. في الظروف القياسية ، على مساحة محددة تتناسب مع $\sqrt{t}$. لاختبار ما يسمى ب "بلين"

السطح بلين (NFP 15-442) محددة تعطى بالمعادلة التالية :

$$SSB = \frac{k\sqrt{e^3}\sqrt{t}}{p(1-e)\sqrt{n}} \quad \text{.....(3.7)}$$

t : زمن مرور الهواء عبر طبقة المسحوق بالثانية .

n : لزوجة الهواء عند درجة الحرارة المجرات فيها التجربة .

ρ : الكتلة الحجمية المطلقة ب g/cm^3 .

K : ثابت الجهاز .

e : النفاذية .

المساحة السطحية للاسمنت المستعمل (اسمنت عين التوتة) مقاسه في مخبر مطحنة الاسمنت أعطى من $cm^2/g3000$ إلى cm^2/g 3200

2.3.2.III زمن التصلب :

يتفاعل الاسمنت كيمائيا مع الماء ثم بعد مرور ساعة أو أكثر يبدءا العجين في إظهار شيء من التماسك الأولي نعبر عنه بزمن بداية التصلب . هذا الوقت المنقضي بين بداية خلط الماء مع الاسمنت و بداية التصلب يسمى اصطلاحا زمن التصلب وهو مهم بالنسبة لعملية تشغيل الخرسانة (خلطها,تحميلها ,رفعها , ضخها ,وكذلك هزهـا)

يختلف زمن التصلب على حسب نوعية الاسمنت ونعومته وكمية الماء ودرجة الحرارة ولذلك نقوم بتحديده على عجين قياسي معد حسب نسبة الماء المثالية و في درجة حرارة محددة بـ 20 درجة مئوية وباستعمال جهاز فيكا Vicat محمول بالإبرة بعد زمن بداية التصلب يتواصل التماسك حتى يصبح العجين عبارة عن كتلة واحدة هذا ما نسميه نهاية زمن التصلب.

ويكون عموما زمن التصلب أكثر من 90 دقيقة بالنسبة للاسمنت العادي في درجة حرارة 20 درجة مئوية. **أما بالنسبة للاسمنت المستعمل في الدراسة** (اسمنت عين التوتة) فحسب البطاقة التقنية فإن**[39]** :

الزمن الابتدائي للتصلب : 3ساعات

الزمن النهائي للتصلب : 4 **ساعات و** 20 دقيقة

3.3.2.III الخصائص الكيمائية :

التحليل الكيميائي للاسمنت معطى مسبقا في البطاقة التقنية لنوع الاسمنت على حسب النسب المئوية المشكلة لهذه المادة النتائج معطاة في الجدول التالي :

الجدول 11.III التحليل الكيميائي للاسمنت

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O	PAF
22	5.5	3	64.5	1.7	1.9	1.3	0.2	<1.5

نلاحظ أن الأسمنت المستخدمة يحتوي على نسب كبيرة من الكلس والسيليس.

القلويات = $Na2O + 0.658K2O = 0.736 < 0.6$ ٪ ولكن لا يوجد أي خطر من فعل القلويات لأنهم ليسوا من الحجر الجيري دولوميت .

4.3.2.III مقاومة الضغط :

يُميَّز الإسمنت بمقاومته للضغط بعد يومين وبعد سبعة أيام وبعد ثمانية وعشرين يوماً من لحظة إعداد الخلطة، ويتم ذلك على مواد اختباريه من ملاط نظامي وعينات خراسانية ذات مواصفات خاصة تنص عليها المقاييس الدولية والحكومية وتتبع في ذلك طرائق اختبار فيزيائية و ميكانيكية محددة **[38+39]** .

5.3.2.III المعامل الهدروليكي Indice d' hydraulicité :

المعامل الهدروليكي أو معامل فيكا Vicat ،الذي يعرف بالنسبة او الكسر الحامض من مكوات الاسمنت على القاعدي منها .

$$I = \frac{SiO2 + Al2O3}{MgO + CaO} = 0.41 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.8)$$

الأسمنت المستخدم $I = 0.41 < 0.5$ إذن الاسمنت محايد .

والجدول (9.III) يلخص بعض الخصائص الميكانيكية والفيزيائية لإسمنت مصنع عين التوتة مجراه في المخبر التابع للمصنع:

الجدول 12.III الخصائص الميكانيكية والفيزيائية لإسمنت مصنع عين التوتة

الخصائص الفيزيائية	الكتلة الحجمية المطلقة : $\rho_a = 2100\ (kg/m^3)$ الكتلة الحجمية الظاهرية : $\rho_b = 3020\ (kg/m^3)$ المساحة السطحية النوعية : $SSB = \ (g/cm^2)$ من3000الى 3200 بدء التصلب : 3ساعات نهاية التصلب : 4ساعات و 20دقيقة
الخصائص الكيميائي	Rc28 = 42.5 ± 2.89 Rc 7 = 37.61 ± 2.77MPa Rc2 = 22.27 ± 2.24 Rt28 = 08.48 ± 0.52 Rt7 = 07.11 ± 0.43 Rt2 = 04.97 ±0.41

4.2.III: الماء :

أهمية الماء:

1. الماء ضروري لكي يتم التفاعل الكيماوي بين الاسمنت والماء.
2. وهو ضروري أيضا لكي تمتصه الحبيبات المستعملة في الخرسانة.
3. يعطي الماء الخليط المؤلف من الركام الخشن والناعم والاسمنت درجة مناسبة من الليونة تساعده على التشغيل والتشكيل.
4. بوجود الماء يمكن خلط مقدار أكبر من الحبيبات بنفس الكمية من الأسمنت.
5. إن الماء يعطي حجماً للخرسانة يتراوح ما بين 15-20 %.
6. يضيع جزء من الماء الموجود في خلطة الخرسانة أثناء عملية التبخر.
7. إن الماء ضروري لعمليات إيناع الخرسانة أثناء تصلبها.

النسبة المائية الإسمنتية E/C:

هي النسبة بين وزن الماء الحر المخصص للتفاعل (عدا عن الماء الذي تمتصه الحبيبات) **إلى وزن الأسمنت في الخلطة**. ولضبط نسبة الماء في الخلطة أهمية بالغة وعليها تتوقف قوة الخلطة ومسميتها وانفصالها ومقدرتها على مقاومة العوامل الجوية من برودة وحرارة وتآكل حيث ان كثرة الماء تضعف الخرسانة وتسبب الانفصال والتميع والمسامية وقلة الدوام والاهتراء وقلة التماسك والضعف والتقشر والانكماش والتشقق.

1.4.2.III خواص الماء المستعمل في الخرسانة:

1. يكون الماء المستعمل في خلط ومعالجة الخرسانة خاليا من المواد الضارة مثل الزيوت والشحوم والأملاح والأحماض والقلويات والمواد العضوية والفلين والمواد الناعمة سواء كانت هذه المواد ذائبة أو معلقة وخلافها من المواد التي يكون لها تأثير عكسي على الخرسانة من حيث قوة الكسر والمتانة.

2. يعتبر الماء الصافي الصالح للشرب صالحا لخلط الخرسانة وإيناعها.

3. يسمح باستعمال الماء غير الصالح للشرب في حالة عدم توفر الماء الصالح لشرب على أن لا يزيد تركيز الشوائب فيه عن نسب معينة تحددها المواصفات.

4. يحظر استعمال الماء غير الصالح للشرب في خلط وإيناع الخرسانة إلا بعد أن يثبت مخبريا بأن **مقاومة مكعبات الملاط** (Morti) الذي جرى خلطه بالماء غير الصالح للشرب تساوي على الأقل (90) % من مقاومة نظيراتها والتي جرى تحضيرها باستعمال ماء صالح للشرب وذلك عند عمر (7) أيام و (28) يوم وحسب المواصفات التقنية اللازمة .

5. يجرى تصميم الخلطة الخراسانية في المختبر باستعمال نفس الماء غير الصالح للشرب والذي سيجرى استخدامه في الخلطات الخراسانية بالموقع .

2.4.2.III التركيبة الكيمائية للماء المستعمل:

الجدول 13.III التركيبة الكيمائية للماء المستعمل[18]

PH	$HCO3^-$ [mg/l]	$SO4^-$ [mg/l]	$NO3^-$ [mg/l]	Cl^- [mg/l]	Na^{++} [mg/l]	K^{++} [mg/l]	Mg^{++} [mg/l]	Ca^{++} [mg/l]
7.75	124	755	14.5	755	536	31	125	242

3.III صياغة الخلطة الخراسانية :

لتحضير الخلطة الخراسانية اعتمدنا على طريقة DREUX-GORISSE والتي قسمناها على أربعة مراحل :

- المرحلة الأولى : إيجاد نسبة الماء والاسمنت .
- المرحلة الثانية: إنشاء المنحني الحبيبي المرجعي .
- المرحلة الثالثة: إيجاد نسبة الحصى والرمل من المنحنى .
- المرحلة الرابعة: حساب الكتل للحصى والرمل .

1. المرحلة الأولى : إيجاد نسبة الماء والاسمنت :

ونستعمل لهذا الغرض المعادلة التالية :

$$f_cm = f_{c28} * 1,15$$

المقاومة المتوسطية للضغط 28 يوم تعطى كالتالي : f_{c28} =40 MPA

نسبة تركيز الاسمنت هي 400كغ/م3 , أخذت على أساس الوسط العدائي A_3 حيث نسبة أملاح الكبريت أكثر من 3000 mg/l وذلك ما يبينه الجدول الموالي

الجدول III .14 يوضح الاوساط العدونية لتربة

Degré d'agressivité	A_1	A_2	A_3	A_4
Agents agressifs	Concentration en mg/l			
CO_2 agressif (*)	15 à 30	30 à 60	60 à 100	> 100
SO_4^{--}	250 à 600	600 à 1 500 (1)	1 500 à 6 000	> 6 000
Mg^{++}	100 à 300	300 à 1 500	1 500 à 3 000	> 3 000
NH_4^{+}	15 à 30	30 à 60	60 à 100	> 100
pH	6,5 à 5,5	5,5 à 4,5	4,5 à 4	< 4

$$f_c\mathbf{m = 40* 1,15 =46\ MPA}$$

إيجاد نسبة الماء :

$$\frac{\mathbf{C}}{\mathbf{E}} = \frac{\mathbf{f_{cm}}}{\mathbf{G*\gamma_{28}}} + \mathbf{G}$$

E نسبة الماء

C كتلة الاسمنت

γ_{28} الكتلة الحجمية للاسمنت

الجدول III .15 معامل حبيبات G

G معامل الحبيبات تؤخذ من الجدول التالي حسب الأقطار

QUALITE DES GRANULATS	DIMENSION D DES GRANULATS		
	FINS (D ≤ 12,5 mm)	MOYENS (20 ≤ D ≤ 31,5 mm)	GROS (D ≥ 40 mm)
EXCELLENTE	0,55	0,60	0,65
BONNE, COURANTE	0,45	0,50	0,55
PASSABLE	0,35	0,40	0,45

$$\frac{\mathbf{C}}{\mathbf{E}} = \frac{\mathbf{46}}{\mathbf{0.6*62.5}} + \mathbf{0.6 = 1.83}$$

$$\frac{\mathbf{C}}{\mathbf{E}} = \mathbf{1.83} \ \leftrightarrow \mathbf{E} = \frac{\mathbf{C}}{\mathbf{1.83}} = \frac{\mathbf{400}}{\mathbf{1.83}} = \mathbf{219\ l/m^3}$$

$$\boldsymbol{E = 219\ l/m^3}$$

2.المرحلة الثانية : إنشاء المنحني الحبيبي المرجعي:

إنشاء المنحني التدرج الحبيبي المرجعي الذي يؤخذ بعين الاعتبار مختلف الخصائص المتعلقة بالخرسانة المدروسة هذا المنحنى يمكن تمثيله عن طريق خط منكسر يرسم على مخطط حبيبي نظامي مبدؤه يكون من اقل قطر للغربال (mm0.08) الى اكبر قطر للحصى المستعمل (D max)

- ولرسم هذا المنحنى نحتاج لتعيين ثلاث نقاط (OAB)

- O : (0.0) .

- B : (D, 100%) D = هي اكبر قطر للحصى المستعمل في الخلطة .

- A =(X . Y) .

- X = D/2 إذا كان القطر D اقل من 20mm

- إما إذا القطر D أكبر من 20mm تؤخذ X في منتصف النقطة المتواجدة بين القطر 5 mm وD

- لتعين النقطة Y تحسب كالتالي

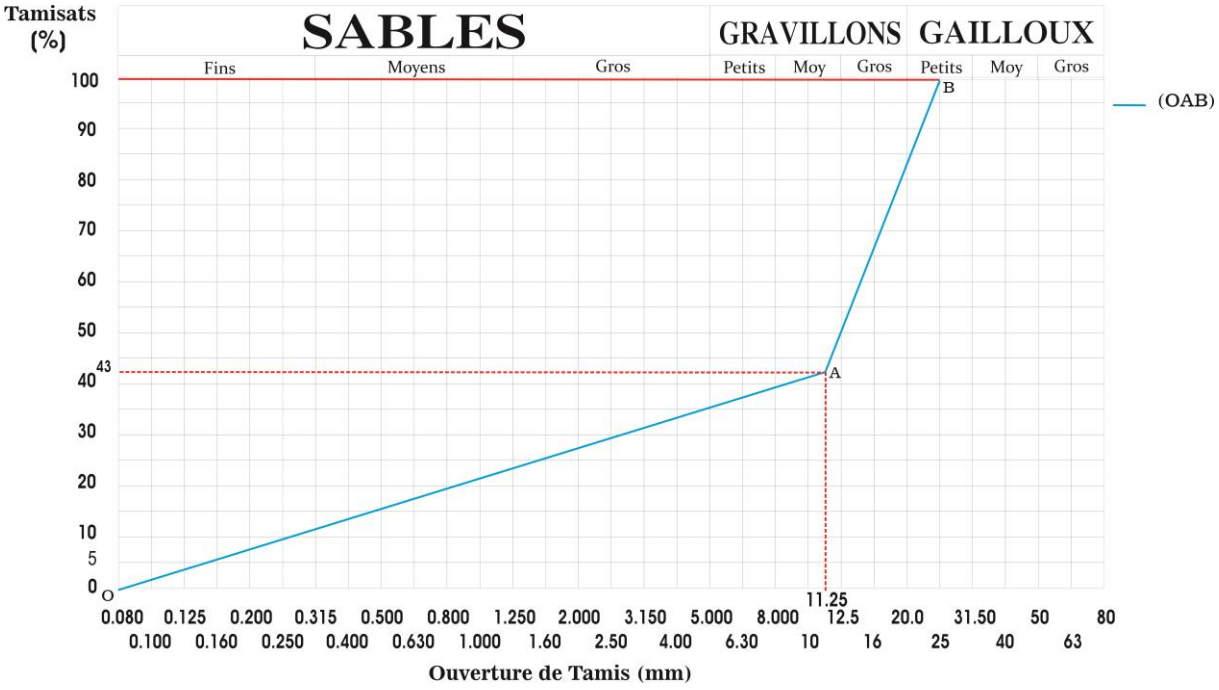
$$\mathbf{Y = 50 - \sqrt{D} + K}$$

K : تؤخذ من الجدول التالي حيث (**K**= -2) حسب تركيز الاسمنت المستعمل مع نوعية الحصى أخذت هذه القيمة خطاء ولكن من المفروض تأخذ (**K**= 0)

الجدول III. 16 : قيمة معامل التصحيح K

VIBRATION		FAIBLE		NORMALE		PUISSANTE	
Forme des granulats (des sables en particulier)		Roulé	Concassé	Roulé	Concassé	Roulé	Concassé
	400+Superpl.	- 2	0	- 4	- 2	- 6	- 4
	400	0	+ 2	- 2	0	- 4	- 2
dosage	350	+ 2	+ 4	0	+ 2	- 2	0
en	300	+ 4	+ 6	+ 2	+ 4	0	+ 2
ciment	250	+ 6	+ 8	+ 4	+ 6	+ 2	+ 4
	200	+ 8	+ 10	+ 6	+ 8	+ 4	+ 6

O (0 , 0) , B (25 mm , 100%) , A (11.25 mm , 43%)



الشكل III. 5 منحنى OAB

3.المرحلة الثالثة: إيجاد نسبة الحصى والرمل من المنحنى :

- يجب رسم المنحنيات المختلفة للحبيبات المستعملة (حصى .رمل) في نفس المخطط البياني ونرسم مستقيمات ترتبط في النقطة 95 % في المنحنى الأول و 5 % في المنحنى الثاني وهكذا الواحد تلو الأخر ونسمي هذه المستقيمات مستقيمات التقسيم ونقاط التقاطع مع المنحنى (OAB) تمثل النسب المئوية لمختلف الحبيبات (رمل.حصى) كما هو موضح في الشكل الأتي

الرحلة الرابعة : حساب الكتلة الحجمية لنسب الخلطة (رمل.حصى)

- نحسب معامل التراص γ
- من اختبار الهبوط تاخذ القيمة المستحبة A= 7cm ومن هذه النتيجة نجد ا ن حالة الخرسانة ذات خلطة لدنة

ومن الجدول التالي نأخذ قيمة معامل التراص في الحالة اللدنة (ذات اهتزاز عادي)

جدول III .17 قيمة هبوط الخرسانة الطازجة

Plasticité	Serrage	Affaissement A (cm)
Béton très ferme	Vibration puissante	0 à 2
Béton ferme	Bonne vibration	3 à 5
Béton plastique	vibration courante	6 à 9
Béton mou	Piquage	10 à 13
Béton très mou	Piquage léger	13 à 15
Béton liquide (fluide)		≥ 16

A=7 cm: béton plastique

جدول III .18 قيمة معامل التراص

CONSISTANCE	SERRAGE	COEFFICIENT DE COMPACITE γ						
		D = 5	D = 10	D = 12,5	D = 20	D = 31,5	D = 40	D = 80
Très plastique	Piquage	0,750	0,780	0,795	0,805	0,810	0,815	0,820
	Vibration faible....	0,755	0,785	0,800	0,810	0,815	0,820	0,825
	Vibration normale.	0,760	0,790	0,805	0,815	0,820	0,825	0,830
Plastique	Piquage	0,760	0,790	0,805	0,815	0,820	0,825	0,830
	Vibration faible	0,765	0,795	0,810	0,820	0,825	0,830	0,835
	Vibration normale.	0,770	0,800	0,815	0,825	0,830	0,835	0,840
	Vibration puissante	0,775	0,805	0,820	0,830	0,835	0,840	0,845
Ferme	Vibration faible	0,775	0,805	0,820	0,830	0,835	0,840	0,845
	Vibration normale.	0,780	0,810	0,825	0,835	0,840	0,845	0,850
	Vibration puissante	0,785	0,815	0,830	0,840	0,845	0,850	0,855

ملاحظة: هذه القيم يكون ضروري لإجراء التصحيحات التالية :

الرمل والحصى الطبيعي: - 0.01 *

الرمل و حصى المحاجر: - 0.03

- وبما إن الحصى والرمل من النوع الطبيعي (roulé) فان $\boldsymbol{\gamma}$ يحتاج إلى تصحيح حسب معامل التصحيح للنوع طبيعي 0.01

$$\boldsymbol{\gamma_{corige}} = 0.827 - 0.01 = 0.817$$

- حساب حجم الاسمنت المطلق :

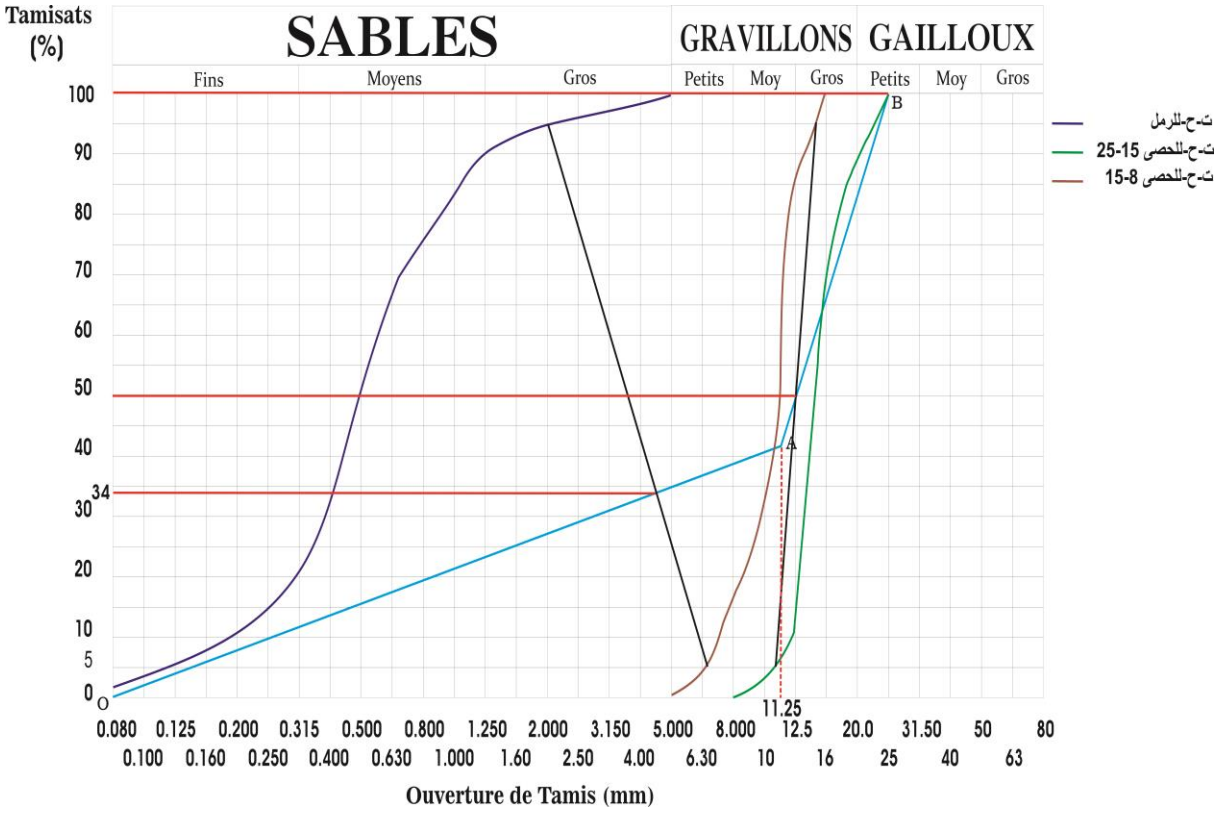
$$C = \frac{400}{3.1} = 129\ l/m^3$$

- حساب حجم المطلق للركام :

$$V = 1000 \times \gamma_{CORIGE} - C$$

$$V = 1000 \times 0.817 - 129 = 688\ l/m^3$$

من المنحنى :



الشكل.III . 6 منحنى التدرج الحبيبي للخليط

- حساب حجم الرمل (34%) :

$$V_S = V \times (34\%) = 688 \times {}^{34}/_{100} = 234 l/m^3$$

- حساب حجم الحصى (8/15) (16%) :

$$V_{G)8/15(} = V \times (16\%) = 688 \times {}^{16}/_{100} = 110\ l/m^3$$

- حساب حجم الحصى (15/25) (49%) :

$$V_{G)15/25(} = V \times (50\%) = 688 \times {}^{50}/_{100} = 344\ l/m^3$$

- حساب كتلة الخلطة : $\delta = \frac{m}{V} \leftrightarrow m = \delta \times V$

*رمل $m_S = \delta \times V \leftrightarrow m_S = 2.59 \times 234 = 606\ Kg/m^3$

*حصى 8.15

$m_S = \delta \times V \leftrightarrow m_S = 2.5 \times 110 = 275\ Kg/m^3$

*حصى 15/25

$m_S = \delta \times V \leftrightarrow m_S = 2.55 \times 344 = 877\ Kg/m^3$

4.III حساب حجم عينات الاختبار :

- لدينا 12 عينة اسطوانية ذات أبعاد (قطرها 16 وارتيفاعها32) و 12 عنية مكعبة

(cm 28* 7* 7)

نقوم بالحسابات التالية

$V_{Cel} = 8^2 \times 3.14 \times 32 = 6.10^{-3} \leftrightarrow 6.10^{-3} \times 12 = 72.10^{-3}\ m^3$

$V_{car}\ 7 \times 7 \times 28 = 1.35.10^{-3} \leftrightarrow 1.35.10^{-3} \times 12 = 17.10^{-3}\ m^3$

$V_T = 72.10^{-3} + 17.10^{-3} = 89.10^{-3} m^3$

- حساب كتلة الرمل

$$1m^3 \rightarrow 606$$

$$89.10^{-3} \rightarrow X$$

$$X = 53\ Kg$$

$$M_{sa} = 53Kg$$

- حساب كتلة الحصى 15/8

$$1m^3 \rightarrow 275$$

$$89.10^{-3} \rightarrow X$$

$$X = 25\ Kg$$

$$M_{G8/15} = 25Kg$$

- حساب كتلة الحصى 25/15

$$1m^3 \rightarrow 877$$

$$89.10^{-3} \rightarrow X$$

$$X = 78\ Kg$$

$$M_{G15/25} = 78Kg$$

- كتلة السمنت

$$M_C = 36Kg$$

- كتلة الماء

$$M_E = 20\ L$$

III . 5 صياغة وتحضير الخلطة :

بعد صياغة و حساب **أوزان ومكونات الخلطة** الخراسانية **ل**لعينات سنتطرق **إلى** عملية **خلط** و صب عينات الاختبار عبر المراحل التالية :

المرحلة الأولى :

مرحلة الخلط : وهي عملية الغرض منها الحصول على الخرسانة الطازجة باستعمال آلة الخلط التالية:

الصورة III .3 آلة خلط الخرسانة (EN 1297-3)

مبدأ التجربة :

- سنتطرق في هذه المرحلة الى عملية وزن مكونات الخلطة ووضعها في آلة الخلط
- وضع الرمل في آلة الخلط (رمل طبيعي 60 % و 40% رمل الكثبان) .
- وضع الاسمنت فوق الرمل
- وضع الحصى 8\15
- وضع الحصى 15\25
- نضع غطاء على آلة الخلط ثم نقوم بخلط المكونات و هي جافة .
- ثم نقوم بإضافة الماء إلى الخلطة وفي الأخير نتحصل على الخرسانة الطازجة

الصورة III 4 :خرسانة طازج في آلة الخلط

المرحلة الثانية الصب

نقوم في هذه المرحلة بصب الخرسانة في القوالب المخصصة للتجربة عن طريق الخطوات التالية :

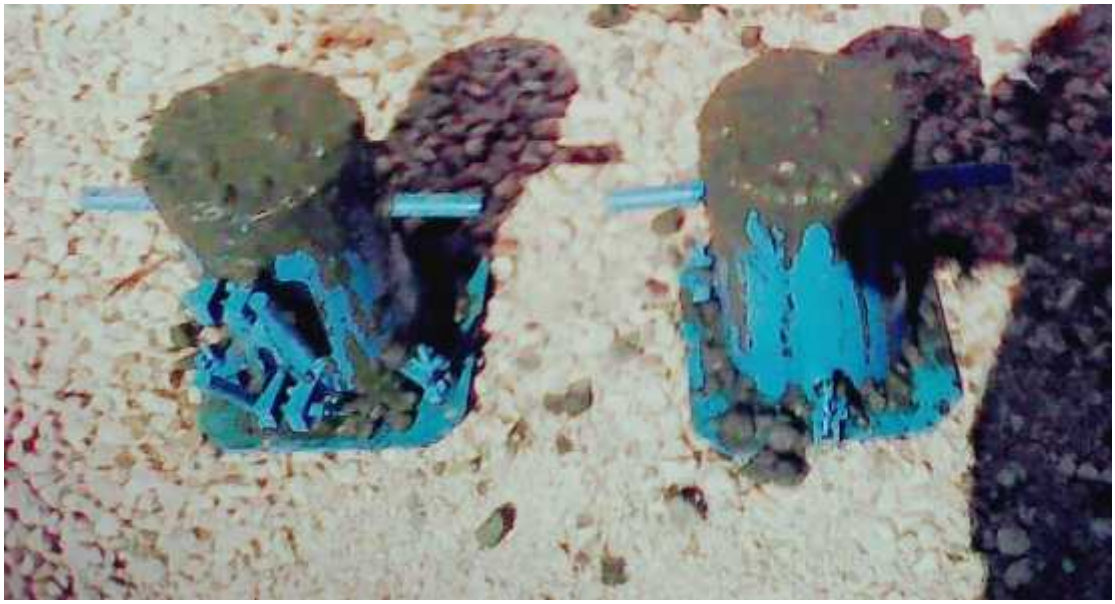
مبدأ التجربة

1 تحضير قوالب الصب

2 نقوم بدهن القوالب قبل الصب

الصورة III 5: قوالب الصب

3 .نقوم بصب الخرسانة في القالب في ثلاث طبقات ' الطبقة الأولى 25% من حجم العينة ثم طبقة ثانية 50% من حجم العينة ثم طبقة أخيرة 25% من حجم العينة مع الدمك الجيد في كل طبقة .



الصورة III .6 : صب الخرسانة في القوالب

المرحلة الثالثة :

بعد تصلد الخرسانة نقوم بنزع القوالب و نترك عينات الشواهد في الهواء الطلق

الصورة III .7 : نزع القالب عن عينة الاختبار

الصورة III . 8 : تصلب العينات بعد الصب

وفي الاخير ندفن العينات **في الوسط الذي** سنجري فيه دراستنا في حديقة الشط مقابل الجامعة حيث يتميز هذا الوسط بخاصية عدائية و ذلك لاحتوائه على كمية كبيرة من **الأملاح من الصف** A3 وصورة التالية توضح بروز الأملاح بعين المجردة

الصورة III .9 :منطقة دفن العينات

الصورة III. :10وضع العينات في مكان الاختبار

الصورة III . 11: وضع العينات في مكان الاختبار

مختلف سلوك الخرسانة المدروسة

III .6- مدخل :

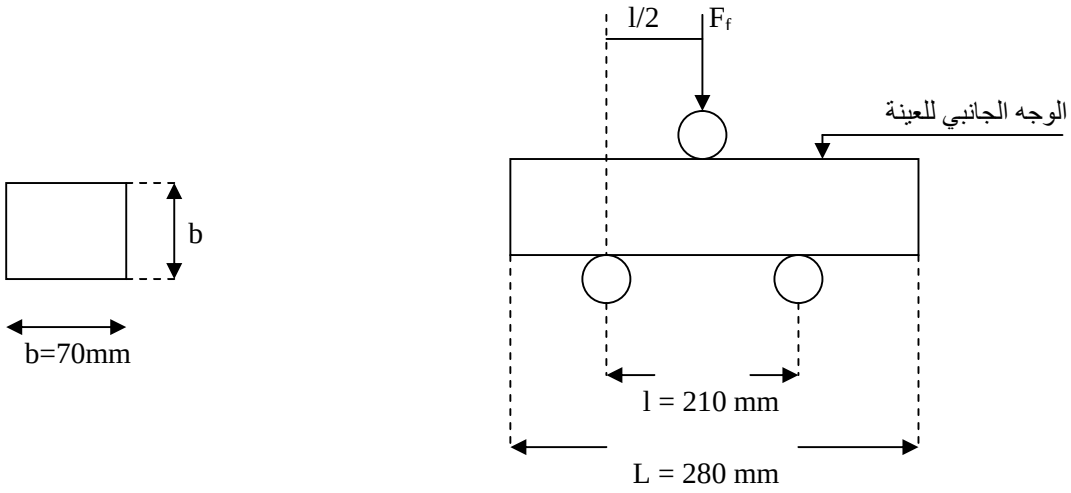
تعد الخصائص الميكانيكية لمادة ما أهم الخصائص التي تميزها عن الكثير من المواد وعن مثيلاتها من المركبات وبعد تعريف خرسانة الرمل و إعطاء نبذة عن تاريخها وخصائصها ومعرفة التركيبة المثلى لهذه المادة المقترح في الدراسة. **سنتطرق إلى** الخصائص الميكانيكية لخرسانة الرمل وبالتحديد **إلى مقاومة الضغط ومقاومة الشد بواسطة الانحناء** في الأيام 7 و 14 و 28 .

III .7- طرق التجارب :

III .7 - 1 تجربة التحطيم الشد بواسطة الانحناء :

تتم تجربة الشد بواسطة الانحناء على عينات لها مقطع مربع 7×7 **سم وطول** 28 **سم** , البعد بين المسندين 21سم كما يتم تنفيذ هذه العملية بواسطة آلة الانحناء بثلاث نقاط، الآلة مزودة بمسندين أسطوانيين من الأسفل ثابتين تستند عليهما العينة ومسند علوي اسطواني كذلك مطبق وسطهما متحرك بواسطة محرك الآلة ليطبق القوة على العينة و تقرأ الحمولة مباشرة من الآلة .

هذه التجربة منصوص عليها حسب القاعدة NEP 18.407 **وشكل** , هو عبارة عن شكل تخطيطي لآلة التحطيم بواسطة الانحناء .



الشكل III .7 يوضح آلية التحطيم بالانحناء

التجربة تجرى بواسطة آلة التحطيم الخاصة بتجربة **الشد بواسطة** الانحناء لعينة من خرسانة الرمل ذات **أبعاد** (70×70×280**ملم**) , قدرت هذه الآلة على التحطيم تصل **إلى** 10KN إذ تطبق تقريبا 2.67 KN/min. صورة الجهاز موضح في الملحق انظر .

مقاومة الانحناء تحسب بالعلاقة التالية :

$$R = 2.7\ F/\ a2 \quad \text{.....(3.9)}$$

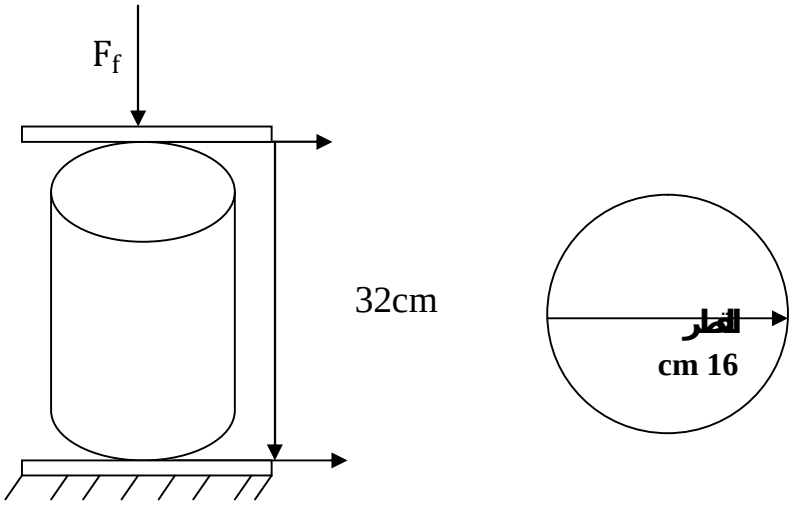
R : **مقاومة الانحناء ب** (MPa)

F : قوة تحطم العينة عند الانحناء

a : جزاء العينة الذي يساوي 70mm

III .7 - 2 تجربة التحطيم بواسطة الضغط :

هذه التجربة منصوص عليها حسب القاعدة NF P 18-400 . وتكون بواسطة جهاز ضغط المواد الصلبة وتكون على العينة الاسطوانية **ذات قطر** 160mm **وارتفاع** 320 mm توضع هذه العينة ما بين صفيحتين معدنيتين صلبتين .



الشكل III . 8 يوضح آلية التحطيم بالضغط

التجربة تجرى بواسطة آلة التحطيم الخاصة بتجربة الضغط قدرة هذه الآلة على الضغط تصل الى2000 kN وبواسطة سرعة إنقال منتظمة ومستمرة.صورة الجهاز موضح في الملحق .

$$Rc = F/A \quad \text{.....(3.10)}$$

Rc : مقاومة الضغط ب (MPa)

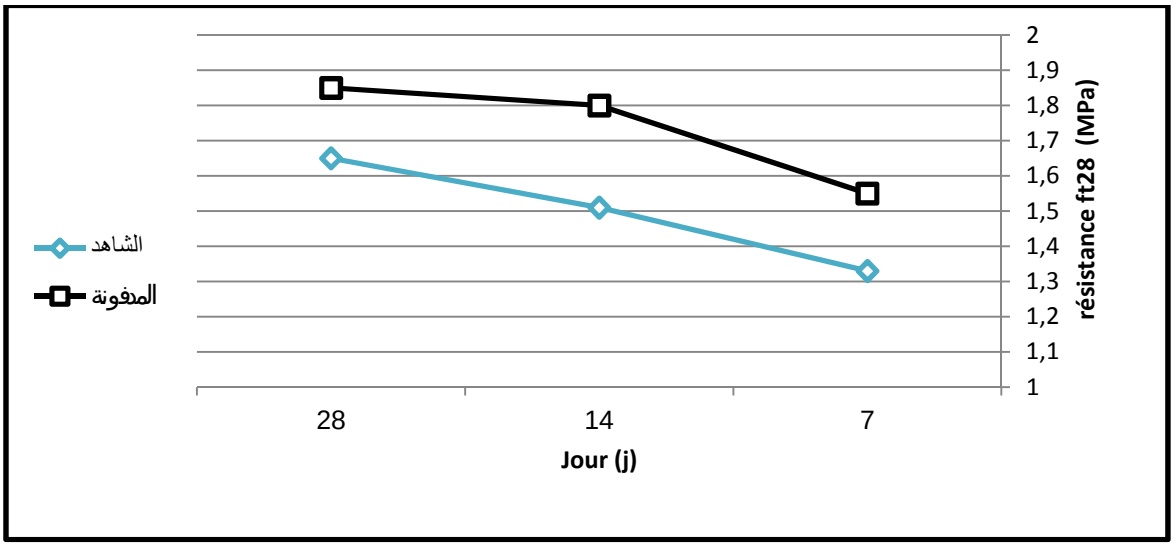
F : قوة تحطم العينة عند الضغط ب (KN)

A : مساحة العينة

III . 8 نتائج مقاومة الشد بواسطة الانحناء

الجدول III. 19 نتائج مقاومة الشد بواسطة الانحناء لخرسانة الرمل

العينة	الوزن g	الإجهاد في يوم 7 (MPa)	الوزن	الإجهاد في يوم 14 (MPa)	الوزن	الإجهاد في يوم28 (MPa)
الشاهد	3100	0.16±1.33	3082	0.20±1.51	3072	0.19±1.65
المدفونة	3217	0.11±1.55	3200	0.22±1.80	3163	0.18±1.85



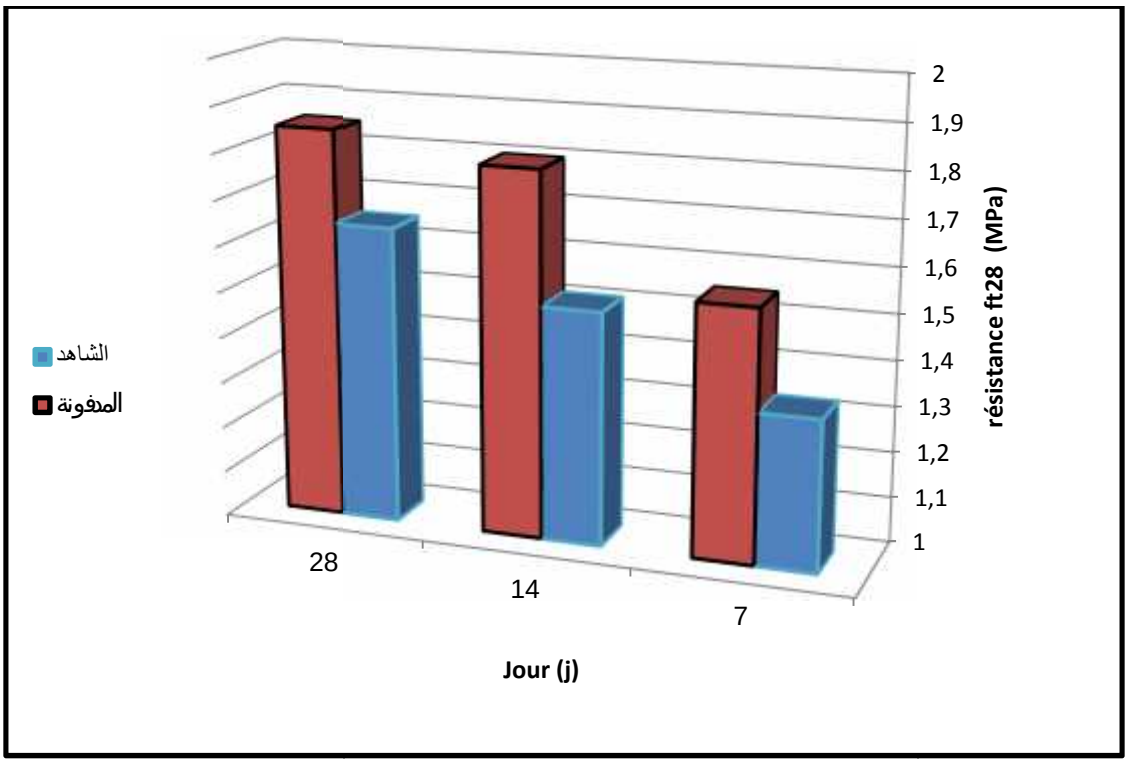
الشكل III . 9 منحنى نتائج مقاومة الشد بواسطة الانحناء لخرسانة الرمل

نلاحظ

من خلال التجارب المجرات على العينات **أن** مقاومة الانحناء تتحسن عبر الزمن خلال الفترات الزمنية **التي** أجريت فيها التجارب .

كما لاحظنا أن الخرسانة المدفونة داخل التربة المغمورة بالمياه كانت نتائجها أكبر من الخرسانة الشاهد الموضوعة في الهواء .

مناقشة النتائج مقاومة الشد بواسطة الانحناء



الشكل III. 10 الأعمدة البيانية لنتائج مقاومة الانحناء لخرسانة الرمل

من خلال الأعمدة البيانية للفترات الزمنية المدروسة (7-14-28 يوم) تبين **أن مقاومة الشد بواسطة** الانحناء في العينات المدفونة قد تحسنت على ما هي عليه في العينات الشاهد المعرضة للهواء ففي اليوم **السابع نجد أن الخرسانة المدفونة تتحسن بنسبة** 14% **أما** بنسبة لليوم 14 **فقد تحسنت بنسبة** 16% **وفي** اليوم 28 **قد تحسنت بنسبة** 11 % .

نفسر هذا الاختلاف في النسب على انه راجع إلى العمر ففي الفترة الممتدة من اليوم الأول إلى اليوم 14 تكون التفاعلات الكيميائية الخاصة بالاسمنت في ذروتها ثم تتضاءل تدرجيا كلما اقتربنا من اليوم 28 لتستقر نظريا .

إن هذا التحسن راجع إلى نسبة الماء في كلا العينتين فبالنسبة للعينة الشاهد التي أعطت نتائج اقل فهذا راجع إلى ضياع نسبة معتبرة من الماء بسبب وجودها في الهواء وعدم غمرها في الماء لمدة زمنية وذلك لتفادي ضياع كميات من الماء الضرورية للتفاعل داخل الخرسانة و هذا مما سبب أنواع مختلفة من الانكماش التي توادي إلى وجود تشققات داخلية ربما تكون غير مرئية بالعين المجردة وبطريقة أخرى نستطيع القول بان نسبة الماء الضائعة عن طريق التبخر في الهواء الخارجي الموجود فيه الخرسانة الشاهد قد خلق هذا الماء المتبخر فراغات داخل هيكل الخرسانة مما يضعف مقاومته للانحناء.

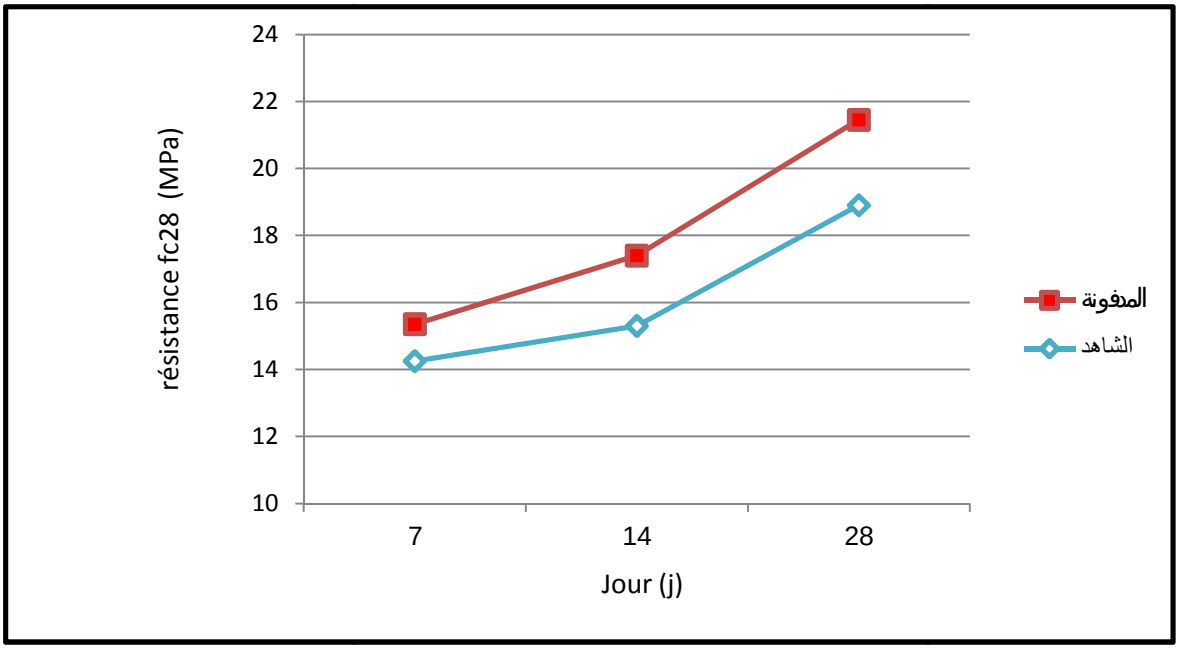
وبمقارنة قيم الانحناء المتحصل عليها بالدارسات السابقة نجد أنها متقاربة ففي اليوم 28 وجدنا أن مقاومة الانحناء1.85 MPa أما بدادي العيد فقد وجد 2 MPa وقد وجد بن طلحا عيسى أيضا من 2 إلى 2.1 MPa وقد كانت نتائجنا اقل من هاتين الدراستين نظرا لاختلاف معامل النعومة الخاص بالرمل من جهة وحجم الحصى من جهة أخرى .

من المفترض أن العينات التي وضعت في الوسط المحتوي على المياه الصاعدة تكون مقاومة الانحناء لديها منخفضة على ما هي علية في الخرسانة الشاهد , ونظرا للعمر القصير الذي أجريت فيه التجارب فان ظاهرة تأكل الخرسانة من خلال مهاجمة العناصر الكيميائية الموجودة في الماء لهذه الأخيرة لم تتم وان الاسمنت المستعمل أثبت الكفاءة المرجوة منه وذلك بالمحافظة على تماسك التركيبة الخراسانية خلال الفترات المدروسة .

III . 9 نتائج مقاومة الضغط

الجدول III. 20 نتائج مقاومة الضغط لخرسانة الرمل

العينة	الوزن g	الإجهاد في يوم 7 (MPa)	الوزن	الإجهاد في يوم 14 (MPa)	الوزن	الإجهاد في يوم28 (MPa)
الشاهد	14855	14.25±1.2	14526	15.30±1.8	14390	18.90±2.2
المغونة	14859	15.35±1.5	14735	17.40±2.1	14708	21.45±2.5

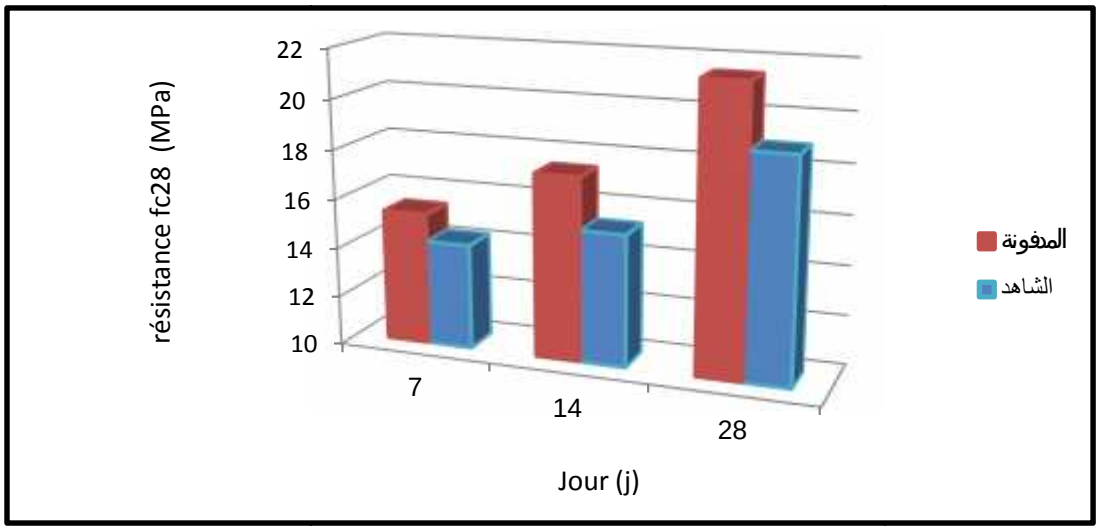


الشكل III. 11 منحنى نتائج مقاومة الضغط لخرسانة الرمل

نلاحظ

من خلال التجارب المجرات على العينات أن مقاومة الضغط تتحسن عبر الزمن خلال الفترات الزمنية التي أجريت فيها التجارب .

كما لاحظنا أن الخرسانة المدفونة داخل التربة المغمورة بالمياه كانت نتائجها أكبر من الخرسانة الشاهد الموضوعة في الهواء .



الشكل III. 12 الأعمدة البيانية لنتائج مقاومة الضغط لخرسانة الرمل

من خلال الأعمدة البيانية للفترات الزمنية المدروسة (7-14-28 يوم) تبين أن مقاومة الضغط في العينات المدفونة قد تحسنت على ما هي عليه في العينات الشاهد المعرضة للهواء ففي اليوم السابع نجد أن الخرسانة المدفونة تتحسن بنسبة 7% أما بنسبة لليوم 14 فقد تحسنت بنسبة 12% وفي اليوم 28 قد تحسنت بنسبة 11 % .

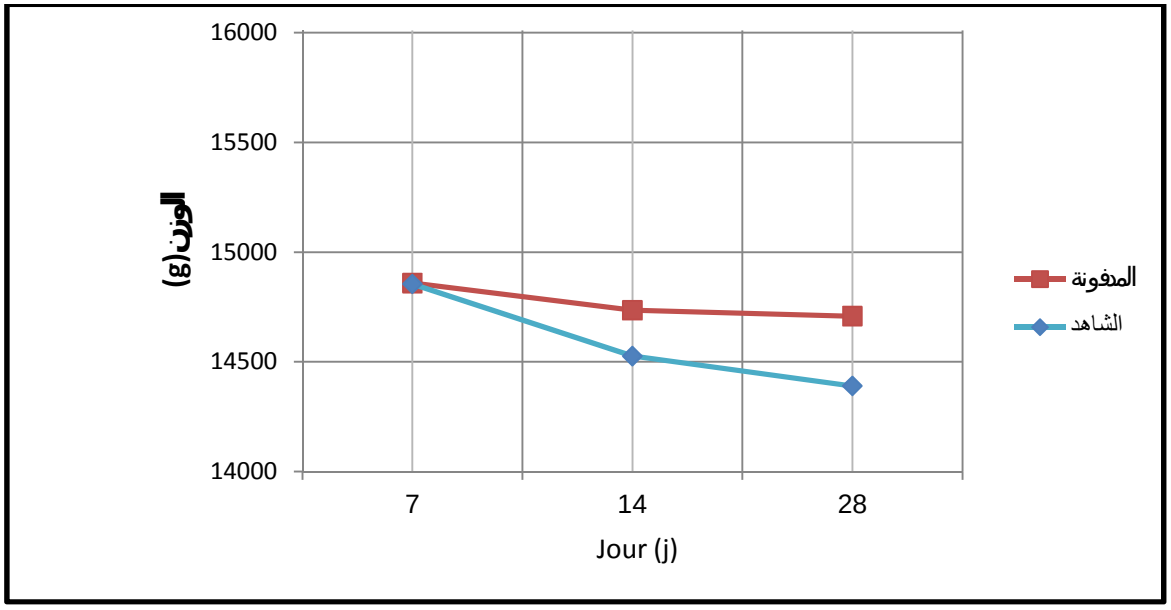
نفسر هذا الاختلاف في النسب على انه راجع إلى العمر ففي الفترة الممتدة من اليوم الأول إلى اليوم 14 تكون التفاعلات الكيميائية الخاصة بالاسمنت في ذروتها ثم تتضاءل تدرجيا كلما اقتربنا من اليوم 28 لتستقر نظريا .

إن هذا التحسن راجع إلى نسبة الماء في كلا العينتين فبالنسبة للعينة الشاهد التي أعطت نتائج اقل فهذا راجع إلى ضياع نسبة معتبرة من الماء بسبب وجودها في الهواء وعدم غمرها في الماء لمدة زمنية وذلك لتفادي ضياع كميات من الماء الضرورية للتفاعل داخل الخرسانة و هذا مما سبب أنواع مختلفة من الانكماش التي توادي إلى وجود تشققات داخلية ربما تكون غير مرئية بالعين المجردة وبطريقة أخرى نستطيع القول بان نسبة الماء الضائعة عن طريق التبخر في الهواء الخارجي الموجودة فيه الخرسانة الشاهد قد خلق هذا الماء المتبخر فراغات داخل هيكل الخرسانة مما يضعف مقاومته للانحناء.

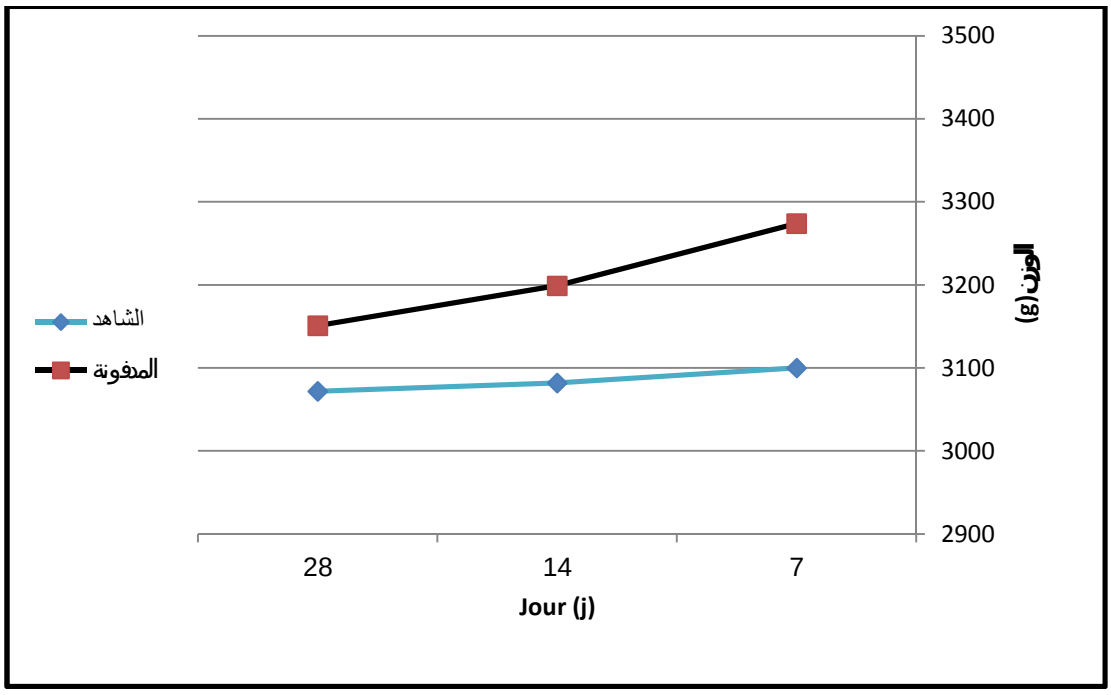
وبمقارنة قيم الضغط المتحصل عليها بالدارسات السابقة نجد أنها متقاربة ففي اليوم 28 وجدنا أن مقاومة الضغط 21.45 MPa أما بدادي العيد فقد وجد 25 MPa وقد وجد بن طاطا عيسى أيضا من 21.5 MPa وقد كانت نتائجنا اقل من هاتين الدراستين نظرا لاختلاف معامل النعومة الخاص بالرمل من جهة وحجم الحصى من جهة أخرى .

من المفترض أن العينات التي وضعت في الوسط المحتوي على المياه الصاعدة تكون مقاومة الضغط لديها منخفضة على ما هي علية في الخرسانة الشاهد , ونظرا للعمر القصير الذي أجريت فيه التجارب فان ظاهرة تأكل الخرسانة من خلال مهاجمة العناصر الكيميائية الموجودة في الماء لهذه الأخيرة لم تتم وان الاسمنت المستعمل أثبت الكفاءة المرجوة منه وذلك بالمحافظة على تماسك التركيبة الخراسانية .

III . 10 نتائج الضياع في الكتلة



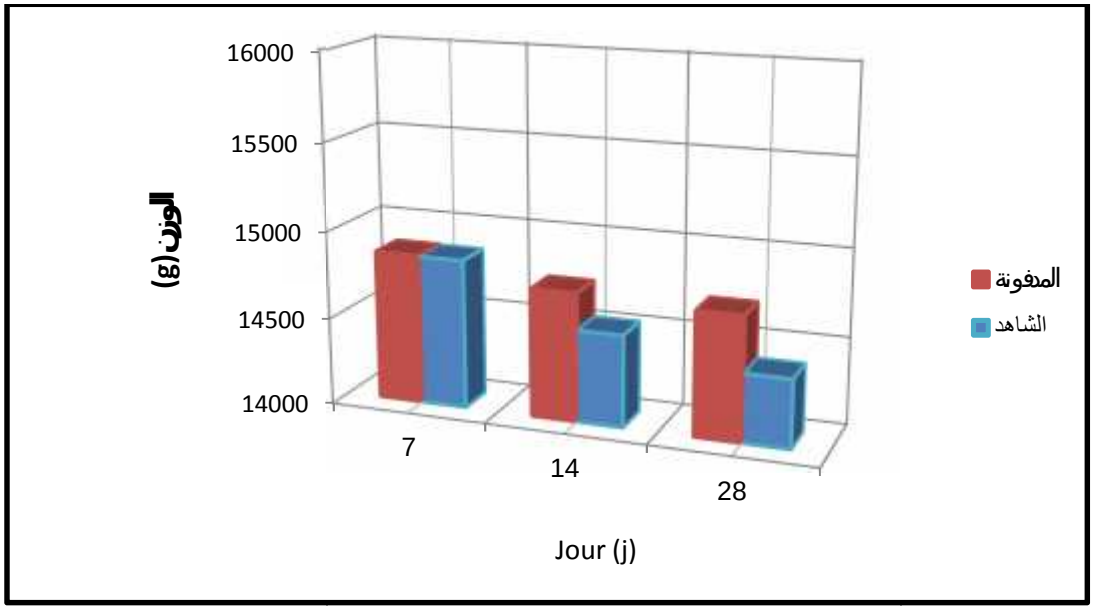
الشكل III. 13 منحنا أوزان العينات الأسطوانية



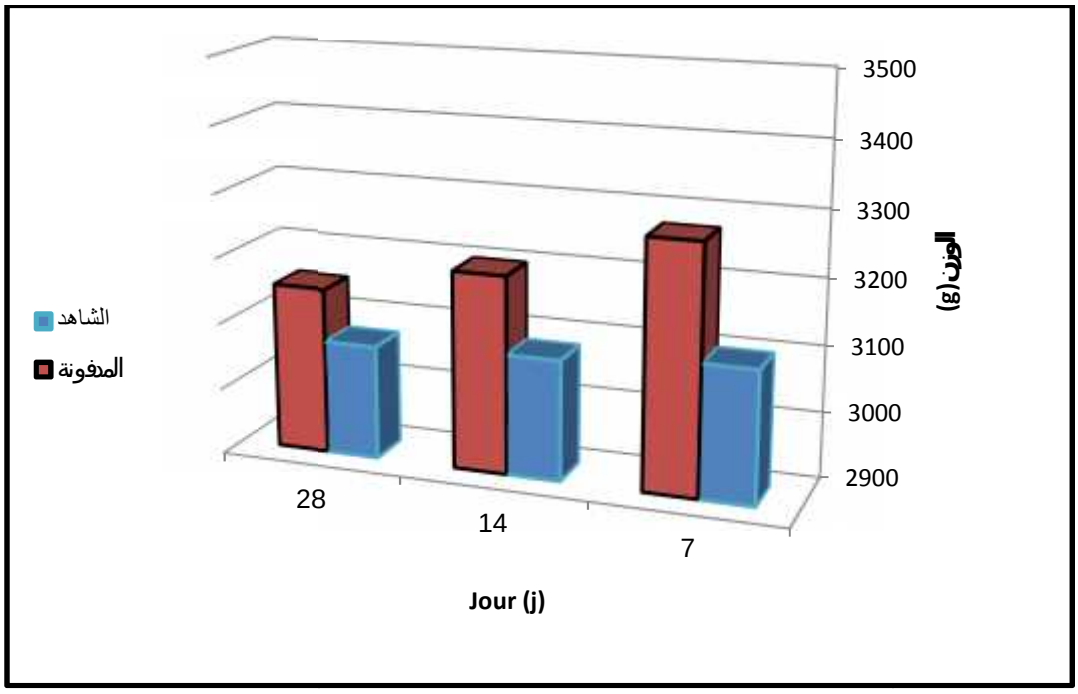
الشكل III. 14 منحنا أوزان العينات المربعة

نلاحظ من خلال وزن العينات أن الكتلة تتناقص عبر الزمن .

مناقشة النتائج



الشكل III.15 الأعمدة لأوزان العينات الأسطوانية

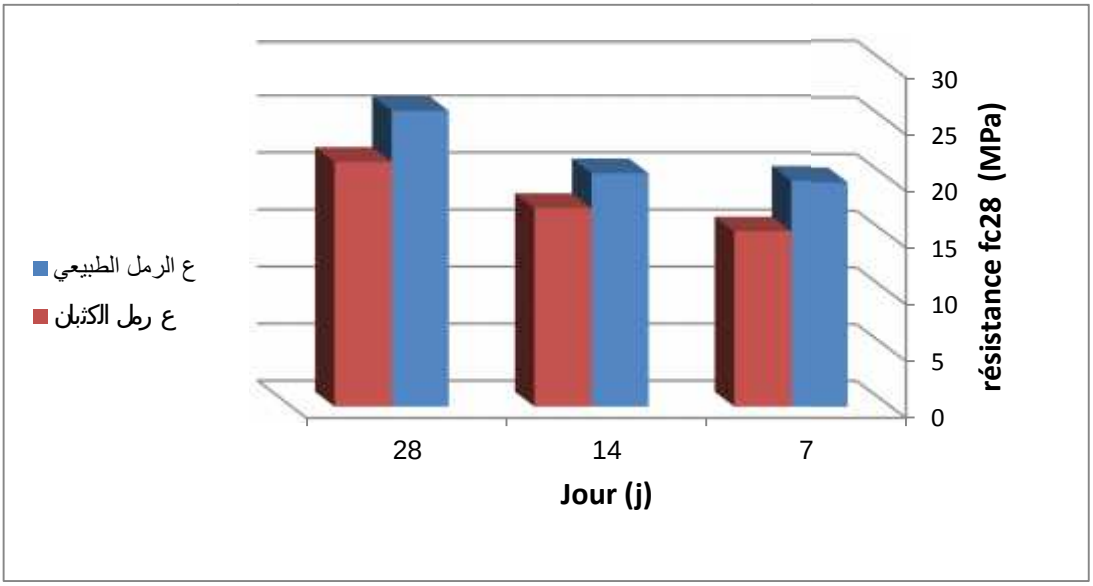


الشكل III. 16 الأعمدة لأوزان العينات المربعة

من خلال الأعمدة البيانية للفترات المدروسة تبين أن هناك ضياع في الكتلة خاصة في الخرسانة الشاهد وذلك راجع إلى فقدان الماء من خلال تبخر الماء .

وعموما فان نقصان الكتلة يرجع إلى مقدار الماء اللازم لتفاعل حيث هذا المقدار له وزن قد حسب قبل التفاعل .

III . 11 مقارنة بين الخرسانة العادية وخرسانة رمل الكثبان



الشكل III. 17 الأعمدة المقارنة بين عينات الرمل الطبيعي ورمل الكثبان

من خلال الأعمدة تبين لنا أن الخرسانة العادية أعطت نتائج أفضل من خرسانة رمل الكثبان و هذا الاختلاف راجع الى الفرق الكبير في معامل النعومة بين النوعين حيث كان معامل النعومة للرمل الطبيعي 2.54 بينما كان معامل النعومة للمزيج 2.13 .

ولكن على العموم النتائج التي تحصلنا علية ليست بسيئة مقارنة بالخرسانة العادية حيث لم تزد في اليوم 28 عن 20 % ومن هنا نستطيع ان نقول انه يمكننا استغلال مثل هذه الخرسانة في العمران .

خلاصة

نستخلص من هذا المحور ما يلي :

من خلال التجارب المجرات على رمل الكثبان نستنتج أنه رمل دقيق معامل نعومته ضعيف لا يرقى لاستعماله في الخرسانة لوحده إلا إذا استعملنا معه بعض المحسنات .

الرمل الطبيعي لمنطقة عسيلة أعطى معامل نعومة جيد .

لتحسين خصائص رمل الكثبان اقترحنا أن يكون بالرمل الطبيعي و40 % من رمل الكثبان و60 % من الرمل الطبيعي في التركيبة والثاني أعطتا معامل نعومة مقبول نسبيا .

الاسمنت المستعمل مجلوب من منطقة عين التوتة وهو اسمنت مقاوم للأملاح من نوع CRS 42.5 .

الماء المستعمل هو ماء صالح للشرب من حنفية مخبر الجنوب بالوادي .

تركيبة خرسانة الرمل العادية التي سنستعملها كشاهد ، نأخذ تركيز من الاسمنت والرمل والحصى بمقدار E/C مساوي ل 0.6 .

الخرسانة أعطت نتائج مقبولة في الشد بواسطة الانحناء حيث بلغت في 28يوم 1.85 MPa وبالنسبة للضغط 21.45 MPa ولم نسجل أي وجود لظاهرة التآكل للخرسانة خلال وضعها في الوسط العدواني وذلك راجع إلى أن نوع الاسمنت المستعمل CRS اثبت كفائتة في مقاومة الأوساط العدوانية في فترت التجربة .

الخلاصة العامة والتوصيات

الخـــلاصـة العـــامـــة و التوصيات

الهدف الأساسي من هذه الدراسة هو محاولة استغلال رمال الكثبان المتواجدة في الوطن الجزائري بكثرة وخاصة في منطقة الجنوب وذلك في مجالات الإنشاء المختلفة ,وذلك كبديل لرمال الوديان أو رمل البحر غير المتجددة والتي استعمالها يشكل مشاكل بيئية يصعب إن لم نقل يستحيل حلها , وبعد الاطلاع على العديد من الأبحاث التطبيقية التي قام بها مجموعة من الباحثين على خرسانة الرمل و التي زودتنا بمعلومات كبيرة على مختلف خصائص هذا التركيبة الخراسانية .

* و كنقطة للانطلاق قمنا بانجاز عدة تجارب على المواد المستعملة بغية التعرف على نوعيتها

الرمال المستعملة في هذه الدراسة هي الرمال الطبيعية المجلوبة من منطقة عسيلة بالإضافة إلى رمل الكثبان وحسب الملاحظات المستوحاة من التجارب فان كلا النوعين صالحين لإنتاج خرسانة الرمل ما عدى تجربة الغربلة التي أعطت نتائج بعيدة بالنسبة لرمال الكثبان .

* حاولنا تصحيح نتائج الغربلة بالنسبة لرمل الكثبان وذلك باستعمال لرمال الواد كمحسن لها فوجدنا ان النسبة المثل هي 60 % من الرمال الطبيعية المجلوبة من منطقة عسيلة و40 % من رمل الكثبان وقد أعطت نتائج مقبولة عموما .

* إدخال هذه النسبة من الرمال الطبيعية على خرسانة الرمل حسن من خصائصها .

* فإدخال الرمل بنسبة 60% من الرمل الطبيعي أعط تحسن لمقاومتي الانحناء والضغط مقارنة بخرسانة رمل الطبيعي .

وبالنسبة لتجربة الشد بواسطة الانحناء المتحصل عليها بالدارسات السابقة نجد أنها متقاربة ففي اليوم 28 وجدنا أن مقاومة الانحناء1.85 MPa أما بدادي العيد فقد وجد 2 MPa وقد وجد بن طاطا عيسى أيضا من 2 إلى 2.1 MPa وقد كانت نتائجنا اقل من هاتين الدراستين نظرا لاختلاف معامل النعومة الخاص بالرمل من جهة وحجم الحصى من جهة أخرى .

وبالنسبة الضغط المتحصل عليها بالدارسات السابقة نجد أنها متقاربة ففي اليوم 28 وجدنا أن مقاومة الضغط 21.45 MPa أما بدادي العيد فقد وجد 25 MPa وقد وجد بن طاطا عيسى أيضا من 21.5 MPa وقد كانت نتائجنا اقل من هاتين الدراستين نظرا لاختلاف معامل النعومة الخاص بالرمل من جهة وحجم الحصى من جهة أخرى .

من خلال هذه النتائج المتحصل عليها , نقترح محاور جديدة للبحث يمكن من خلالها استغلال هذه الأخيرة قصد تطويرها وتحسينها وهذا بهدف الوصول إلى تعميم استعمال هذه الثروة الطبيعية الهائلة من رمال الكثبان المتواجدة بالجنوب في مجال الإنشاءات في جميع ربوع الوطن .

*** دراسة ديمومة خرسانة الرمل برمال الكثبان وخاصة في منطقة الجنوب ذات الأجواء الحارة والجافة على المدى الطويل .

*** دراسة خرسانة الرمل بتركيز مختلفة في مثل هذه الأوساط العدوانية (المياه صاعدة) .

*** تفعيل هذا النوع من الأبحاث وذلك بانجاز منشات ولو تجريبيه على ارض الواقع .

وكنتيجة لهذا البحث نتمنى أن نكون قد سهمنا في تثمين الرمال بصفة عامة ورمال الكثبان بصفة خاصة لأنها الموجودة بكثرة في بلدنا وذلك باستعمالها في مجالات الإنشاء المختلفة .

وفي الأخير أملنا أن نكون قد وفقنا في عملنا هذا إلى حد ما و نأمل أن يتواصل البحث في هذا المجال والاهتمام به أكثر.

المراجع

[1] **GUETTALA S**. "Etude de l'influence de l'ajout du sable de dune finement broyé au ciment, sur la stabilité de béton", Mémoire de magister, université de Biskra, Algérie, 2007.

[2] **Presse de l'école nationale des ponts et chaussées,** "Béton de sable, Caractéristiques et pratiques d'utilisation", France, 1994.

[4] **Laid BEDADI** ." Etude expérimentale d'un béton de sable de dune pour la fabrication des dalles et pré dalles armées et faiblement armée_"**,** Université Kasdi Merbah Ouargla, Ouargla.

[5] **BENTATA A**. "Etude expérimentale d'un béton avec le sable de dune", Mémoire de magister, université de Ouargla, Algérie, 2004.

[6] **BARKAT A.** "Valorisation des déchets de brique dans la réalisation des ouvrages en béton", Mémoire de magister, université de Ouargla, Algérie, 2006.

[7] **BOUHNIK B.** "Contribution a la valorisation du sable de dune dans la formulation du béton destiné aux ouvrages hydrauliques en milieux sahariens", Mémoire de magister, université de Ouargla, Algérie, 2007.

[8] **SALHI K**."Etude de l'influence de l'ajout du sable de dune et le laitier granulé finement broyés au ciment sur la stabilité de béton"**,** Mémoire de magister, université de Biskra, Algérie, 2007.

[9] **HACHANA A**. **"**Etude des Bétons à base des agrégats de démolition"**,** Mémoire de magister, université de Biskra, Algérie, 2007.

[11]**Marc Cote** : Sécheresse N° 02, Vol N°8, Université Aix Marseille, Les jourdans, 84240

Chabrières d'aigues, 1998, Page 124.

[13] J. **Ballais Marc cote ،A. Bensoad** : Géomorphologie de la vallée du souf, influence sur le comportement de la nappe phréatique vallée du souf, étude d'assainissement des eaux.

résiduaires. pluviales et d'irrigation mesures complémentaires de lutte contre la remontée de la nappe Phréatique, AGEP, HPO, BG novembre 2002 ،page 07

[14] Marc côte : Une Région saharienne malade de trop d'eau, le souf, université de Constantine, juin 1993 .

[15] Vallée du souf études d'assainissement des eaux résiduaire, pluviales, et d'irrigation mission étude d'ĭmpact sur l'environnement rapport de synthèse Ministère des ressources en eau office national de l'assainissement entreprise national des projets hydraulique de l'ouest ENHPOBG.juillet 2004, page 13.

[19] Microbially Influenced Corrosion.

Environmentally Acceptable Methods Control Pipeline Corrosion " by : Rames R.Frank and Michel Enzien , may 1997 . USA

[20] **William H.Hartt. .**Cathodic Protection Of Steel and Concrete " . by :

Department Ocean Engineering . Florida Atlantic Uneversity . Boca Raton , Florida 33431.1977. USA

[21]" Michanism of Corrosion Of Steel in Concrete ".

Carl E.Lock ." University of Oklahoma , Oklahoma , 73019.1978 . USA

[19]**ACTEL** .

Activated Titanum Electrods Limited .

P.O. box 889 Chippengham . U.K.

[25] **BENGOUCHA F Z.** "Amélioration des propriétés de mortier à base de sable de dunes Avec ajout (sable granulé de haut fourneaux)", Mémoire de fin d'étude d'ĭngéniorat, ENTP, Algérie, 2005.

[27] **KETTAB R**. "Contribution à la valorisation du sable de dunes", Thèse de doctorat, ENP, Algérie, 2007.

[29] **TIBERMACINE N, MELKMI S.** "Etude comparative entre un béton de sable a base d'un sable roule et un béton de sable a base d'un sable de dune de la région de Biskra", Mémoire de fin d'étude d'ĭngéniorat, Université de Biskra, Algérie, 1996.

[30] **GORISSE F.** "Essais et contrôle des bétons", Edition Eyrolles, Paris, 1978.

[32] **GUENOUN R.** "Etude et formulation d'un béton de sable de dune", Projet de fin d'étude d'ĭngéniorat, ENP, Algérie, 2003.

[33] **NAFA A, BATATA A.** "Béton de sable de concassage", Projet de fin d'étude, ENP, Algérie, 1989.

[34] **Normes Afnor** "Essais physico-mécaniques sur les bétons et mortiers", 1981-1997.

[35] **PHOUMMAVONG V.** "Matériaux de construction expériences", Cours en ligne, Agence universitaire de la Francophonie. Montréal, Canada, 2006.

[36] **CTC Centre.** "Correction des sables par analyse granulométrique", Algérie, 2006.

[37] **KEDJOUR N.E.** "Le laboratoire du béton", Edition OPU, Algérie, 2005.

[38] **CHERAIT Y, NAFA Z.** "Eléments de matériaux de construction et essais", Collection : le livre de génie civil, Direction de la publication universitaire de Guelma, 2007.

[42] **BENTATA Aissa** . "Etude expérimentale d'un béton avec le sable de dune" . Collection : le livre de génie civil, Direction de la publication universitaire de Ouargla, 2004.

[3] **بلة نبيل .** "المعالجة الحرارية لخرسانة الرمل", جامعة محمد بوضياف وهرن, **الجزائر** 2005,

[10] **ترجمة المركز العربي لدراسات المناطق الجافة و الأراضي القاحلة– دمشق -: "الحفر** الصحية الغير نظامية "

[12] **ثابتية سفيان، شعت طارق: مذكرة مقدمة** نيل شهادة مهندس **دولة في** تهيئة **الأوسط** الفيزيائية **جامعة الأخوة منتوري** قسنطينة **دورة جوان** 2000

[16] **عند إنشاء المصب** النهائي **كان على بعد** 4 **كلم شرق** مدينة **الوادي لكن** حاليا **لا** يبعد **عن** المدينة **إلا بـ** 500 **متر** تقريبا.

[17] **ظاهرة صعود المياه في الصحاري العربية،" نموذج** ولاية **وادسوف، الجزائر"**، ص 01.

[18] **A.N.R.H** :معطيات (الوكالة الوطنية للموارد المائية)

[22] **د. محمد راتب سطاس** : خواص المواد الإنشائية و اختبارها, كلية الهندسة , **جامعة دمشق** 1975- 1976.

[23] دراسة حول العيوب التي تهدد سلامة المنشآت .

د.م. محمد عبد العزيز صبيح , دائرة الخدمات الاجتماعية و المباني التجارية ,**قسم المشروعات** , 1995 , **أبوظبي** , **دولة** الامارات العربية المتحدة .

[26] **جديع محسن البصيرى "أنقاض البناء ... المشكلة والحل" مجلة العمران العربي إصدار عام** 1997م

[28] **المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدبير المهني "خواص واختبار المواد** 104 **مدن "** المملكة العربية السعودية

[31] **محمود إمام** : تكنولوجيا **الخرسانة"** قسم الهندسة الإنشائية كلية الهندسة, **جامعة المنصورة, مصر سنة** 2002 "

[39] "البطاقة التقنية لاسمنت مصنع عين التوته , **باتنة** "

[40] **عبداوي جهان ريم** .مشكلة صعود لمياه اثارها على البيئة باقليم وادي سوف **.جامعة منتوري** – قسنطينة .

[41] **مخبر الجنوب للأشغال العمومية بالوادي .**

الملحقات

القوالب الاسطوانية

العينات الاسطوانية

القوالب المربعة

العينات المربعة

آلة تحطيم الشد بواسطة الانحناء

آلة تحطيم الضغط

الرمل الطبيعي (عسيلة ولاية الوادي)

رمل الكثبان الوادي

المزيج بين رمل الكثبان والرمل الطبيعي

حصى 25/15 (حلمي مسعود)

حصى 15/8 (حلمي مسعود)