الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة محمد بوضياف – المسيلة

معهد: تسيير التقنيات الحضرية

قسم: ثانية ماستر تسيير مدينة

رقم:

الميدان: هندسة معمارية– عمران ومهن المدينة

فرع: تسيير تقنيات حضرية

تخصص: تسيير مدينة

مذكرة تخرج لنيل شهادة ماستر ضمن القرار 1275 المصنفة

كبراءة اختراع:

من اعداد الطلبة:

عثماني عبد الجبار

شرقي محمد عبد الفتاح

تحت عنوان

حماية المدن الصحراوية من زحف الرمال من خلال تثبيتها بمادة مستدامة

لجنة المناقشة:

الأستاذ: سليماني نبيل	**جامعة المسيلة**	**مناقشا**
الأستاذ: عثماني عبد الرحمان	**جامعة المسيلة**	**مشرفا ومقررا**
الأستاذ: رحموني زين العابدين	**جامعة المسيلة**	**مناقشا**

السنة الجامعية:2026/2025

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة محمد بوضياف – المسيلة
Université Mohamed Boudiaf - M'SILA
معهد تسيير التقنيات الحضرية
Institut de Gestion des Techniques Urbaines

ملحق بالقرار رقم 1082 المؤرخ في 27 ديسمبر 2020
الذي يحدد القواعد المتعلقة بالوقاية من السرقة العلمية و مكافحتها

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

مؤسسة التعليم العالي والبحث العلمي : جامعة محمد بوضياف –المسيلة

تصـــريح شـــرفي

خاص بالالتزام بقواعد النزاهة العلمية لانجاز بحث

أنا الممضي أسفله:

السيد [ة]: عثماني عبد الحيار الصفة (أستاذ،باحث،طالب) : طالب

الحامل (ة) لبطاقة التعريف الوطنية رقم: 105394793 والصادرة بتاريخ : 2023-03-31

المسجل [ة] بكلية /معهد : تسيير التقنيات الحضرية قسم: تسيير مدينة

و المكلف[ة] بانجاز أعمال بحث [مذكرة التخرج، مذكرة ماستر،مذكرة ماجستير، أطروحة دكتوراه]

عنوانها : مذكرة ماستر بعنوان حماية المدن الصحراوية من زحف الرمال من خلال تثبيتها مادة مستدامة

أصرح بشرفي أني ألتزم بمراعاة المعايير العلمية و المنهجية و معايير الأخلاقيات المهنية و الـ مه الأكاديمية المطلوبة في انجاز البحث المذكور أعلاه.

التاريخ : 26 ماي 2026

توقيع المعني [ة]

BP: 166 – M'sila 2800
.33. 23.18

Tél : 035 ص ب : 166- المسيلة 28000
الهاتف : 035.33.23.18

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة محمد بوضياف – المسيلة
Université Mohamed Boudiaf - M'SILA
معهد تسيير التقنيات الحضرية
Institut de Gestion des Techniques Urbaines

ملحق بالقرار رقم 1082 المؤرخ في 27 ديسمبر 2020
الذي يحدد القواعد المتعلقة بالوقاية من السرقة العلمية و مكافحتها

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

مؤسسة التعليم العالي والبحث العلمي : جامعة محمد بوضياف –المسيلة

تصـــريح شـــرفي

خاص بالالتزام بقواعد النزاهة العلمية لانجاز بحث

أنا الممضي أسفله:

السيد [ة]: شرفي محمد عبد الفتاح الصفة (أستاذ،باحث،طالب) : طالب

الحامل (ة) لبطاقة التعريف الوطنية رقم : M014213976 والصادرة بتاريخ 06-01-2023

المسجل [ة] بكلية /معهد : تسيير التقنيات الحضرية قسم: تسيير مدينة

و المكلف[ة] بانجاز أعمال بحث [مذكرة التخرج، مذكرة ماستر ،مذكرة ماجستير، أطروحة دكتوراه]

عنوانها : مذكرة ماستر بعنوان حماية المدن العربية من زحف الرمال من خلال تثبيتها عادة مستدامة

أصرح بشرفي أني ألتزم بمراعاة المعايير العلمية و المنهجية و معايير الأخلاقيات المهنية و الـ مه الأكاديمية المطلوبة في انجاز البحث المذكور أعلاه.

التاريخ : 26 ماي 2026

توقيع المعني [ة]

BP: 166 – M'sila 2800
.33. 23.18

Tél : 035 ص ب : 166- المسيلة 28000
الهاتف : 035.33.23.18



شكر وعرفان

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات، والاعتراف بالفضل لأهله واجب أخلاقي وأكاديمي، لذا نتقدم بجزيل الشكر وعظيم الامتنان:

إلى الدكتور (عثماني عبد الرحمان) المشرف الفاضل: نتقدم بأسمى عبارات التقدير والعرفان إلى الأستاذ المشرف على هذه المذكرة، الذي لم يبخل علينا بتوجيهاته السديدة ونصائحه القيمة، والذي كان لمتابعته الدقيقة وتشجيعه المستمر الأثر الأكبر في إخراج هذا البحث إلى النور بصورته الحالية.

إلى مسؤول مخبر مقاومة المواد: نتوجه بخالص الشكر لسيادتكم وللطاقم التقني العامل معكم على تسهيل مهامنا وتوفير الوسائل اللازمة لإجراء التجارب المخبرية.

إلى حاضنة الأعمال الجامعية: كل الشكر والتقدير للقائمين على الحاضنة لمرافقتهم لنا في مشروعنا ضمن إطار "شهادة جامعية – مؤسسة ناشئة–كبراءة اختراع"، ودعمهم المستمر لتحويل البحث العلمي إلى مشروع ريادي مبتكر.

إلى أساتذتنا الكرام: في قسم تسيير التقنيات الحضرية، الذين أناروا لنا دروب المعرفة طيلة سنوات الدراسة بجهدهم وعطائهم.

فجزاكم الله عنا خير الجزاء





اهداء

الحمد لله عند البدء وعند الختام، فما تناهى دربٌ، ولا خُتم جهد، ولا تم سعي إلا بفضله.

ها أنا اليوم أتوج اللحظات الأخيرة من هذا الطريق، بعد تعب ومشقة دامت سنوات في سبيل الحلم والعلم، حملت في طياتها أمنيات الليالي، وأصبحت اليوم قُرة عين، ها أنا اليوم أقف على عتبة تخرجي بشهادة الماستر، أقطف ثمار تعبي، وأدفع قبعتي بكل فخر. فاللهم لك الحمد إذا رضيت، ولك الحمد بعد الرضا، لأنك وفقتني لإتمام هذا النجاح وتحقيق حلمي.

وبكل حب وفخر، أهدي ثمرة نجاحي وتخرجي:

إلى نفسي الطموحة، التي بدأت بطموح وانتهت بنجاح.

إلى من أحمل اسمه بكل فخر، إلى من حصد الأشواك في طريقي ليمهد لي درب العلم، إلى من كان سندي بعد الله، إلى من علمني أن الإرادة تصنع المعجزات، إلى من غرس في قلبي حب العلم ورافقني في كل خطوة: (أبي الغالي).

إلى من أوصاني الله بها خيرًا، وجعل الجنة تحت أقدامها، إلى من أطعمتني كما تطعم الطير صغارها، إلى من بفضل دعائها تحقق نجاحي، إلى بلسم جراحي، إلى وطني الكبير الذي لا تحده حدود جغرافيا: (أمي الغالية).

إلى الروح الطاهرة (جدي وعمي الغائبين)، الذين غادرونا جسدًا وبقوا أحياءً في قلبي، أهدي إليكما هذا الإنجاز، وأدعو الله أن يجعل قبريكما روضة من رياض الجنة، وأن تصلكما هذه الكلمات دعاءً ووفاءً لا ينقطع.

إلى رفيق الدرب وزميل الدراسة، الذي شاركني مشقة هذا البحث وسهر الليالي، وكان خير أخ وزميل في رحلة التخرج (عبد الفتاح) .

إلى رفيقات دربي واخوتي وكل من شجعني بكلمة، وآمن بقدراتي، وإلى كل من ترك أثرًا طيبًا في مسيرتي العلمية



عبد الجبار



وقل اعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله والمؤمنون"

الحمد لله حمداً كثيراً طيباً مباركاً فيه، حمداً يليق بجلاله وعظيم سلطانه، الذي أعاننا على التمام، وأنار لنا البصيرة لنصل إلى ختام هذا المشوار بفضله وكرمه، فله الحمد في الأولى والآخرة.

والصلاة والسلام على سيد الخلق وإمام المرسلين، **نبينا محمد صلى الله عليه وسلم**، الذي قال : "من لا يشكر الناس لا يشكر الله"، وعلى آله وصحبه أجمعين .

وبعد...

ها أنا اليوم أقف فخوراً بنهاية رحلةٍ علميةٍ لم تكن سهلة، تكللت بنيل شهادة **الماستر**. رحلةٌ طوينا فيها ليالي التعب، وحولنا فيها الصعاب إلى درجاتٍ للرقي، لأقف اليوم بكل اعتزاز قاطفاً ثمار ما زرعت، مهدياً هذا النجاح:

إلى من أعتز بحمل اسمه، قدوتي ومنبع قوتي، الذي بذل الغالي والنفيس لأصل إلى ما أنا عليه اليوم: **(أبي الغالي)** .

إلى من جعل الله الجنة تحت أقدامها، نبع الحنان الذي لا ينضب، ومن رافقتني بدعواتها الصادقة في كل حين: **(أمي الغالية)**.

إلى سندي وعزتي، الذين كانوا لي عوناً وشركاء في كل لحظة فرح، ومن بهم تزدان أيامي: **(إخوتي الأعزاء)**.

إلى فروع الشجرة الطيبة التي نشأنا في ظلها معاً، من جمعتنا بهم روابط الدم والمحبة، وكانوا رفقة العمر في السراء والضراء: **(أولاد عمي الأعزاء)**.

إلى رفيق الدرب وزميل الدراسة، الذي شاركني مشقة هذا البحث وسهر الليالي، وكان خير أخ وزميل في رحلة التخرج: **(عبد الجبار)**.

إلى من أناروا لي درب العلم بعلمهم وحكمتهم، ولم يبخلوا علينا بتوجيههم ونصائحهم، فكانوا شمعةً تحترق لتضيء لغيرها: **(أساتذتي الكرام)**.

إلى كل من شجعني بكلمة، وآمن بقدراتي، وإلى كل من ترك أثراً طيباً في مسيرتي العلمية.

عبد الفتاح

الملخص العام:

تهدف هذه الدراسة، الموسومة بـ "حماية المدن الصحراوية من زحف الرمال من خلال تثبيتها بمادة مستدامة" (تخصص تسيير مدينة)، إلى تقديم مقاربة هندسية وعمرانية متكاملة لمواجهة ظاهرة زحف الرمال وتأثيراتها على الخصائص العمرانية والمناخية للمناطق الجافة. يتناول البحث في شقه النظري أسباب الظاهرة وآلياتها وتداعياتها الحضرية والاقتصادية، مع مراجعة نقدية لتقنيات التثبيت التقليدية (الميكانيكية والنباتية) وإشكاليات المواد الكيميائية الاصطناعية، مستعرضاً أبرز التجارب العالمية الناجحة ومعايير اختيار البدائل المستدامة والطبيعية.

وفي الجانب التطبيقي والمخبري، ركزت الدراسة على تشخيص وتقييم زحف الرمال في منطقة الدراسة عبر تحليل البيانات المناخية والصور الجوية والمسح الميداني لتحديد الأضرار التي لحقت بالمباني والبنية التحتية وثغرات التدخلات الحالية. وبناءً على هذا التشخيص، تم اقتراح مادة مثبتة مستدامة وتقييمها مخبرياً لتحديد خصائصها الفيزيائية والكيميائية، واختبار طرق تطبيقها وجرعاتها المثلى، ومدى فعاليتها ومتانتها الزمنية ومقاومتها للرياح، مع دراسة دمجها هندسياً في فضاءات المدينة الصحراوية.

وتتوج المذكرة بصياغة استراتيجية عمرانية شاملة تتضمن مخططاً لحماية المجال العمراني، وتحديد نطاقات الدفاع وأحزمة التشجير المستدامة عبر توزيع مكاني مدروس للأنواع النباتية الملائمة. وتتكامل هذه الحلول التقنية مع دراسة الأطر التشريعية والمؤسساتية لمكافحة التصحر في الجزائر، وتفعيل آليات المشاركة المجتمعية والتمويل المحلي، واقتراح نظام رقمي متطور للمراقبة والمتابعة لضمان ديمومة الحلول المقترحة.

الكلمات المفتاحية: المدن الصحراوية، زحف الرمال، تثبيت الرمال، مادة مستدامة، مدينة تيلولين...

General Abstract :

This study, entitled "Protection of Saharan Cities against Sand Encroachment through Stabilization with a Sustainable Material" (Specialty : Urban Management), aims to provide an integrated engineering and urban approach to confront the phenomenon of sand encroachment and its impacts on the urban and climatic characteristics of arid regions. In its theoretical part, the research addresses the causes, mechanisms, and urban and economic repercussions of the phenomenon. It also provides a critical review of traditional stabilization techniques (mechanical and biological) and the challenges associated with synthetic chemical materials, while highlighting the most prominent successful global experiences and criteria for selecting sustainable and natural alternatives.

On the practical and laboratory side, the study focuses on diagnosing and assessing sand encroachment in the study area through the analysis of climatic data, aerial imagery, and field surveys to determine the damage caused to buildings, infrastructure, and current intervention gaps. Based on this diagnosis, a sustainable stabilizing material was proposed and laboratory-evaluated to determine its physical and chemical properties, optimal application methods and dosages, as well as its effectiveness, durability over time, and wind resistance, while studying its engineering integration into Saharan urban spaces.

The thesis culminates in the formulation of a comprehensive urban strategy that includes a master plan for urban space protection, the definition of defense zones, and sustainable afforestation belts based on a carefully studied spatial distribution of appropriate plant species. These technical solutions are integrated with a study of the legislative and institutional frameworks for combating desertification in Algeria, activating community participation and local funding mechanisms, and proposing an advanced digital system for monitoring and follow-up to ensure the sustainability of the proposed solutions.

Keywords : Sand Encroachment، Sand Stabilization، Protection of Saharan Cities، Sustainable Material، The City of Tilouline

قائمة الفهرس:

01: فهرس المحتوى:

عنوان	الصفحة
مدخل عام	
المقدمة	01
الإشكالية	02
الفرضيات	04
الهدف من الدراسة	05
منهجية البحث	06
هيكلة الدراسة	07
الجانب النظري	
الفصل الأول: الإطار المفاهيمي والنظري	
تمهيد الفصل الاول	10
01_ المدن الصحراوية وخصائصها العمرانية	10
1_1 مفهوم المدن الصحراوية	10
1_2_ التوزيع الجغرافي للمدن الصحراوية	11
1_3_ الخصائص المناخية والبيئية	11
02_ ظاهرة زحف الرمال	11
2_1_ مفهومها	11
2_2_ عوامل الطبيعية	12
2_3_ عوامل بشرية	12
2_4_ أنواع الزحف	14
03_ تاثيرات على المدن الصحراوية	15
3_1_ تاثيرات عمرانية	15
3_2_تاثيرات اقتصادية	16
3_3_تاثيرات بيئية	17
04_ التنمية المستدامة في المناطق الصحراوية	17
4_1 مفهوم التنمية المستدامة ومبادئها الأساسية في السياق الصحراوي	17
خلاصة الفصل الاول	19

قائمة الفهرس:

الفصل الثاني: المواد المثبتة للرمال دراسة نظرية	
تمهيد الفصل الثاني	21
01_ تقنيات التثبيت الميكانيكية والتقليدية	22
1_1_ الحواجز ومصدات جريد النخيل	22
1_2_ تشجير تقليدي	23
1_3_ الاحزمة الخضراء	23
02_ مواد كيميائية الاصطناعية	24
2_1_ البوليمرات كيميائية	24
2_2_ مثبتات بوليمرية	24
2_3_ محاليل محلية	24
03_ مواد مثبتة مستدامة وطبيعية	25
3_1_ الاستزراع الرعوي	25
3_2_ حواجز الترابية الضخمة	25
3_3_ التغطية بالمواد الصلبة	26
04_معايير اختيار المادة المثبتة المستدامة	26
05_ استعراض التجارب العالمية	27
5_1_ التصحر في ليبيا وطرق مكافحته	27
5_2_ زحف الرمال في موريتانيا ومكافحته	29
5_3_ مجلس التعاون الدولي	30
5_4_ تجربة الصين في مكافحة زحف الرمال	31
خلاصة الفصل الثاني	33
الجانب التطبيقي	
الفصل الثالث: دراسة حالة مدينة تيلولين تشخيص ميداني	
تمهيد الفصل الثالث	36
01_ تقديم منطقة الدراسة	37
1_1_ الموقع الجغرافي لمنطقة الدراسة	37
1_2_ البيانات المناخية	38
1_2_1 الحرارة	39
1_2_2_ الرياح	41

قائمة الفهرس:

1_2_3_ التساقط	43
1_3_ التاريخ العمراني لمنطقة الدراسة	45
02_ تشخيص ظاهرة زحف الرمال في منطقة الدراسة	46
2_1_ الرصد والقياس	47
2_1_1_ تراكم الرمال	47
2_1_2_ الرياح السائدة في المنطقة	49
2_2_ خرائط والصور والاقمار الصناعية لمنطقة الدراسة	50
03_ تحليل البيانات الميدانية	52
3_1_ تحليل الميداني لمنطقة الدراسة	53
3_2_ تحليل عينات التربة والمواد المستعملة	53
3_2_1_ تجربة التحليل الحبيبي	54
3_2_2_ أنواع تكوينات الرياح	54
04_ تقييم التاثيرات الحضرية	55
4_1_ المباني والبنية التحتية	55
4_1_1_ المباني	55
4_1_2_ شبكة الطرق	56
4_1_3_ على مستوى الواحات	57
05_ تقييم التدخلات الحالية ومحدوديتها	58
5_1_ الحلول القائمة في منطقة الدراسة	58
5_1_1_ الحواجز الصناعية (افراق)	58
5_1_2_ جدران الطوب	59
5_1_3_ مصدات الحية والغطاء النباتي	60
5_2_ تبيين نقاط القوة والضعف الحلول القائمة	62
خاتمة الفصل الثالث	63
الفصل الرابع: اقتراح وتقديم المادة المثبتة المستدامة	
تمهيد الفصل الرابع	65
01_ تحديد المادة المقترحة مع تبرير الاختيار	66
1_1_ تبرير اختيار المكونات	66
1_1_1_ المعايير التقنية والميكانيكية	66

قائمة الفهرس:

1_1_2_ توافر المحلي والاستدامة	66
1_1_3_ المعيار البيئي	66
02_ خصائص الفزيائية والكيميائية	70
2_1_ مستوى الاتصاق والربط الجزئي	70
2_2_ مقاومة الرياح	70
2_3_ نفاذية المياه والهواء	71
03_ طرق التطبيق والجرعات والمعدات	71
3_1_ أسلوب الرش	71
3_2_ معدات الرش المستخدمة في الميدان	72
04_ مدى فعالية والمتانة الزمنية	73
4_1_ وصف التجربة التطبيقية	73
4_2_ محاكاة الظروف المناخيةالقاسية	75
4_3_ المتانة الزمنية ودور الحياة	76
05_ التكامل مع تسيير المدينة	76
5_1_ دمج المادة في مخططات التهيئة والتعمير	76
5_2_ التكامل مع الفضاءات الخضراء	77
5_3_ الجدوى الاقتصادية في التسيير البيئي	77
خلاصة الفصل الرابع	78
الفصل الخامس: الاستراتيجية العمرانية للحماية واليات التثبيت	
تمهيد الفصل الخامس	81
01_ مخطط الحماية العمرانية المقترح	82
1_1_ تحديد مناطق التدخل ذات الأولوية	82
1_2_ نطاقات الحماية	83
02_ الاحزمة الخضراء والبنية التحتية	84
2_1_ اختيار أنواع النباتات الملائمة	84
2_2_ التوزيع المكاني للزراعة	86
03_ الإطار التشريعي والمؤسسي	86
3_1_ القوانين الجزائرية المتعلقة بالتصحر	86
3_2_ دور البلديات والولايات	87

قائمة الفهرس:

04_ اليات المشاركة المجتمعية والتمويل	87
4_1_ اشراك السكان والمزارعين	87
4_2_ اليات التمويل محلية والدولية	88
05_ نظام المراقبة ومتابعة	89
5_1_ مؤشرات الأداء	89
5_2_ التصوير الدوري	89
5_3_ قاعدة البيانات الرقمية	90
خلاصة الفصل الخامس	91
تحليل الفرضيات	92
النتائج	92
التوصيات والاقتراحات	93
الافاق المستقبلية للبحث	95
الخاتمة العامة	96
الملحق	97
قائمة المصادر والمراجع	103

قائمة الفهرس:

01: فهرس الصور:

العدد	عنوان الصورة	الصفحة
01	توضح فصل مكونات التربة التربة عن الرمال	14
02	توضح فصل الحصى عن التربة	14
03	توضح تراكم الرمال في منطقة تيلولين	16
04	توضح تجمع الرمال في شوارع المنطقة	16
05	توضح محاصرة المبنى بالرمال	16
06	توضح تراكم الرمال في الطرقات	16
07	توضح تراكم الرمال في الطرقات	16
08	توضح سكن مهدد بنزوح	17
09	توضح غلق مدخل المسكن بالرمال	17
10	توضح معانات السكان بتراكم الرمال	17
11	توضح طمر الأراضي الزراعية	17
12	توضح طمر الأراضي الزراعية	17
13	توضح بناء مصدات النخيل	23
14	توضح شجرة الاكاسيا	24
15	توضح مشروع السد الأخضر	24
16	توضح رش المشتقات النفطية	25
17	توضح رش البوليمرات	25
18	توضح استزراع الحيوي (زراعة الحلفاء)	26
19	توضح تغطية الرمال بالمواد الصلبة	27
20	توضح حماية طريق تاكلامكان في الصين من زحف الرمال	32
21	توضح صورة جوية لتوزيع الجغرافي للكثبان الرملية بمنطقة الدراسة	48
22	توضح صورة جوية اتجاه الرياح السائدة والمسببة لزحف الرمال لمنطقة الدراسة	49
23	صورة جوية لمنطقة الدراسة لسنة 2013	50
24	توضح صورة جوية لمنطقة الدراسة لسنة 2025	51
25	توضح تراكم الرمال على جدران المنازل	57
26	توضح تراكم الرمال على جدران المنازل	57

قائمة الفهرس:

27	توضح تراكم الرمال على جدران المنازل	57
28	توضح تراكم الرمال على جدران المنازل	57
29	توضح تراكم الرمال على مستوى الطرقات	58
30	توضح تراكم الرمال على مستوى الطرقات	58
31	توضح تراكم الرمال على مستوى الطرقات	58
32	توضح تراكم الرمال على مستوى الطرقات	58
33	توضح الاضرار التي خلفتها الرمال على مستوى الواحات	59
34	توضح الاضرار التي خلفتها الرمال على مستوى الواحات	59
35	توضح الاضرار التي خلفتها الرمال على مستوى الواحات	59
36	توضح الاضرار التي خلفتها الرمال على مستوى الواحات	59
37	توضح جدران الطين لحماية المحاصيل الزراعية في المنطقة	61
38	توضح جدران الطين لحماية المحاصيل الزراعية في المنطقة	61
39	توضح جدران الطين لحماية المحاصيل الزراعية في المنطقة	61
40	توضح مصدات الحية ودورها في تعطيل زحف الرمال	62
41	توضح مصدات الحية ودورها في تعطيل زحف الرمال	62
42	توضح بعض صور التجربة التحليل الحبيبي	68
43	توضح الهزاز الميكانيكي والغرابيل القياسية المستعملة في تجربة تحليل الحبيبي	70
44	توضح العينات المستخدمة في تجربة التحليل الحبيبي	70
45	توضح مضخات الضهرية المستعملة في رش المنتوج	74
46	توضح شاحنات الصهريجالمزودة بالمدافع الرش	74
47	توضخ فواهات الرش	74
48	توضح بعض العينات المواد المستخدمة في التجربة	74
49	توضح قارورة الرش المستعملة في رش المنتوج	75
50	توضح حالة العينة قبل وبعد التجربة	75
51	توضح سمك القشرة الواقية الناتجة عن جفاف المادة	76
52	مصدات رملية مربعة باستخدام الأكياس (نظام الحواجز الشبكية)	84
53	توضح تحديد مناطق التدخل ذات الأولوية في منطقة الدراسة	95

قائمة الفهرس:

02_ فهرس الجداول:

العدد	عنوان الجدول	الصفحة
01	يوضح اقصى درجات الحرارة المسجلة في سنوات الأخيرة	**40**
02	يوضح سرعة الرياح المسجلة في سنوات الأخيرة	**41**
03	يوضح كميات التساقط المسجلة في سنوات الأخيرة	**45**

03: فهرس الاشكال:

العدد	عنوان الشكل	الصفحة
01	يوضح كيفية الشكل انتقال حبيبات الرملية بفعل الرياح	**15**
02	يوضح أعمدة بيانية تبين تصاعديا مستمرا في متوسط درجات الحرارة	**41**
03	توضح أعمدة بيانية تبين استمرار في توسط الرياح	**43**
04	توضح كميات تساقط السنوي في منطقة الدراسة للفترة (2025/2022)	**45**

04: فهرس المخططات:

العدد	عنوان المخطط	الصفحة
01	توضح موقع الجغرافي منطقة الدراسة	**39**
02	تشخيص ظاهرة زحف الرمال بمدينة تيلولين	**48**
03	توضح مخطط التدخل	**85**

الفصل التمهيدي: مدخل عام

مقدمة:

تُعدّ الصحاري من أكثر البيئات الطبيعية قسوة وهشاشة على سطح الأرض، حيث تتداخل فيها العوامل المناخية الحادة مع ضعف الغطاء النباتي لتُنتج واحدة من أخطر الظواهر البيئية التي تهدد التوازن الإيكولوجي والاقتصادي للعديد من الدول، وهي ظاهرة زحف الرمال، والتي لا تمثل مجرد حركة ميكانيكية لحبيبات الرمل بفعل الرياح، بل هي عملية تدهور بيئي معقدة تُفضي إلى فقدان الأراضي المنتجة، وطمر البنى التحتية، وتدهور نوعية الحياة في المناطق الجافة وشبه الجافة؛ حيث تشير تقديرات برنامج الأمم المتحدة للبيئة إلى أن أكثر من 2 مليار هكتار من الأراضي على مستوى العالم معرضة لخطر التصحر، وأن 12 مليون هكتار تفقد سنوياً بسبب الجفاف والتصحر[1] وعلى المستوى الوطني، يُعتبر زحف الرمال أحد أبرز مظاهر هذا التصحر وأكثرها حدة في الجزائر، لا سيما وأن الأراضي الصحراوية والجافة تحتل أكثر من 87% من المساحة الإجمالية للبلاد[2]، مما يضع الدولة الجزائرية في مواجهة مستمرة مع تحديات الأمن القومي، والغذائي، والاستراتيجي، جراء حركة الكتل الرملية عبر جنوبنا الشاسع وهضابنا العليا على شكل كثبان متطورة تهاجم المحاور الاقتصادية الحيوية، وتكلف ميزانيات ضخمة تُهدر سنوياً في عمليات الإزاحة الآلية الكلاسيكية للرمال عن الطرقات والمنشآت[3] .

وبالانتقال من هذا التحدي الوطني الواسع إلى البيئة الحضرية والريفية للجنوب الكبير، نجد أن المدن الصحراوية الجزائرية تواجه تهديداً مباشراً يمس نسيجها العمراني وتوازنها التقني، وتبرز هنا ولاية أدرار كنموذج حي للمجالات الحضرية والواحاتية المهددة بتقدم الكثبان الرملية بمعدلات سنوية مقلقة، مما يشكل عائقاً تقنياً حقيقياً يهدد شبكات الطرق الوطنية التي تربط الولاية بباقي الوطن، ويعطل قنوات

---

[1] جموعة إدارة البيئة الأممية (EMG)، الأراضي الجافة العالمية: استجابة منظومة الأمم المتحدة (Global Drylands: A UN System-Wide Response)، برنامج الأمم المتحدة للبيئة، (2011).

[2] السفارة الجزائرية في سلطنة عُمان، (د.ت)، الجغرافيا والمساحة.

[3] بن صفية، سفيان؛ بوكحليفي قويدر، جوهينة؛ عثماني، حورية؛ تقييم ظاهرة زحف الرمال في المناطق الجافة: دراسة حالة بلدية الحاجب، ولاية بسكرة، الصحراء الجزائرية الجنوبية الشرقية، المجلة الكارباتية لعلوم الأرض والبيئة، رومانيا، 2026، المجلد 21، العدد 1، ص 35–48.

التموين، ويهاجم الأراضي الفلاحية المستصلحة ومحيطات القصور الحضرية، واضعاً آليات التسيير التقني للمدينة الصحراوية تحت ضغط مستمر.

وفي عمق هذا السياق المحلي للولاية، تتجلى خطورة الظاهرة بأقصى مستوياتها في منطقة تيلولين (بولاية أدرار) كبؤرة ساخنة تواجه زحفاً مستمراً للكثبان الرملية النشطة التي باتت تطمر أجزاءً من واحاتها التاريخية، وتهدد مساكنها وقصورها، بالإضافة إلى تشكيلها خطراً دائمًا يعوق حركة المرور على شبكة الطرقات المحلية؛ وهو وضع خاص يستدعي تدخلاً تقنياً عاجلاً يتجاوز الحلول التقليدية (الميكانيكية المكلفة أو البترولية الملوثة للتربة والمياه الجوفية) نحو ابتكار حلول هندسية متكاملة وصديقة للبيئة الحساسة للمنطقة.

ومن هذا المنطلق، تتناول هذه المذكرة دراسة ظاهرة زحف الرمال بالتركيز الدقيق على تشخيص وتقييم الوضع في منطقة تيلولين، مع اقتراح واختبار حل تكنولوجي ريادي يتمثل في تركيبة بوليمرية حيوية مبتكرة تعتمد على مواد محلية ومتجددة واقتصادية، بهدف تقديم مساهمة علمية وعملية ناجعة تجمع بين الهندسة البيئية وميكانيكا التربة وأساليب التسيير الحضري الحديثة، لحماية المنشآت العمرانية والبنى التحتية في تيلولين، ودعم التنمية المستدامة في ربوع الصحراء الجزائرية من منظور مقاولاتي واعد.

الإشكالية :

رغم الجهود الوطنية والدولية المبذولة لمكافحة ظاهرة زحف الرمال في الجنوب الجزائري الكبير، إلا أن فعاليتها تبقى محدودة أمام التسارع الكبير في وتيرة التصحر والتغيرات المناخية. فمشروع السد الأخضر الذي انطلق منذ عام 1971 بوصفه الركيزة الأساسية لوقف زحف الرمال، فقد أكثر من نصف قدراته الغابية بسبب التغيرات المناخية وممارسات البشر على مدار عمره الذي يناهز الخمسين عاماً[4] ، مما اضطر السلطات إلى إعادة إطلاقه من جديد. وقد أثبتت الدراسات العلمية أن الاقتصار على أسلوب التشجير وحده لا يخدم متطلبات السكان المحليين، وأن المنهج المؤسسي المعتمد يستدعي مراجعة جوهرية تمنح العلم دوراً أكبر في توجيه السياسات ويزيد المشهد تعقيداً أن زيادة درجة حرارة واحدة مئوية كفيلة بنقل المنطقة الجرداء نحو 100 كيلومتر باتجاه شمال الجزائر[5]، مما يعني أن الجهود الراهنة في سباق غير متكافئ مع حجم التحديات المناخية المتصاعدة. وعليه، فإن التغيرات المناخية تُضاعف من حدة التصحر مع استمرار النمو السكاني والتوسع العمراني والرعي الجائر وإزالة الغابات [6]، في ظل غياب آليات تدخل شاملة ومتكاملة قادرة على مجاراة وتيرة الظاهرة.

وتُعدّ مدينة تيلولين التابعة لبلدية أنجزمير بولاية أدرار نموذجاً صارخاً لهذه المعاناة، إذ تتعرض بشكل متصاعد لزحف الرمال في ظل بيئة صحراوية قاسية.

---

[4] صيفي، م.؛ بولغبرة، نور الدين؛ فطوم، ل.؛ السد الأخضر في الجزائر أداةً لمكافحة التصحر، مجلة Planet Risk، المنتدى العالمي للمخاطر GRF، دافوس، سويسرا، المجلد 3، 2015، ص 68–71.

[5] عشاشي، محمد؛ التغيرات المناخية وزحف الرمال في الجزائر، دراسة منشورة، 2016، نقلاً عن وكالة الأناضول.

[6] Bensafia, S., Boukhalifi, K., & Othmani, H. (Year). Evaluation of the sand encroachment phenomenon in arid regions : A case study of El Hadjeb municipality, Biskra province. Op. Cit., pp. 35–48.

فالحلول الميكانيكية كالمصدات الشبكية مكلفة وتتطلب صيانة مستمرة، بينما الحلول البيولوجية القائمة على التشجير تواجه صعوبات جمة في بيئة تفتقر للماء وتتميز بتربة رملية فقيرة. أما المثبتات الكيميائية التقليدية المشتقة من النفط، فرغم فعاليتها الأولية، إلا أنها تطرح إشكالات بيئية واقتصادية بسبب تكلفتها العالية وسلبياتها المحتملة على المدى البعيد.

هذا الوضع يطرح تساؤلاً جوهرياً: كيف يمكن تطوير مادة مثبتة للرمال تجمع بين الفعالية الميكانيكية العالية، والتكلفة المنخفضة، والسلامة البيئية، بالاعتماد على موارد محلية متجددة للحدّ من زحف الرمال على مدينة تيلولين وما يماثلها من المدن الصحراوية؟

تنبثق عن هذه الإشكالية الرئيسية التساؤلات الفرعية التالية:

- ما واقع النسج العمرانية الصحراوية وجودة الحياة الحضرية بها في ظل الزحف المتتالي للرمال (مدينة تيلولين نموذجا)؟
- ما هي الخصائص الفيزوكيميائية التي يجب أن تتوفر في التركيبة المثالية لتثبيت التربة الرملية في الظروف الصحراوية القاسية؟
- إلى أي مدى يمكن للبوليمرات الحيوية كالنشا، المدعّمة ببوليمرات صناعية كـ فينيل وإضافات معدنية محلية كالطين ورماد النخيل، أن تُشكّل شبكة ثلاثية الأبعاد متماسكة ذات خواص ميكانيكية ومقاومة تآكل محسّنة، قادرة على الصمود أمام قوى الرياح وتثبيت الرمال في بيئات الجنوب الجزائري القاسية؟

الفرضيات:

1. يُعيق الزحف المتواصل للرمال نمو التجمعات العمرانية الصحراوية ويُدهور جودة الحياة فيها، في ظل قصور المثبتات التقليدية.
2. يُمكن لمادة مثبتة مُصنَّعة من مواد محلية أن يحمي التربة الصحراوية من زحف الرمال بفاعلية ومتانة وتكلفة تفوق المثبتات البترولية المستوردة، مع الحفاظ على البيئة.

الهدف من الدراسة :

نطمح من خلال هذه الدراسة الى الوصول الى جملة من الأهداف نبوبها كما يلي:

هدف عمراني: البحث عن حلول عملية للحد من تأثير هذه الظاهرة على النسج العمرانية الصحراوية.

هدف تقني: تطوير تركيبة هجينة قادرة على تشكيل قشرة واقية متماسكة ومرنة فوق الرمال.

هدف بيئي: استبدال المواد الكيميائية السامة بمواد قابلة للتحلل الحيوي وتثمين نفايات الواحات (رماد النخيل).

هدف اقتصادي: تقديم منتج بتكلفة منخفضة يعتمد على خامات محلية لتقليل فاتورة الاستيراد ودعم الاقتصاد الوطني عبر مؤسسة ناشئة.

منهجية البحث:

اعتمدنا في هذا البحث على منهجين المنهج الوصفي التحليلي الذي هو أحد أهم مناهج البحث العلمي وأكثرها شيوعاً، إذ يقوم على مرحلتين متكاملتين؛ تبدأ بالوصف الدقيق والموضوعي للظاهرة أو المشكلة المدروسة من خلال جمع البيانات والمعلومات المتعلقة بها، ثم تنتقل إلى مرحلة التحليل المعمّق التي يتجاوز فيها الباحث حدود الوصف نحو تفسير الأسباب والعوامل المؤثرة والكشف عن العلاقات بين المتغيرات، بهدف الوصول إلى استنتاجات علمية دقيقة تُسهم في فهم الظاهرة وتقديم حلول موضوعية

لها[7]. وهذا في الشق المتعلق بتقديم منطقة الدراسة ووصف واقعها في زحف الرمال والمنهج التجريبي الذي هو ذلك الأسلوب العلمي الذي يقوم على دراسة الفرضيات من خلال إجراء تجارب مضبوطة ومتحكَّم فيها، إذ يتدخل فيه الباحث بصورة مقصودة في الظاهرة المدروسة عن طريق التلاعب بالمتغيرات المستقلة ومراقبة أثرها على المتغيرات التابعة، وذلك في ظروف مضبوطة تضمن دقة النتائج وموضعيتها. ويُعدّ هذا المنهج الأكثر دقةً وصرامةً من بين مناهج البحث العلمي، لكونه يسعى إلى إثبات العلاقات السببية بين الظواهر بشكل تجريبي قابل للتحقق والتكرار، ولذلك فهو الأنسب للدراسات التطبيقية في العلوم الطبيعية والهندسية كاختبار خصائص المواد والمركبات[8]، وهذا في الشق المتعلق بالتجارب المخبرية المختلفة المتعلقة بأعداد المنتوج قيد الدراسة والبحث.

مرحلة المعاينة: من خلال الوقوف على ظاهرة زحف الرمال وتأثيرها على التجمعات العمرانية وتوسعها وحياة الساكنة بها.

كما اعتمدنا في شق من هذا البحث على المنهج التجريبي المخبري من خلال:

المرحلة التحضيرية: اختيار وفحص المواد الأولية (الطين، الرماد، النشا) وتحديد خصائصها الفيزيائية.

مرحلة الصياغة: إجراء تجارب متعددة لضبط النسب المثالية لكل مكون لضمان أفضل لزوجة وقابلية للرش.

مرحلة الاختبار: رش المنتج على عينات رملية ومراقبة زمن الجفاف، قياس سمك القشرة، واختبار مدى مقاومتها للتشقق والتعرية الريحية والمائية.

---

[7] دويدري، رجاء وحيد؛ البحث العلمي: أساسياته النظرية وممارسته العملية، الطبعة الأولى، دار الفكر، دمشق، سوريا، 2000، ص 183.
بوحوش، عمار؛ الذنيبات، محمد محمود؛ مناهج البحث العلمي وطرق إعداد البحوث، الطبعة الرابعة، ديوان المطبوعات الجامعية، الجزائر، 2007، ص 67–70.

[8] دويدري، رجاء وحيد؛ البحث العلمي: أساسياته النظرية وممارسته العملية، الطبعة الأولى، دار الفكر، دمشق، سوريا، 2000، ص 247–251.
بوحوش، عمار؛ الذنيبات، محمد محمود؛ مناهج البحث العلمي وطرق إعداد البحوث، الطبعة الرابعة، ديوان المطبوعات الجامعية، الجزائر، 2007، ص 95–100.

هيكلة الدراسة:

حماية المدن الصحراوية من زحف الرمال من خلال تثبيتها بمادة

المقدمة العامة:

الإشكالية، الفرضيات، الأهداف، المنهجية، هيكل الدراسة

الجانب النظري

الجانب التطبيقي

الفصل الأول:

- المدن الصحراوية وخصائصها العمرانية
- ظاهرة زحف الرمال مفهومها واسبابها
- تأثيرات الظاهرة على المدن الصحراوية
- التنمية المستدامة في المناطق الصحراوية

الفصل الثاني:

- تقنيات التثبيت الميكانيكية والتقليدية
- المواد الكيميائية الاصطناعية واشكالها
- المواد المثبتة المستدامة والطبيعية
- معايير اختيار المادة المثبتة المستدامة
- بعض التجارب العالمية الناجحة

الفصل الثالث:

- تقديم منطقة الدراسة
- تشخيص ظاهرة زحف الرمال
- تحليل البيانات الميدانية
- تقييم التأثيرات الحضرية
- تقييم التدخلات الحالية ومحدوديتها

الفصل الرابع:

- تحديد المادة المثبتة المقترحة
- الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمادة
- طرق التطبيق والجرعات المثلى
- مدى الفعالية والمتانة الزمنية
- التكامل مع تسيير المدينة

الفصل الخامس:

- مخطط الحماية العمرانية المقترح
- الاحزمة الخضراء والبنية التحتية
- الإطار التشريعي والمؤسسي
- اليات المشاركة المجتمعية والتمويل
- نظام المراقبة والمتابعة
- الملحق

الخاتمة العامة:

تحليل الفرضيات، النتائج، التوصيات والاقتراحات، الافاق المستقبلية للبحث، المراجع والمصادر

الجانب النظري

تمهيد الفصل الأول

❖ **المدن الصحراوية وخصائصها العمرانية**

التعريف · التوزيع الجغرافي · الخصائص المناخية والبيئية

❖ **ظاهرة زحف الرمال: المفهوم والأسباب**

التعريف العلمي · العوامل الطبيعية · العوامل البشرية · أنواع الزحف

❖ **التأثيرات على المدن الصحراوية**

تأثيرات عمرانية · اجتماعية · اقتصادية · بيئية

❖ **التنمية المستدامة في المناطق الصحراوية**

مفهوم الاستدامة في السياق الصحراوي · المبادئ الأساسية

خلاصة الفصل الاول

تمهيد الفصل الأول:

تُعد ظاهرة زحف الرمال من أخطر المشكلات البيئية التي تواجه المناطق الجافة وشبه الجافة، وهي عملية ميكانيكية معقدة ناتجة عن حركة الحبيبات الرملية من مصادرها الأصلية إلى مناطق أخرى تحت تأثير الرياح. لا تقتصر خطورة هذه الظاهرة على الجانب البيئي فحسب، بل تمتد لتشمل تهديد التجمعات السكانية، المنشآت الحيوية، والأراضي الزراعية، مما يساهم بشكل مباشر في اتساع رقعة التصحر[9].

لفهم هذه الظاهرة، يتناول هذا الفصل دراسة ماهية الرمال كنشأة وتكوين، ثم ينتقل لتحليل الأشكال الجيومرفولوجية الناتجة عنها (الكثبان الرملية)، وصولاً إلى استعراض العوامل الطبيعية والبشرية التي تحفز زحفها[10].

01- المدن الصحراوية وخصائصها العمرانية[11]

01-01- تعريف المدن الصحراوية:

تُعرَّف المدن الصحراوية بأنها التجمعات العمرانية الواقعة في المناطق الجافة وشبه الجافة، التي تتميز بشُح الأمطار وارتفاع درجات الحرارة وهيمنة الرمال على طبيعة المحيط. وقد نشأت هذه المدن تاريخياً على طرق القوافل التجارية أو بالقرب من الواحات، مما جعلها تتكيف مع بيئتها القاسية من خلال أنماط عمرانية خاصة تعكس التوافق بين الإنسان والطبيعة[12].

---

[9] العوضي، جاسم محمد؛ الانسياق الرملي، الطبعة الأولى، مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، الكويت، 2004، ص 11–15.

[10] الجوذري، محمد عبد القادر؛ جاير، عمر؛ جيومرفولوجية المناطق الجافة وشبه الجافة، الطبعة الأولى، دار الصفاء للنشر والتوزيع، عمان، الأردن، 2014، ص 45–50

[11] طلحة، بشير؛ المدينة الصحراوية وإشكالات التحضر: المفاهيم والمقاربات، الطبعة الأولى، الجزء الأول، دار ألفا للوثائق، الجزائر، 2019، ص 15-47.

[12] الوليعي، عبد الله بن ناصر؛ تخطيط المدن الصحراوية، الطبعة الأولى، جامعة الملك سعود، الرياض، 2003، ص 15–18.
الخياط، جودت؛ جغرافية المدن، الطبعة الأولى، دار الكندي للنشر والتوزيع، إربد، الأردن، 2004، ص 22–25.
الأمم المتحدة للسياحة(UNWTO) ؛ التنمية السياحية المستدامة في الصحاري: دليل لصانعي القرار، منظمة السياحة العالمية، مدريد، إسبانيا، 2007، ص14

01-02- التوزيع الجغرافي للمدن الصحراوية:

تنتشر المدن الصحراوية عبر الحزام الجاف الممتد من شمال أفريقيا مروراً بشبه الجزيرة العربية وصولاً إلى آسيا الوسطى. وفي الجزائر تحديداً، تتركز هذه المدن في المناطق الجنوبية (أدرار وتمنراست ورقلة وبشار وغيرها)[13]، وتُعدّ مدينة تيلولين ببلدية أنجزمير بولاية أدرار نموذجاً حياً لهذه المدن التي تعاني من ضغوط بيئية متزايدة[14].

01-03- الخصائص المناخية والبيئية:

تتسم المدن الصحراوية بجملة من الخصائص المناخية والبيئية أبرزها:

- **درجات الحرارة:** تتراوح بين 45 و50 درجة مئوية صيفاً وتنخفض بشكل حاد ليلاً
- **الأمطار:** شحيحة جداً لا تتجاوز 50 ملم سنوياً
- **الرياح:** قوية ومتقطعة تحمل الرمال وتُسهم في تشكيل الكثبان
- **التربة:** رملية هشة فقيرة بالمواد العضوية وقليلة التماسك.

02- ظاهرة زحف الرمال: المفهوم والأسباب [15]:

02-01-مفهوم ظاهرة زحف الرمال:

زحف الرمال ظاهرة جيومرفولوجية تتمثل في انتقال الرمال من مواقعها الأصلية وتراكمها تدريجياً نحو المناطق المجاورة بفعل الرياح، مما يؤدي إلى تغيير مستمر في تضاريس المنطقة وتهديد ما يقع في

[13] المديرية العامة للتهيئة والتعمير؛ المخطط الوطني لتهيئة الإقليم SNAT 2025 ، وزارة التهيئة العمرانية والبيئة والسياحة، الجزائر، 2010، ص 45-52.

[14] المديرية الولائية للتخطيط والتهيئة؛ المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير لبلدية أنجزمير، ولاية أدرار، الجزائر، 2015.

[15] بنونة، محمد؛ التعايش مع الصحراء، الطبعة الثالثة، دار النشر العسكرية، الرياض، 2010، ص 32-65.

مسارها من مستوطنات بشرية وأراضٍ زراعية ومنشآت. وتتحرك الرمال عبر ثلاث آليات رئيسية هي: الزحف السطحي، والقفز، والتعليق الهوائي[16] .

02-02-العوامل الطبيعية:

- **النشاط الريحي:** هو المحرك الأساسي؛ حيث تعمل الرياح ذات السرعات العالية على رفع وحمل الحبيبات الرملية عبر آلية (القفز أو الزحف السطحي).
- **المناخ:** تلعب درجات الحرارة المرتفعة وانخفاض معدلات الرطوبة والأمطار دوراً في تفكك التربة وجعلها عرضة للانجراف.
- **تضاريس المنطقة:** يؤثر شكل السطح ووجود عوارض طبيعية في تكوين "الكثبان الرملية" وتغيير اتجاهات الزحف.
- **الجفاف:** يُضعف تماسك التربة ويجعلها عُرضة للانجراف.
- **غياب الغطاء النباتي:** يُزيل الحاجز الطبيعي الذي يحمي التربة.
- **طبيعة التربة:** التربة الرملية الخشنة أكثر عُرضة للحركة من غيرها.

02-03-العوامل البشرية:

تساهم الأنشطة غير المدروسة مثل الرعي الجائر واجتثاث الغطاء النباتي في تعرية التربة، مما يجعل الرمال حرة الحركة وسهلة الانتقال بفعل الرياح.

تدهور الغطاء النباتي: تفاقم حدة التدهور الحيوي نتيجة الرعي الجائر، والاستغلال المفرط وغير العقلاني للثروة الغابية، بالإضافة إلى تزايد وتيرة الحرائق، مما أدى إلى:

[16] د. أحمد عبد الله محمد، الظواهر الجيومرفولوجية في البيئات الجافة، الثالثة، الأول، دار الكتب العلمية، القاهرة، 2019 ، ص 145-160

- تعرية التربة أمام العوامل المناخية القاسية.
- التوسع العمراني غير المدروس في مناطق هشة
- الاستغلال المفرط للمياه الجوفية مما يُجفف التربة
- التغيرات المناخية الناجمة عن النشاط الصناعي

الأثر البيئي لاستخراج الحصى: تساهم عمليات فصل الحصى عن الرمال (الغربلة العشوائية) في خلخلة تماسك السطح؛ حيث يؤدي تجريد التربة من الحصى الصغير—الذي يعمل كمثبت طبيعي—إلى تحرير ذرات الرمل وجعلها عرضة للنقل الهوائي السهل، مما يسرّع من وتيرة الطمر الرملي للمنشآت والطرقات.

الصورة رقم 01 و02: توضحان فصل مكونات التربة عن الرمال



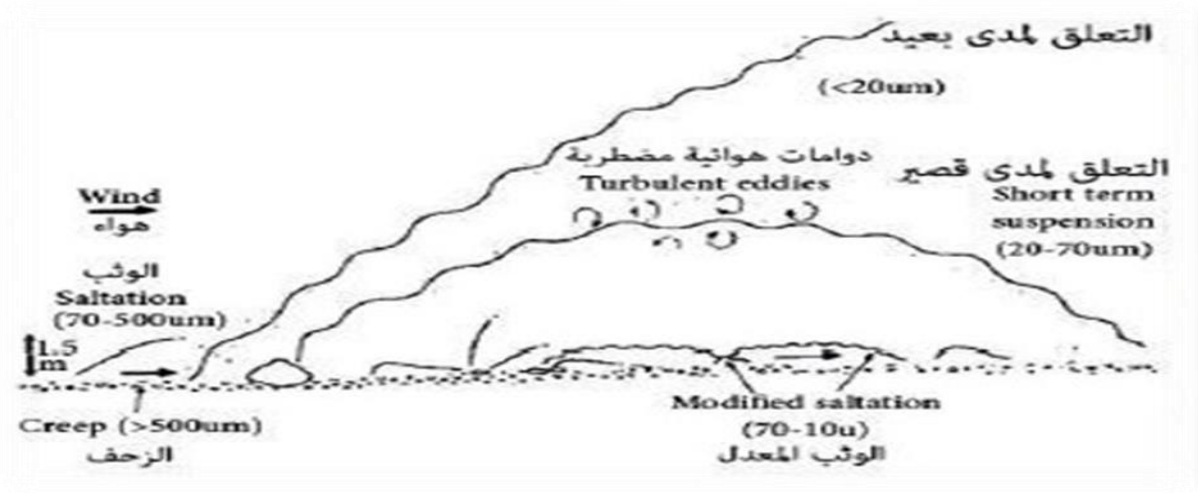
المصدر: من التقاط الطلبة 2026

02-04-أنواع الزحف:

تحدث ظاهرة زحف الرمال نتيجة تفاعل ديناميكي بين الرياح وحبيبات الرمل الجافة، وهي عملية ميكانيكية تبدأ عندما تتجاوز سرعة الرياح "السرعة العتبية" اللازمة لتحريك الحبيبات. يمكن تقسيم كيفية حدوث هذه الظاهرة إلى ثلاث مراحل أساسية حسب حجم الحبيبات وقوة الرياح والمتمثلة فيما يلي:

- **التعليق:** تخص الحبيبات الدقيقة جداً (أقل من 0.1 ملم). تحملها الرياح إلى طبقات الجو العليا وتظل عالقة لفترات طويلة، وهي المسؤولة عن العواصف الترابية التي نراها في مناطق مثل "أدرار" أو "عين صالح."
- **القفز:** هي الطريقة الأهم والأكثر تأثيراً في زحف الرمال، وتخص الحبيبات المتوسطة (بين 0.1 و0.5 ملم). ترتفع الحبيبة لمسافة قصيرة ثم تسقط بفعل الجاذبية، وعند اصطدامها بالأرض تحفز حبيبات أخرى على القفز.
- **الزحف السطحي:** تخص الحبيبات الكبيرة والثقيلة (أكبر من 0.5 ملم). لا تستطيع الرياح رفعها، فتقوم بدحرجتها أو دفعها ببطء على طول السطح نتيجة اصطدام الحبيبات القافزة بها.

الشكل رقم01: يوضح اشكال انتقال الحبيبات الرملية بفعل الرياح



المصدر: pye199 الصفحة 309

03- التأثيرات على المدن الصحراوية:[17]

03-01- التأثيرات العمرانية: يُشكّل زحف الرمال خطراً مباشراً على البنية العمرانية للمدن الصحراوية، إذ يؤدي إلى:

- طمر المباني والمنازل جزئياً أو كلياً
- إعاقة حركة المرور وردم الطرق والمحاور الرئيسية
- إتلاف شبكات البنية التحتية كالكهرباء والمياه والصرف
- تدهور الواجهات المعمارية وتآكل مواد البناء

الصورة رقم 03 توضح تراكم الرمال



المصدر: من التقاط الطلبة 2026

الصورة رقم 04 توضح تجمع الرمال في الشوارع



المصدر: من التقاط الطلبة 2026

الصورة رقم 05 توضح محاصرة المباني بالرمال



المصدر: من التقاط الطلبة 2026

الصورة رقم 06 توضح تراكم الرمال في الطريق



المصدر: من التقاط الطلبة 2026

الصورة رقم 07 توضح تراكم الرمال في الطريق



المصدر: من التقاط الطلبة 2026

[17] قناطي، نجاة؛ بوناب، حنان؛ الهوية العمرانية للمدينة الصحراوية: القصر القديم بمدينة الأغواط، مجلة العلوم الاجتماعية والإنسانية، جامعة ورقلة، العدد 22، الجزائر، 2015، ص112-129.

03-02-التأثيرات الاجتماعية:

- النزوح القسري للسكان من المناطق المهددة
- تراجع جودة الحياة وتدهور الصحة العامة بسبب الأتربة
- اندثار الموروث الثقافي والمعماري المحلي
- توتر اجتماعي نتيجة الصراع على الموارد الشحيحة

الصورة رقم 09 توضح غلق مدخل بالرمال



المصدر: من التقاط الطلبة 2026

03-03-التأثيرات الاقتصادية:

- خسائر فادحة في الأراضي الزراعية والبساتين
- تكاليف باهظة لأعمال الصيانة والحماية المستمرة
- تراجع النشاط السياحي في المناطق المتضررة
- انخفاض قيمة العقارات في المناطق المهددة

الصورة رقم 08 توضح سكن مهدد بالنزوح



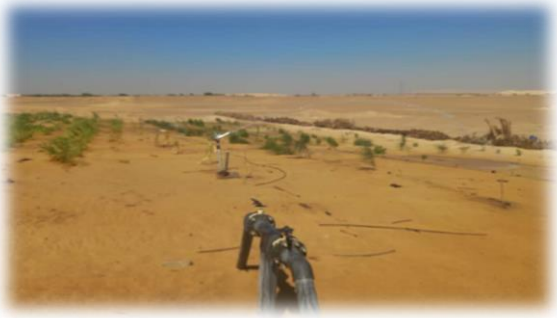
المصدر: من التقاط الطلبة 2026

الصورة رقم 10 توضح معانات السكان بتراكم الرمال



المصدر: من التقاط الطلبة 2026

الصورة رقم 11 توضح طمر الأراضي الزراعية



المصدر: من التقاط الطلبة 2026

الصورة رقم12 توضح طمر الأراضي الزراعية



المصدر: من التقاط الطلبة 2026

03-04-التأثيرات البيئية:

- تدهور التنوع البيولوجي وفقدان النباتات المحلية
- تلوث مصادر المياه السطحية والجوفية بالرمال
- تدمير النظم البيئية الهشة كالواحات
- تصاعد ظاهرة التصحر وتوسع رقعة الأراضي المتدهورة

04- التنمية المستدامة في المناطق الصحراوية[18]

04-01-مفهوم الاستدامة في السياق الصحراوي:

تكتسب التنمية المستدامة في المناطق الصحراوية بُعداً خاصاً نظراً لهشاشة البيئة وندرة الموارد. وتُعرَّف في هذا السياق بأنها منهج تنموي يسعى إلى تلبية احتياجات الإنسان الحالية في المناطق الجافة دون المساس بقدرة الأجيال القادمة على تلبية احتياجاتها، وذلك من خلال توظيف الإمكانات المحلية والحفاظ على التوازن البيئي الدقيق لهذه المناطق[19].

04-02-المبادئ الأساسية:

- **الاعتماد على الموارد المحلية:** توظيف المواد الأولية المتوفرة محلياً كنبات الحلفاء والنخيل والطين بدلاً من استيراد مواد مكلفة
- **الكفاءة في استخدام المياه:** تبني تقنيات الري بالتنقيط وجمع مياه الأمطار وإعادة استخدام المياه المعالجة

[18] مراد، ناصر؛ التنمية المستدامة وتحدياتها في الجزائر، الطبعة الأولى، دار الجامعة الجديدة، الجزائر، 2012، ص 78-110.

[19] محمد عبد الله؛ "التنمية المستدامة في المناطق الجافة"، الطبعة الثانية، الجزء الأول، مطبعة جامعة الملك سعود، الرياض، 2020، ص 45-58.

- **الحماية البيئية:** الحفاظ على الغطاء النباتي الطبيعي وتعزيزه كحاجز أمام زحف الرمال
- **المشاركة المجتمعية:** إشراك السكان المحليين في رسم سياسات الحماية والتنمية.
- **التكامل بين الحلول التقنية والتقليدية:** الجمع بين المعرفة التقنية الحديثة والحكمة المحلية المتوارثة في التعامل مع البيئة الصحراوية

خلاصة الفصل الأول:

في ختام هذا الفصل، نكون قد وضعنا اللبنة الأساسية للإطار المفاهيمي والنظري الذي يحكم علاقة التمدن بالبيئة الصحراوية، حيث اتضح أن المدن الصحراوية ليست مجرد تجمعات عمرانية، بل هي أنظمة حيوية معقدة تواجه تحديات استثنائية، على رأسها ظاهرة زحف الرمال التي باتت تهدد استدامة هذه المدن وتعيق تطورها العمراني والتقني.

لقد أبرزت الدراسة في هذا الفصل أن فهم الخصائص المناخية والبيئية، وتحليل العوامل الطبيعية والبشرية المسببة لزحف الرمال، هو المدخل الإلزامي لإيجاد حلول تقنية ناجعة. كما تبين أن التأثيرات السلبية لهذه الظاهرة لا تقتصر على الجانب الميكانيكي لزحف الرمال فحسب، بل تمتد لتشمل أبعاداً عمرانية واجتماعية واقتصادية وبيئية، مما يفرض ضرورة تبني مفهوم "التنمية المستدامة" كمنهجية عمل لمواجهة هذه المخاطر في السياق الصحراوي.

إن الخلاصة الجوهرية لهذا الفصل تؤكد أن الأساليب التقليدية في حماية المدن من الزحف الرملي قد لا تكون كافية في ظل التحولات المناخية الراهنة، مما يفتح الباب أمام ضرورة الابتكار والبحث عن بدائل تقنية ومواد مثبتة مستدامة تجمع بين الكفاءة الميكانيكية والحفاظ على التوازن الإيكولوجي.

وبناءً على هذه المعطيات النظرية، ننتقل في الفصل الموالي إلى دراسة الجوانب التقنية والميدانية لمنطقة الدراسة، لنبحث في كيفية إسقاط هذه المفاهيم على الواقع، والتمهيد لاقتراح مادة التثبيت الهجينة والمستدامة كحل ابتكاري يضمن حماية المدن الصحراوية من هذا التهديد المستمر[20]

[20] Désertification and Its Control Ajai ; P. et al. ؛Désertification and Its Control ،édition ،Springer berlin ،2014 p : 180–100 ؛

.

تمهيد الفصل الثاني

❖ **تقنيات التثبيت الميكانيكية والنباتية التقليدية**

الحواجز والأسيجة · التشجير التقليدي · الأحزمة الخضراء

❖ **المواد الكيميائية الاصطناعية وإشكالياتها**

البوليمرات الكيميائية · آثارها البيئية · محدودية الاستخدام

❖ **المواد المثبتة المستدامة والطبيعية**

الراتنجات الطبيعية · مواد بيولوجية · (MICP) مواد من مصادر متجددة

❖ **معايير اختيار المادة المثبتة المستدامة**

الفعالية · تكلفة التطبيق · الأثر البيئي · الملاءمة للسياق المحلي

❖ **استعراض التجارب العالمية الناجحة**

الصين. ليبيا. موريتانيا. مجلس التعاون. الخليجي، المقارنة والاستخلاص

خلاصة الفصل الثاني

تمهيد الفصل الثاني:

تعد مشكلة زحف الرمال وتدهور التربة في المناطق الجافة من أكبر التحديات التقنية التي تواجه استدامة المنظومات العمرانية والزراعية في المناطق الصحراوية. ولمواجهة هذه الظاهرة، سعت الأبحاث العلمية والهندسية إلى تطوير ممارسات وتقنيات تهدف إلى كسر ديناميكية الرياح وتثبيت سطح التربة لمنع تطاير الحبيبات الرملية وانتقالها نحو المنشآت الحيوية[21].

يركز هذا الفصل على تقديم دراسة نظرية شاملة لمختلف التقنيات المعتمدة عالمياً في تثبيت الرمال، حيث سيتم استعراض الطرق الميكانيكية القائمة على إنشاء الحواجز والمصدات، والطرق الكيميائية التي تعتمد على المواد الرابطة، وصولاً إلى الطرق الطبيعية والبيولوجية المستوحاة من النظم البيئية. كما سيتم تسليط الضوء على المعايير التقنية والبيئية الواجب توفرها في المواد المثبتة لضمان كفاءتها واستدامتها، مع استعراض مجموعة من التجارب العالمية الرائدة التي نجحت في تحويل مساحات رملية شاسعة إلى أراضٍ مستقرة ومنتجة. يهدف هذا العرض النظري إلى بناء قاعدة معرفية رصينة تمكننا من تقييم الحلول القائمة واقتراح بدائل مبتكرة تتماشى مع المتطلبات البيئية والاقتصادية الحديثة[22].

[21] Ralph O. Skidmore ؛Wind Erosion and Its Control ،édition Springer ،USA.،1986 P44–55

[22]FAO Sand D'une Stabilization, Shelterbelts and Afforestation in Dry Zones ،1988 ،p–10 : .30

01- تقنيات التثبيت الميكانيكية والنباتية التقليدية:

في إطار حماية المدن الصحراوية من أخطار زحف الرمال، برزت تقنيات التثبيت الميكانيكية والنباتية التقليدية كحلول أساسية للحد من حركة الكثبان الرملية والمحافظة على استقرار المجال العمراني. وقد ساهمت هذه التقنيات، رغم بساطتها، في تقليل آثار التصحر وحماية البنى التحتية، مما يجعلها قاعدة مهمة لتطوير أساليب تثبيت أكثر استدامة وفعالية.

01-01-الحواجز ومصدات جريد النخيل: استخدام سعف النخيل الميت بشكل عمودي على اتجاه الرياح السائدة بمسافات مدروسة تُطبق هذه التقنية في مناطق مثل (أدرار وتيميمون) لحماية الواحات وأنظمة الفقارات، وتتراوح ديمومتها بين 2 إلى 3 سنوات

صورة رقم 13: توضح مصدات جريد النخيل



المصدر: من التقاط الطلبة 2026

01-02-التشجير التقليدي: غرس شتلات "الأكاسيا" في المناطق شبه الصحراوية، لقدرتها العالية على تحمل الإجهاد المائي وارتفاع درجات الحرارة.

صورة رقم 14: توضح شجرة الاكاسيا



المصدر: منصة قوقل

01-03-الاحزمة الخضراء: غرس أصناف مقاومة للجفاف ضمن مشروع السد الأخضر. تعمل هذه الأحزمة كحواجز رياح حيوية تقلل من طاقة الرياح الحركية وتثبت الرمال بالجذور[23]

صورة رقم 15: توضح مشروع السد الاخضر



المصدر: منصة قوقل

[23] الكثبان الرملية، المادة العلمية، مركز البحوث الزراعية، رقم 804/2003 الصفحة 14الى 18.

02- المواد الكيميائية الاصطناعية وإشكالياتها:

02-01-البوليمرات الكيميائية (المشتقات النفطية): كان يتم استخدام الرش الزيتي والبيتومين لتثبيت الكثبان، إلا أنها تقنية محظورة حالياً في الجزائر

(بموجب التشريعات البيئية منذ 2003) بسبب خطر تلوث المياه الجوفية وتسميم التربة.

صورة رقم 16: توضح رش مشتقات نفطية



المصدر: منصة قوقل

02-02-المثبتات البوليمرية: رش محاليل بوليمرية تشكل طبقة رقيقة مرنة فوق سطح الرمل تمنع تطايره. تُستخدم في حالات خاصة كالمطارات نظراً لتكلفتها العالية وعدم ملاءمتها للتربة الزراعية.

صورة رقم17 توضح رش البوليمرات



المصدر: منصة قوقل

02-03-المحاليل الملحية: استخدام محلول كلوريد الكالسيوم لقدرته على امتصاص الرطوبة الجوية، مما يزيد من وزن حبيبات الرمل ويقلل من تطاير الغبار على الطرق الترابية، مع مراعاة تأثيره على ملوحة التربة.

03- المواد المثبتة المستدامة والطبيعية:

03-01-الاستزراع الرعوي وتثبيت التربة: استخدام نباتات عشبية معمرة مثل "الحلفاء التي تمتاز بجملة جذرية قوية تعمل على تماسك التربة الهشة ومنع تطاير الجزيئات الدقيقة.

صورة رقم18: توضح الاستزراع الرعوي



المصدر: من التقاط الطلبة 2026

03-02-الحواجز الترابية الضخمة: إنشاء سواتر ترابية بارتفاعات تصل إلى 3 أمتار حول المنشآت الحساسة كالقواعد البترولية والمطارات (كما هو الحال في حاسي مسعود). تهدف إلى تغيير زاوية ترسب الرمال بعيداً عن المنشأة.

03-التغطية بالمواد الصلبة: فرش طبقات من الحصى او الطين أو مخلفات المقالع لتثبيت سطح التربة ومنع الانجراف الريحي، وتُستخدم غالباً في المناطق الصناعية والمنحدرات الطرقية.[24] لاحظ الصورة 19.

صورة رقم19: توضح التغطية بالمواد الصلبة



المصدر: من التقاط الطلبة 2026

04- معايير اختيار المادة المثبتة المستدامة:

- **معيار الفعالية:** قدرة المادة على الربط بين حبيبات الرمل لتشكيل قشرة متماسكة تقاوم التعرية الرياحية وتصمد الاحمال الميكانيكية دون تشقق[25].
- **معيار التكلفة:** مدى توفر المواد الأولية بأسعار زهيدة وانخفاض تكاليف الإنتاج والصيانة مقارنة بالحلول التقليدية[26].
- **معيار التطبيق:** سهولة تحضير المادة واستخدامها ميدانيا وقابليتها للرش بالأجهزة البسيطة[27].

---

[24] الكثبان الرملية، المادة العلمية، مركز البحوث الزراعية، رقم 804/2003 الصفحة 22.

[25] (FAO)؛ Voluntary Guidelines for Sustainable Soil Management ROMA ،2016. P 06-07.

[26] GUID ISO 14055-1 : Environmental Management – Guidelines for Combatting Land Degradation and Desertification01er édition jenaive. 2017p08-09

- **معيار الأثر البيئي:** خلو المادة من العناصر السامة وقابليتها للتحليل الحيوي بحيث لا تترك اثار سلبية على التربة والمياه الجوفية[28].
- **معيار الملائمة والسياق المحلي:** مدى تكيف المادة مع الظروف المناخية القاسية وقدرتها على استغلال الموارد والنفايات المتاحة في المنطقة[29].

05- استعراض التجارب العالمية الناجحة:

05-01-التصحر في ليبيا وطرق مكافحته:

تُعد ليبيا جزءاً من القطاع الجنوبي لحوض البحر المتوسط، بمساحة قدرها 1760 مليون كيلو متر مربع تقريباً، وتطل على البحر بساحل يبلغ طوله حوالي 1900 كيلو متر[30]، ويتدرج المناخ في إطار تقسيم مناخ حوض البحر المتوسط من النطاق الساحلي ذي المطر الشتوي والصيفي الجاف إلى المناطق الداخلية الصحراوية وهي الجزء الأكبر من البلاد، وهي جزء من صحراء شمال إفريقيا، وتقدر أراضي الزراعة المطرية والمروية في ليبيا بحوالي 5% وأراضي المراعي الطبيعية بأكثر من 13 مليون هكتار، وتجرى مشروعات تحسين وصيانة لحوالي 2.5 مليون هكتار من أراضي المراعي[31].

ظاهرة التصحر ومكافحة تدهور الأراضي المنتجة الزراعية والمراعي والغابات في ليبيا تشبه ظواهر التصحر في الأراضي الجافة عامة، ولكن التجربة الليبية أي التصحر تتميز عن تجارب الدول العربية الأخرى في أمرين هما: مشروعات تثبيت الكثبان الرملية ومشروع النهر الصناعي. حيث جرت تجارب

---

[27] برنامج الأمم المتحدة للبيئة ومنظمة الأغذية والزراعة Guidelines for the Control of Soil Degradation(UNEP/FAO) ، روما، 1983، ص: 12–15.

[28] منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (FAO)؛ Voluntary Guidelines for Sustainable Soil Management، روما (إيطاليا)، 2016، ص: 9–10.

[29] ISO 14055-1: op.،2017 P06-07.

[30] منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة، مرجع سابق ذكره، روما (إيطاليا)، 1996، ص: 5–10

[31] منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة، FAO؛ AQUASTAT Country Profile – Libya، (قسم الجغرافيا والمناخ والموارد الزراعية)، منظمة الفاو، روما (إيطاليا)، 2016، ص: 5–10

عديدة لتثبيت الكثبان الرملية باستخدام النباتات الجافة لتكون حواجز ميكانيكية للحد من حركة الرمال، أو استزراع نباتات قادرة على تحمل بيئة الكثبان والحد من حركة الرمال، وفي عام 1961 بدأت تجارب استخدام مشتقات نفطية لتثبيت الكثبان سميت دولياً بـ "الطريقة الليبية" وتوسع استخدامها في إيران والسعودية وغيرهما، وموجز الطريقة رش المادة النفطية تحت ضغط 100 إلى 200 رطل على البوصة المربعة، والقصد تكوين غشاء موزع توزيعاً منتظماً فوق سطح الأرض.[32]

➢ وسائل مكافحة التصحر في ليبيا:

- **تثبيت الكثبان الرملية:** تم استخدام الكثبان الرملية لمقاومة زحف الرمال، خاصة في منطقة سهل الجفارة[33].
- **استخدام مصدات الرياح والأحزمة الواقية:** تم اعتماد مصدات الرياح والأحزمة الواقية لحماية المحاصيل الزراعية من التلف والتآكل الناتج عن الرياح القوية[34].
- **حماية المنحدرات بالتشجير:** تم تنفيذ برامج لتشجير المنحدرات الشديدة والأراضي العارية لمنع الانجرافات وحفظ التربة[35].
- **تشجير الأراضي البور بالأحراج:** لاحظت جهود تشجير الأراضي البور بالأحراج في عدة مناطق بالبلاد[36].
- **إنشاء المصاطب المدرجة:** تم بناء المصاطب المدرجة لمقاومة انجراف التربة وحفظ مياه الأمطار في الأراضي الزراعية المنحدرة

---

[32]: محمد الهادي أبو لقمة؛ سعد خليل القزيري، الجغرافيا الجمهرية (دراسة في الجغرافيا الطبيعية والبشرية لليبيا)، الطبعة الأولى، دار ومكتبة الشعب، مصراتة – ليبيا، 2004م ، ص 142 – 145 (المتعلقة بتثبيت الكثبان الرملية والطريقة النفطية)

[33] برنامج الصندوق الدولي للتنمية الزراعية(IFAD؛ Libya Country Strategic Opportunités Programme)، الصندوق الدولي للتنمية الزراعية، روما (إيطاليا)، 2023، ص: 45–46

[34] بشير أحمد نوير؛ Techniques to Control Wind Erosion in Libya، الطبعة الأولى، مجلة Revue des Régions Arides، تونس، 2015، ص: 249–252.

[35] Jean Messines ؛Sand-d ’une Fixation and Afforestation in Libya،FAO ،ROMA، 1953.

[36] برنامج الصندوق الدولي للتنمية الزراعية (IFAD؛ Libya Country Strategic Opportunités Programme)، مرجع سابق ذكره 2023، ص: 46

- **اتباع دورة زراعية خاصة:** تم اتباع دورات زراعية مخصصة للحفاظ على خصوبة التربة، خاصة في المشروعات التي يتم فيها زراعة الحبوب[37]

05-02-زحف الرمال في موريتانيا ومكافحته:

في موريتانيا، تم وضع برنامج شامل لمكافحة زحف الرمال يركز على عدة جوانب من بينها مراقبة التصحر وتثبيت الكثبان الرملية وتشجيرها. وقد تم التركيز أيضاً على صيانة الأشجار من الآفات والحشرات الضارة. تم تقدير معدل تقدم التصحر بين 4 إلى 6 كيلومترات سنوياً، مما جعل موريتانيا واحدة من البلدان الأشد تضرراً بالتصحر، حيث وصلت نسبة التصحر إلى 78% من مساحتها. ورغم أن الغابات والأراضي الشجرية توفر الطاقة المنزلية والمراعي للمواشي، إلا أنها تمثل فقط 3.3% من مساحة البلاد، مما يؤكد على أهمية الجهود المستمرة لمكافحة التصحر وحماية البيئة في موريتانيا[38].

- **من بين المشاريع الرئيسية التي تم تنفيذها في موريتانيا لمكافحة الترمل:**
  - المشاريع الإحيائية[39].
  - برنامج تثبيت الكثبان الرملية لمساحة 1900 هكتار[40].
  - مشروع الحزام الأخضر لمدينة نواكشوط على مساحة 2000 هكتار[41].
  - مشروع الاعلاف الخضراء[42]

---

[37] برنامج الصندوق الدولي للتنمية الزراعية (IFAD؛ Libya Country Strategic Opportunités Programme)، مرجع سابق ذكره 2023، ص: 46

[38] وزارة البيئة والتنمية المستدامة الموريتانية؛ نسبة التصحر في موريتانيا بلغت 78 في المائة، العربي الجديد، نواكشوط، 18 يونيو 2015 منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة ((FAO؛ Fighting Sand Encroachment: Lessons from Mauritania، الطبعة الأولى، منظمة الفاو، روما (إيطاليا)، 2010، ص: 15-30

[39] وزارة البيئة والتنمية المستدامة (موريتانيا)؛ الوكالة الوطنية للسور الأخضر الكبير وبرامجها في استعادة النظم البيئية، نواكشوط (موريتانيا)

[40] المعهد الموريتاني للبحوث العلمية؛ التصحر في نواكشوط: الأسباب والمخاطر والمكافحة ، نواكشوط (موريتانيا)، 2024، ص: 106-108

[41] الوكالة الموريتانية للأنباء ؛ مشروع الحزام الأخضر لمدينة نواكشوط: تجربة رائدة في مقاومة التصحر، نواكشوط (موريتانيا)، 2006

[42] وكالة يورونيوز؛ مشروع الجدار الأخضر لمكافحة التصحر في موريتانيا، يورونيوز، 2022،

- مشروع تطوير الصمغ العربي على مساحة 1500 هكتار[43].

05-03-مجلس التعاون الخليجي:

اهتم بإنشاء حواجز للرمال حول المزارع، خاصة في المناطق المعرضة للرياح، عبر زراعة حزام من الأشجار المتحملة للجفاف أو بإحاطتها بأسوار من السلك وفروع الأشجار.

بعض الدول اعتمدت استراتيجية التثبيت البيولوجي للكثبان الرملية، من خلال زراعة النباتات المثبتة للرمال والمتحملة للجفاف، كما في مشروع تثبيت الكثبان الرملية في شمال واحة الأحساء بالمملكة العربية السعودية الذي بدأ في عام 1963.

قطر: قامت بنجاح بتثبيت بعض الكثبان الرملية بزراعة نبات الملوح أو القطف.

الإمارات: قامت بزراعة نباتات عشبية وشجيرات علفية وحماية المراعي الطبيعية، مثلما في مشروع مليحة والمتنزهات القومية لحماية الحياة البرية.

المملكة العربية السعودية: تمت جهود كبيرة لتنمية الغطاء النباتي منذ الستينات، من خلال مشاريع تحسين المراعي في وادي العواس وإقامة محميات حيوية.

الصومال: تمت مشاريع تثبيت الكثبان الرملية في المناطق الزراعية في حوض نهر شبيلي، مثل مناطق برافا وشلامبوت وعدالي وجنوب مقديشو.

العراق: تم إنشاء الواحات في المنطقة الغربية لتثبيت الكثبان الرملية في الهضبة الغربية.[44]

[43] وزارة البيئة والتنمية المستدامة (موريتانيا)؛ برامج السور الأخضر الكبير في موريتانيا، نواكشوط (موريتانيا) 2022

[44] د. هاشم لفتة جاسم؛ د. عباس فاضل السعدي، جغرافية العراق، (القسم الخاص بمكافحة التصحر وتنمية الواحات في الهضبة الغربية)، الطبعة الأولى، دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة بغداد، بغداد – العراق، 2005م، ص 112 – 115

05-04-تجربة الصين في مكافحة زحف الرمال:

في السنوات الأخيرة، اتخذت الصين إجراءات متعددة لمكافحة ظاهرة التصحر، تتضمن حدّ العواصف الرملية وتدهور الأراضي، ومواجهة الآثار السلبية لهذه الظواهر وتآكل التربة. وبحلول نهاية عام 2022، تم حماية مساحة تُقدّر بـ 20 مليون هكتار من زحف الرمال. تم أيضاً إنشاء 41 منطقة نموذجية وطنية شاملة لمواجهة زحف الرمال، بالإضافة إلى إنشاء 99 متنزهاً صحراوياً وطنياً. وقد تم بناء حاجز إيكولوجي أخضر، اعتماداً على أسلوب علمي، لمكافحة العواصف الرملية في شمال الصين.

[45] للتغلب على هذه التحديات، قامت محطة نيمان لبحوث التصحر بتطوير تقنية جديدة للتشجير، تعتمد على زراعة الأشجار الطويلة وسقيها بالمياه العميقة، مما يساهم في استدامة الموارد المائية في المناطق الرملية. وقد أظهرت هذه الطريقة تحسيناً فعالاً في بقاء النباتات على قيد الحياة، إذ تمكنت من توفير أكثر من 50% من المياه وزيادة معدل بقاء النباتات إلى ما يقارب 85%، مقارنة بالطرق التقليدية للتشجير وزراعة الأعشاب.

اولدينا في الصورة التالية أحد أطول الطرق الصحراوية في العالم في دولة الصين طريق تدشين الذي كان مهدد بخطر زحف الرمال ومع التقنيات والتجارب التي أقيمت عليه قضي على ظاهرة الترمل.

الصورة رقم 20: الحماية من زحف الرمال على حواف الطريق في صحراء تاكلامكان في الصين



المصدر: (hiddenunseen.blogspot.com) (2018)

[45] تقرير صحيفة الشعب اليومية، طريق تريم مشروع وهب الحياة لصحراء تاكماليكان اونلاين سنة 2020.

من خلال هذه التجربة، يمكن استخلاص السلبيات والايجابيات لكل تجربة:

- تجربة الصين (حزام الأشجار الأخضر):

الإيجابيات: فعالية عالية في تثبيت مساحات شاسعة وتغيير المناخ الدقيق للمناطق المتصحرة.

السلبيات: استهلاك مفرط للموارد المائية، تكاليف صيانة مرتفعة، والحاجة إلى كثافة بشرية كبيرة.

- تجربة دول مجلس التعاون الخليجي:

الإيجابيات: سرعة فائقة في تثبيت الرمال وقدرة عالية على تحمل الظروف المناخية القاسية.

السلبيات: استخدام مواد كيميائية اصطناعية قد تلوث التربة وتضر بالتنوع البيولوجي على المدى الطويل، بالإضافة إلى تكاليفها المرتفعة.

- تجربة ليبيا وموريتانيا (الحلول الميكانيكية والتقليدية):

الإيجابيات: حلول منخفضة التكلفة، سهلة التنفيذ، وقريبة من طبيعة البيئة المحلية.

السلبيات: هشاشة المواد المستخدمة أمام الرياح العاتية وقصر عمرها الافتراضي، مما يستوجب تجديدها بشكل مستمر.

خلاصة الفصل الثاني:

تلخص الدراسة في هذا الفصل إلى أن استراتيجيات مكافحة زحف الرمال قد تطورت من مجرد تدخلات تقنية بسيطة إلى منظومة علمية متكاملة، حيث أظهرت الدراسة النظرية لتقنيات التثبيت الميكانيكية دورها المحوري كحل عاجل وأولي لكسر حدة الرياح، إلا أن الاستدامة الحقيقية تكمن في الدمج بينها وبين المواد المثبتة. وقد كشف الاستعراض المقارن للمواد الكيميائية والطبيعية عن توجه عالمي متزايد نحو الحلول الحيوية نظراً لملاءمتها البيئية العالية وقدرتها على التحلل دون الإضرار بالنظم الإيكولوجية الهشة. كما خلصنا إلى أن اختيار المادة المثبتة المثالية هو قرار استراتيجي يخضع لمعايير تقنية واقتصادية وبيئية صارمة، وهو ما أكدته التجارب العالمية الناجحة التي أثبتت أن النجاح في حماية الواحات والمناطق الصحراوية لا يتحقق إلا باعتماد "النهج المتكامل" الذي يطوع البحث العلمي لابتكار مواد مثبتة صديقة للبيئة ومنخفضة التكاليف، مما يفتح آفاقاً واعدة لتطبيق هذه النظريات في معالجة إشكالات التصحر بطرق أكثر كفاءة وديمومة.

الجانب التطبيقي

تمهيد الفصل الثالث

- **تقديم منطقة الدراسة**

الموقع الجغرافي · البيانات المناخية · التاريخ العمراني

- **تشخيص ظاهرة زحف الرمال**

الرصد والقياس · الخرائط والصور الجوية والأقمار الاصطناعية

- **تحليل البيانات الميدانية**

المسح الميداني · تحليل عينات التربة والرمال

- **تقييم التأثيرات الحضرية**

المباني والبنية التحتية المتضررة · تأثيرات الحركة والمرور · نوعية الحياة

- **تقييم التدخلات الحالية ومحدوديتها**

الحلول القائمة · تبيين نقاط ضعف وقوة الحلول القائمة · الفراغات التدخلية

خاتمة الفصل الثالث

تمهيد الفصل الثالث:

يعد الانتقال من الإطار النظري إلى الدراسة الميدانية خطوة حاسمة لربط المفاهيم التقنية بالواقع المجالي، حيث يهدف هذا الفصل إلى تسليط الضوء على مدينة تيلولين كحالة دراسية تجسد الصراع المستمر بين التوسع الحضري وزحف الرمال. إن فهم الآليات الميدانية لهذا الزحف يتطلب تشخيصاً دقيقاً يبدأ بتعريف الوسط الطبيعي والبشري للمدينة، وصولاً إلى تحليل فيزيائي لظاهرة الترمل التي أصبحت تهدد نسيجها العمراني ونشاطها الواحاتي.

سيعمل هذا الفصل على تفكيك المشهد الحضري لمنطقة تيلولين من خلال عدة محاور أساسية؛ تبدأ بتقديم المدينة وموقعها الاستراتيجي، ثم الانتقال إلى التشخيص التقني للميدان عبر تحليل البيانات المناخية والطبوغرافية التي تساهم في حركة الكثبان. كما سيتم تقييم التأثيرات الحضرية المباشرة على المنشآت والسكنات، مع تسليط الضوء على التدخلات الحالية (سواء كانت ميكانيكية أو حيوية) ومدى استجابتها للتحديات الراهنة. وفي الختام، سنحاول استعراض محدودية هذه الحلول، مما يفتح الباب لضرورة البحث عن بدائل وتقنيات أكثر استدامة وفعالية لمواجهة هذا الخطر الداهم [46].

[46] بن عومر، محمد؛ بوعلام، عبد القادر، أثر زحف الرمال على النسيج العمراني والواحاتي في إقليم توات: دراسة تقنية وميدانية لبلدة تيلولين بأدرار، مذكرة تخرج ماستر، كلية العلوم والتكنولوجيا، قسم الهندسة المعمارية، جامعة العقيد أحمد دراية، أدرار، 2021 ، ص45-62

1_ تقديم منطقة الدراسة:

تُعد ولاية أدرار، الواقعة في قلب الجنوب الغربي الجزائري، تعتر من أهم الولايات الاستراتيجية والاقتصادية في البلاد حيت تتربع على مساحة تقدر ب 427.968 كلم يحدها من الشمال: ولاية تيميمون ولاية غرداية، ومن الجنوب: دولة مالي وموريتانيا، ومن الغرب: ولاية بشار، ومن الشرق: ولاية تمنراست.

يُعد قصر تيلولين واحداً من أعرق القصور المشكلة لإقليم توات بولاية أدرار، وهو يمثل وحدة جغرافية واجتماعية متكاملة تعكس نمط الاستقرار الصحراوي الأصيل. ويندرج القصر إدارياً ضمن بلدية أنجزمير التابعة لدائرة فنغيل، ويحتل موقعاً استراتيجياً في الجهة الجنوبية لعاصمة الولاية أدرار، حيث يبعد عنها بمسافة تقدّر بـ 100 كيلومتر، وأما عن مقر بلدية أنجزمير فيبعد ب 7 كيلومترات[47] .

1_1_الموقع الجغرافي لمنطقة الدراسة(تيلولين) مع التأصيل التاريخي للكلمة:

كلمة "تيلولين" هي كلمة مشتقة من اللغة الأمازيغية (اللهجة الزناتية المنتشرة في إقليم توات وقورارة) المعنى: هي جمع لكلمة "تالولت"، وتعني في اللسان الزناتي القديم "المنابع" أو "العيون الصغيرة"، وأحياناً تطلق على الأراضي السبخة التي تظهر فيها المياه. وترمز في المنطقة إلى القصور التي بنيت حول منابع المياه أو الفقارات[48].

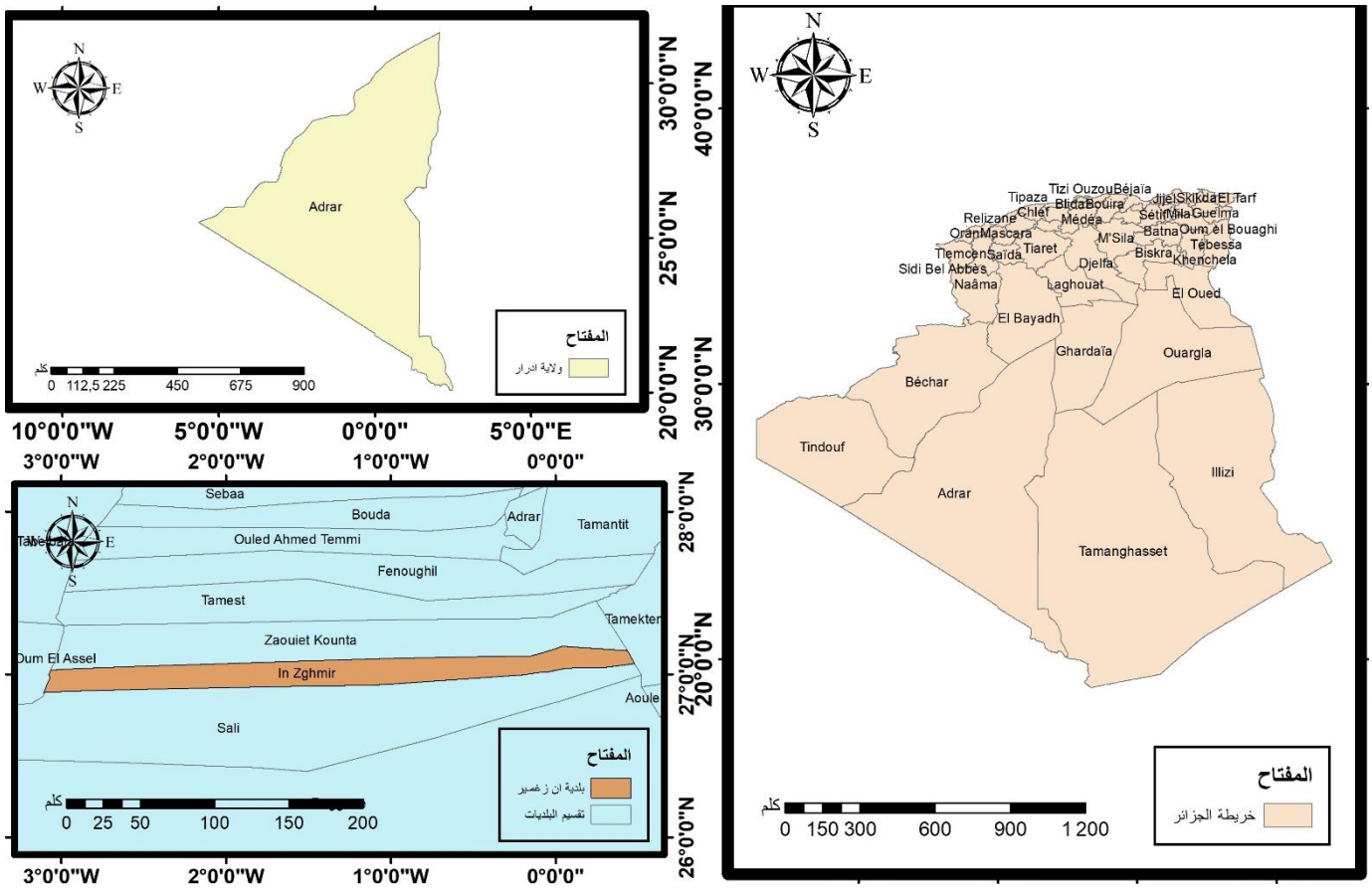
يقع قصر تيلولين في الجهة الجنوبية لولاية أدرار على بُعد 100 كيلومتر من عاصمة الولاية، ويتمتع بموقع استراتيجي بمسافة 7 كيلومترات جنوب مقر بلدية أنجزمير. يمتد القصر على مساحة إجمالية تُقدر بـ 451.5 كيلومتر مربع، ويحده من الناحية الشمالية قصر تيطاوين لخراص، ومن الناحية

[47] بلدية أنجزمير؛ مديرية التعمير والبناء لولاية أدرار، المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير لبلدية أنجزمير PDAU، تقرير تقني، ولاية أدرار – الجزائر، 2024، ص 12

[48] محمد بن بادي؛ توات والتحولات الاجتماعية (دراسة سوسيو-أنثروبولوجية لمنطقة توات)، الطبعة الأولى، الجزء الأول، دار الكتاب الحديث، القاهرة - مصر، 2012، ص 84

الجنوبية بلدية سالي. وبفضل موقعه كمنطقة عبور حيوية بين أدرار ورقان، تم ربطه بالطريق الوطني رقم 6، يُقدر عدد سكان قصر تيلولين حالياً بما يقارب 8,500 إلى 9,000 نسمة[49].

مخطط01: الموقع الجغرافي لمنطقة الواسة



المصدر: من اعداد الطلبة2025

1_2_البيانات المناخية:

يُعدُّ المناخ من العوامل الأساسية والمؤثرة في تواجد البشر، ويعتبر من بين أهم العناصر التي تؤثر على المياه، مما يجعلها تتحكم في نوعية الأنشطة الممارسة في أي منطقة. تؤثر العوامل المناخية بشكل

[49] بلدية أنجزمير؛ مديرية التعمير والبناء لولاية أدرار، المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير لبلدية أنجزمير PDAU، مرجع سابق ذكره 2024

مباشر على الفقارات؛ لذلك، تكتسي دراستها أهمية بالغة. سنتناول في الدراسة المناخية عدة جوانب، منها: درجة الحرارة، الرياح، والتساقط[50].

1_2_1_ الحرارة:

بالاعتماد على بيانات محطة الأرصاد الجوية العالمية (606200 DAUA) الواقعة عند خط عرض 27.88 شمالاً وخط طول 0.28 شرقاً، تظهر القراءات الحديثة لعام 2026/2025 استمراراً في المنحنى التصاعدي لدرجات الحرارة:

المتوسطات السنوية: سجلت المنطقة في السنوات الأخيرة تقارباً ملحوظاً في المتوسطات السنوية، حيث بلغت الذروة في عام 2020 بمتوسط 26.7°م، في حين تشير بيانات عام 2025 إلى استقرار المتوسط السنوي عند 26.9°م، مما يؤكد اشتداد حدة الجفاف.

التباين الفصلي: سجلت درجات الحرارة القصوى في صيف 2025 مستويات قياسية لامست 48°م، بينما شهد شهر أفريل من عام 2026 موجة حرارة مبكرة بمتوسطات نهارية بلغت 37°م.[51]

الجدول رقم 01: يوضح أقصى درجات الحرارة المسجلة في السنوات الاخير

السنوات	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
معدل الحرارة	24.8	25.1	25.5	25.9	26.2	26.4	26.6	26.7	26.8	26.9

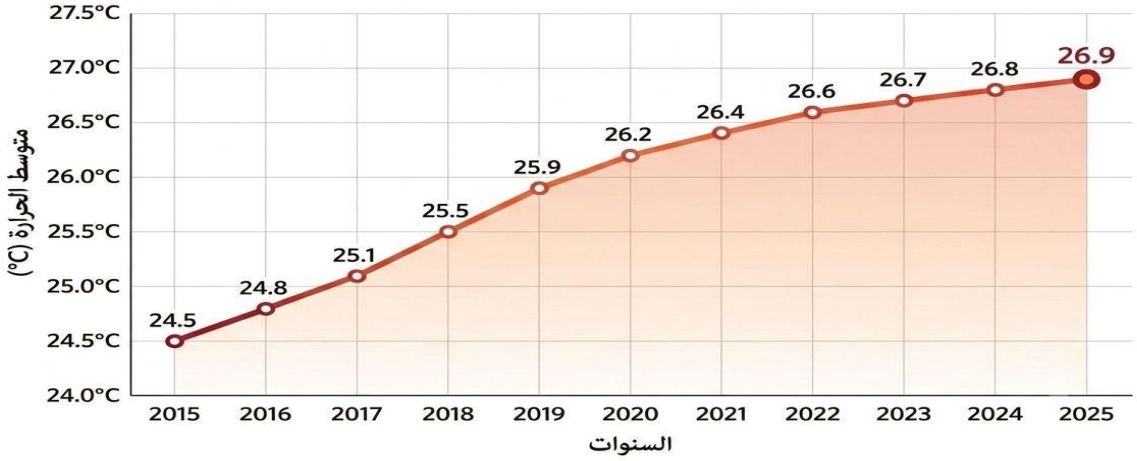
المصدر: من اعداد الطلبة بناء من معطيات محطات الأرصاد الجوية 2025

[50] معطيات محطة ادرار، الديوان الوطني للأرصاد الجوية، للفترة 2025/2019

[51] بن عقبة فوزي 2019 المناخ المحلي واثاره على الراحة الحرارية في سكنات الصحراوية، حالة مدينة ادرار، مجلة الهندسة المعمارية والبيئية، جامعة بسكرة

يسجل الجدول منحى تصاعدياً مستمراً في متوسط درجات الحرارة السنوية. فخلال فترة قصيرة نسبياً (6 سنوات)، ارتفع المتوسط من 24.8°م إلى 26.9°م، وهي زيادة إجمالية قدرها 1.0 درجة مئوية.

الشكل رقم02: منحنى تصاعديا مستمرا فى متوسط درجات الحرارة



المصدر: من اعداد الطلبة 2025

1_2_2_ الرياح:

هي حركة كتل الهواء من مناطق الضغط الجوي المرتفع إلى مناطق الضغط الجوي المنخفض. هذا الانتقال يحدث نتيجة التباين في درجات الحرارة؛ حيث يسخن الهواء في منطقة ما فيتمدد ويرتفع للأعلى (ضغط منخفض)، ليحل محله هواء أبرد وأكثر كثافة من منطقة أخرى (ضغط مرتفع).

الجدول رقم 02: يوضح سرعة الرياح المسجلة في السنوات الأخيرة

السنوات	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
معدل الرياح	3.5	3.8	3.6	4.2	4.5	4.1	4.8	5.1	5.0	5.4

المصدر: احصائيات محطة الطقس لولاية أدرار 2025

1_2_2_1_ملاحظات تحليلية على الجدول:

تجاوز العتبة الحرجة: في عام 2025، تجاوز المتوسط السنوي حاجز الـ 21 كم/ساعة (ما يعادل تقريباً 3.5 إلى 5.4 م/ث). هذا يعني تقنياً أن الرمال في أدرار أصبحت في حالة "تحرك شبه دائم" خلال العام الأخير، مما يفسر زيادة وتيرة زحف الرمال التي قد تكون لاحظتها في تقاريرك الميدانية.

الارتباط بالحرارة: هذا الارتفاع في سرعة الرياح يتماشى مع الارتفاع الذي لاحظناه سابقاً في درجات الحرارة؛ حيث يؤدي تسخين سطح الأرض في أدرار إلى خلق تيارات هوائية أكثر قوة ونشاطاً.

الشكل رقم 03: يوضح أعمدة بيانية مستمرا في متوسط الرياح



المصدر: من اعداد الطلبة+ احصائيات محطة الطقس لولاية أدرار 2025

1_2_2_2_تحليل معطيات الشكل03:

الاتجاه السائد: تهب الرياح في أدرار بشكل رئيسي من الشمال الشرقي (NE) بنسبة تكرار عالية، وهي المسؤولة عن نقل الكثبان الرملية الطولية.

السرعة الحرجة: نلاحظ من المنحنى أن عام 2025 شهد تجاوزاً لسرعة 21 كم/ساعة، مما يعني دخول المنطقة في مرحلة نشاط رملي مكثف.

القوة الناقلة: عند تجاوز هذه السرعة، تنتقل الرياح من مجرد حركة هواء إلى "وسيط ناقل" يقوم بعمليات النحت والنقل والترسيب.

1_2_2_3_أنواع الرياح السائدة في المنطقة:

تنقسم الرياح في منطقة أدرار والجنوب الجزائري إلى ثلاثة أنواع رئيسية من حيث المصدر والتأثير:

- **.الرياح الشمالية والشمالية الشرقية:**

الخصائص: هي الرياح الأكثر سيطرة واستمراراً طوال العام.

التأثير: تُعرف بأنها "الرياح البانية" للكثبان الرملية. هي المسؤول الأول عن رسم اتجاه حركة الرمال نحو التجمعات السكانية في أدرار، وتتميز بكونها جافة وقوية بما يكفي لنقل الرمال لمسافات طويلة.[52]

- **رياح "الشهيلي(السيركو):**

الخصائص: رياح جنوبية أو جنوبية غربية، حارة جداً وجافة، تنشط خاصة في فصلي الربيع والصيف.

[52] بوزاهر سليمان، ديناميكية الرمال واثارها على المنشئات الحضرية في إقليم توات،2015.

التأثير: تؤدي إلى انخفاض حاد في الرطوبة وارتفاع مفاجئ في درجات الحرارة. تتسبب في عواصف رملية "عالية" تقلل الرؤية إلى مستويات دنيا وتؤثر سلبياً على جودة الهواء داخل المدينة.[53]

- **الرياح الغربية (الغربي):**

الخصائص: أقل تكراراً من الرياح الشمالية الشرقية.

التأثير: غالباً ما تكون محملة بالأتربة، وتلعب دوراً في إعادة تشكيل الكثبان الرملية العرضية، مما يزيد من تعقيد عملية التنبؤ بحركة الرمال حول المنشآت الحضرية.

1_2_3_ التساقط:

هو الحلقة المكملة لفهم التحديات البيئية، حيث ان المناطق الصحراوية لا تقاس أهمية التساقط بكميته فقط، بل بندرة حدوثه وشدة تبخره. حيث يتميز التساقط في منطقة الدراسة بكونه نادرا، فجائيا وغير منتظم، اد يتراوح غالبا ما بين 15 الى 20 ملم سنويا، وهذا بسبب الحرارة المرتفعة، فان قطرات المطر قد تتبخر قبل وصولها للسطح او فور ملامستها له مما يجعل الميزان المائي سالبا دائما.[54]

الجدول رقم 03: يوضح كمية التساقط في السنوات الأخيرة

السنوات	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
معدل التساقط	38.0	52.5	29.1	61.4	41.3	22.0	35.6	18.5	48.2	15.3

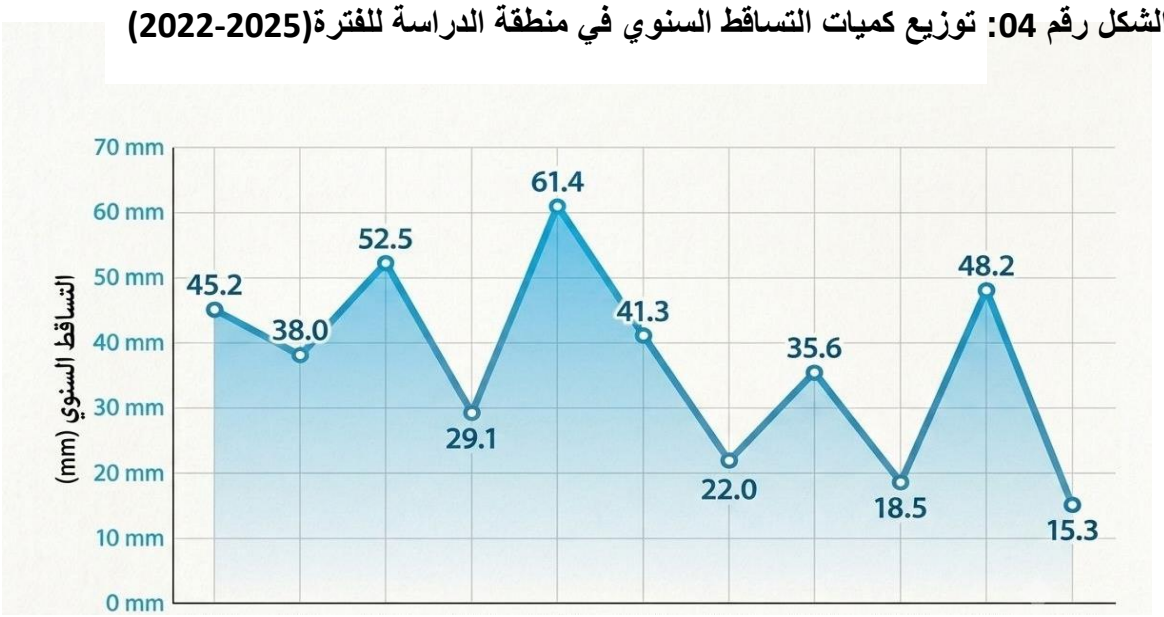
المصدر: الديوان الوطني للأرصاد الجوية احصائيات المناخ لمحطة ادرار 2025

نلاحظ في الجدول ان كميات تساقط الامطار لا تتجاوز 15 ملم سنويا في علم المناخ، تعتبر المنطقة التي يقل تساقطها عن 100 ملم منطقة قاحلة جدا، وهو ما يفسر عدم تماسك التربة في المنطقة.

[53] دبوزة محمد، التغيرات المناخية وظاهرة التصحر في الجزائر، دار الهدى للطباعة والنشر والتوزيع، 2018.

[54] الوكالة الوطنية للموارد المائية التقرير الهيدرولوجي للمناطق الصحراوية، بناء على المعطيات المناخية

الشكل رقم 04: توزيع كميات التساقط السنوي في منطقة الدراسة للفترة(2022-2025)



المصدر: من اعداد الطلبة بناء على احصائيات المحطة المناخية لولاية اوار 2025

يمثل الشكل 04 أعمدة بيانية توضح كمية التساقط السنوي حيث نلاحظ انه لا تتجاوز عتبة 15 ملم، مع تسجيل أدنى قيمة في عام 2023، ان هذا النقص الحاد في الموارد المائية، مقترنا بمعدلات تبخر عالية يؤدي الى غياب الغطاء النباتي الطبيعي وتفكك حبيبات التربة مما يجعلها عرضة للنقل الريحي وزحف الرمال نحو الأوساط الحضرية.

1_3_ التاريخ العمراني:

تكتسي دراسة التطور العمراني لقصر تيلولين أهمية استراتيجية في فهم الامكانيات الجغرافية والحضرية، حيث يتيح تتبع مسار نموها رسم خارطة طريق للتوسع المستقبلي للمدينة؛ ففي البداية، تشكلت النواة الأولى للقصر بناءً على توافق هندسي مع الطبيعة الصحراوية الصعبة، حيث لعبت "الفقارات" والروابط القبلية دوراً محورياً في توجيه النمو العمراني البدائي وتحديد مواقع السكن بالقرب من مصادر الرزق في الواحات .

ومع حلول الفترة الاستعمارية (1930–1962)، شهد القصر تحولاً تنظيمياً من خلال رسم المحاور الرئيسية التي مهدت لظهور نسيج حضري أكثر تلاصقاً، لاسيما في المناطق الفسيحة مثل "الرحبات"، مما أدى إلى تكثيف الكتلة المبنية وتغير ملامح النواة القديمة.

أما مرحلة ما بعد الاستقلال (1963–1985)، فقد مثلت منعطفاً ديموغرافياً وعمرانياً حاداً، تميز ببروز ازدواجية في نمط البناء؛ حيث استمر استغلال القصور التقليدية توازياً مع إقحام مواد بناء معاصرة كالأسمنت المسلح، وهو ما أفرز توسعاً مجالياً رأسياً نحو الجهة الجنوبية لغزو الأراضي الفلاحية المحيطة بالواحة، مما وضع السلطات أمام تحديات تقنية جديدة استلزمت توفير تجهيزات عمومية وخدماتية لمواكبة هذه الكثافة المتسارعة وتأطير السكن الذاتي الذي أصبح النمط المهيمن لتلبية احتياجات المواطنين المتزايدة.

شهدت هذه الفترة (من 2001 الى يومنا هذا) تحولاً جذرياً في الديناميكية العمرانية لقصر تيلولين، مدفوعة بالنمو الديموغرافي المتسارع والحاجة الملحة لاستيعاب التوسع السكاني. فبعد أن كان النسيج العمراني للقصر محصوراً جغرافياً بين امتداد الكثبان الرملية شمالاً ونطاق الواحة جنوباً، بدأت ملامح القصر تتغير لترسم وجهاً حضرياً جديداً؛ حيث أدت هذه الحركية إلى بروز نواة عمرانية حديثة اصطلح على تسميتها بـ "تيلولين الجديدة" حيث تم كسر الحصار الجغرافي بين الكثبان شمالاً والواحة جنوباً.

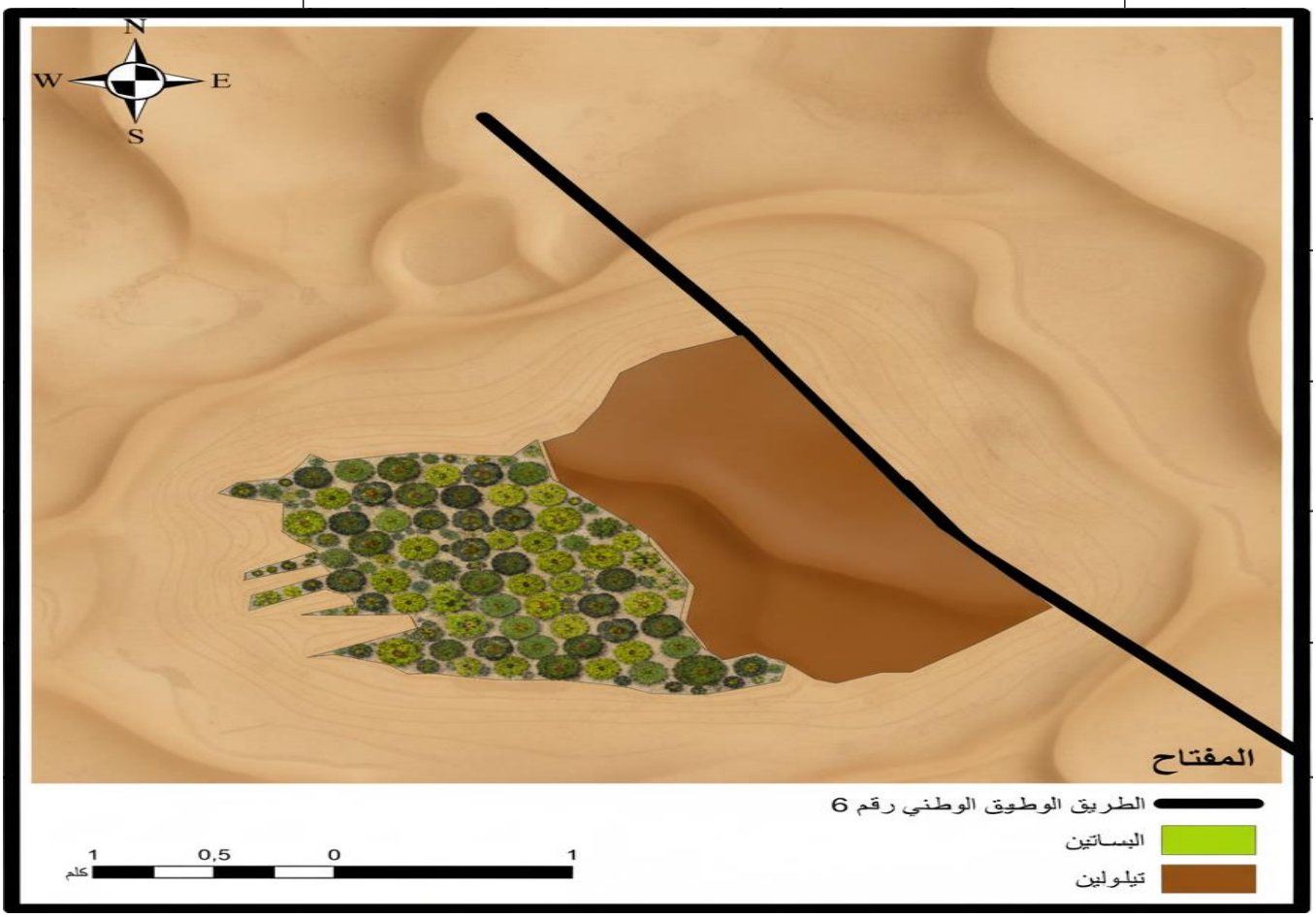
وتجسد من خلال هذا التوسع مشاريع سكنية وعمرانية مهيكلة، لعل أبرزها إنشاء وحدات عمرانية حديثة تندرج ضمن مخططات التهيئة، مثل الحي الوطني رقم 6، بالإضافة إلى تعزيز العرض السكني عبر إنجاز 12 وحدة سكنية اجتماعية إيجارية، و730 وحدة سكن ريفي، إلى جانب تخصيص 130 قطعة أرضية مهيأة (تجزئة عقارية) ووحدات سكنية وظيفية مخصصة للموظفين. وتستمر هذه الديناميكية حتى

عام 2025 من خلال دمج تقنيات حضرية تهدف إلى موازنة التوسع العمراني مع الحفاظ على الخصوصية البيئية للمنطقة، وتوفير التجهيزات الضرورية لمواكبة المتطلبات المعاصرة للسكان.[55]

2_ تشخيص ظاهرة زحف الرمال في منطقة الدراسة:

تتمثل ظاهرة زحف الرمال بمدينة تيلولين في زحف نشط للتشكيلات الرملية القادمة من العرق الغربي الكبير، مما أحدث اختلالاً توازنياً بين الوسط الطبيعي والنسيج العمراني، تجسد في طمر المنشآت القاعدية وتهديد استدامة النظم الواحاتية تحت تأثير الرياح السائدة[56].

مخططرقم 02: تشخيص ظاهرة زحف الرمال بمدينة تيلولين



المصدر: معالجة الطالبة عن Google Earth

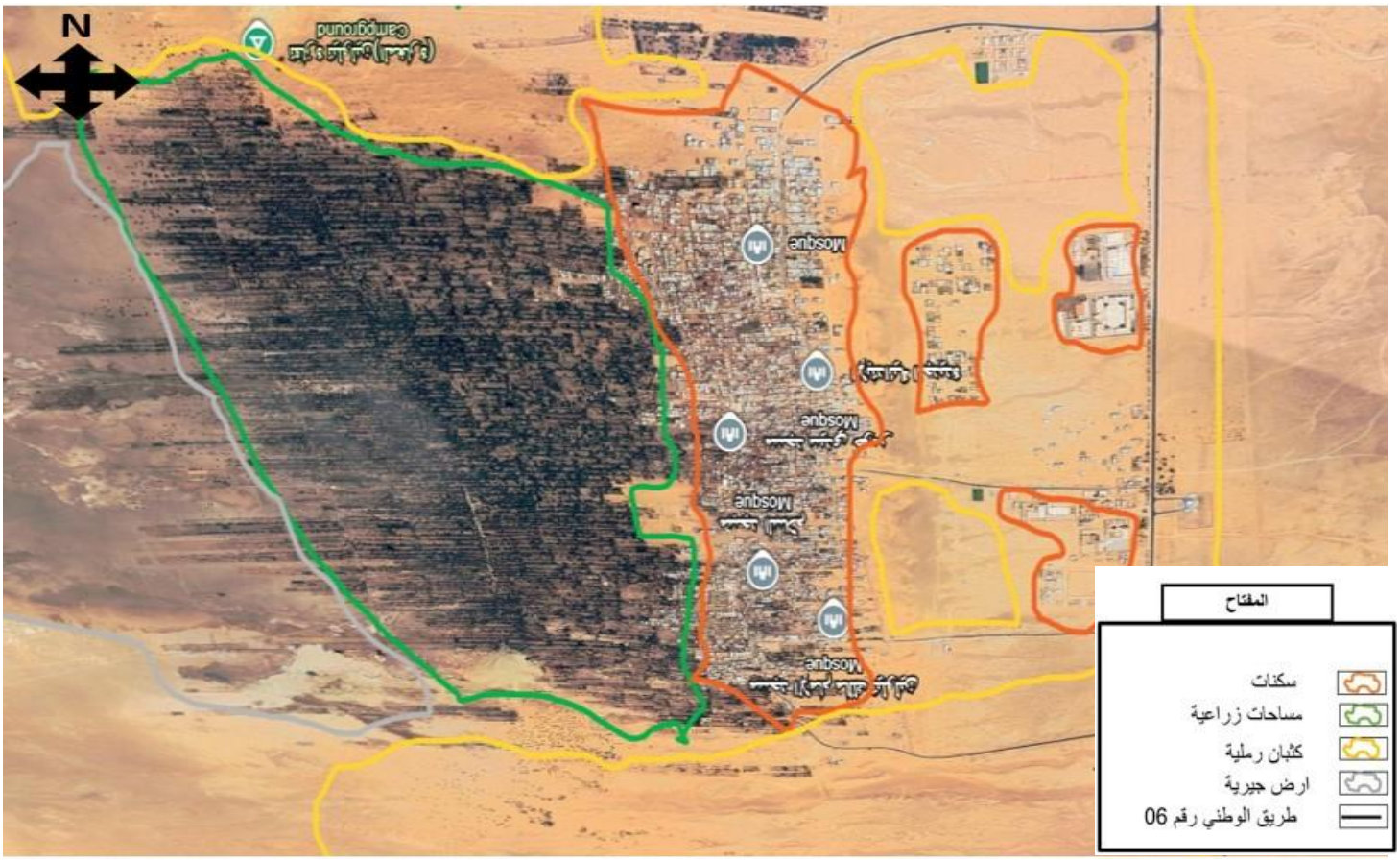
[55] بوزاهر سليمان2015 ديناميكية الرمال واثارها على المنشئات الحضرية في إقليم توات

[56] لشهب، مريم؛ قدوري، فاطمة، أثر العوامل المناخية على زحف الرمال في إقليم توات: دراسة حالة قصر تيلولين بولاية أدرار، مذكرة لنيل شهادة الماستر، كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية والعلوم الإسلامية، قسم الجغرافيا والتهيئة الإقليمية، جامعة العقيد أحمد دراية، أدرار، 2019، ص. 24

02_01: الرصد والقياس:

02_01_01_ تراكم الرمال: لغرض فهم الديناميكية المكانية لظاهرة زحف الرمال وتحديد نقاط التماس الحرجة مع النسيج الحضري لمدينة تيلولين، تم الاعتماد على تقنيات الاستشعار عن بعد والمعاينة الميدانية الدقيقة. تهدف عملية الرصد هنا إلى وضع خريطة تشخيصية تحدد بدقة نطاقات الانتشار الرملي ومسارات زحفها تجاه التجمعات السكنية والمساحات الزراعية. من خلال تحليل صور الأقمار الصناعية المحدثة (Google Earth) ومعالجتها، تمكنا من رصد العلاقة الجدلية بين "جبهة الرمال" والحدود العمرانية، وهو ما يظهره الشكل الموالي الذي يوضح التوزيع الجغرافي للمخاطر الرملية المحيطة بمنطقة الدراسة.

صورة رقم 21 توضح: التوزيع الجغرافي للكثبان الرملية والمجالات السكنية والزراعية بمنطقة تيلولين.

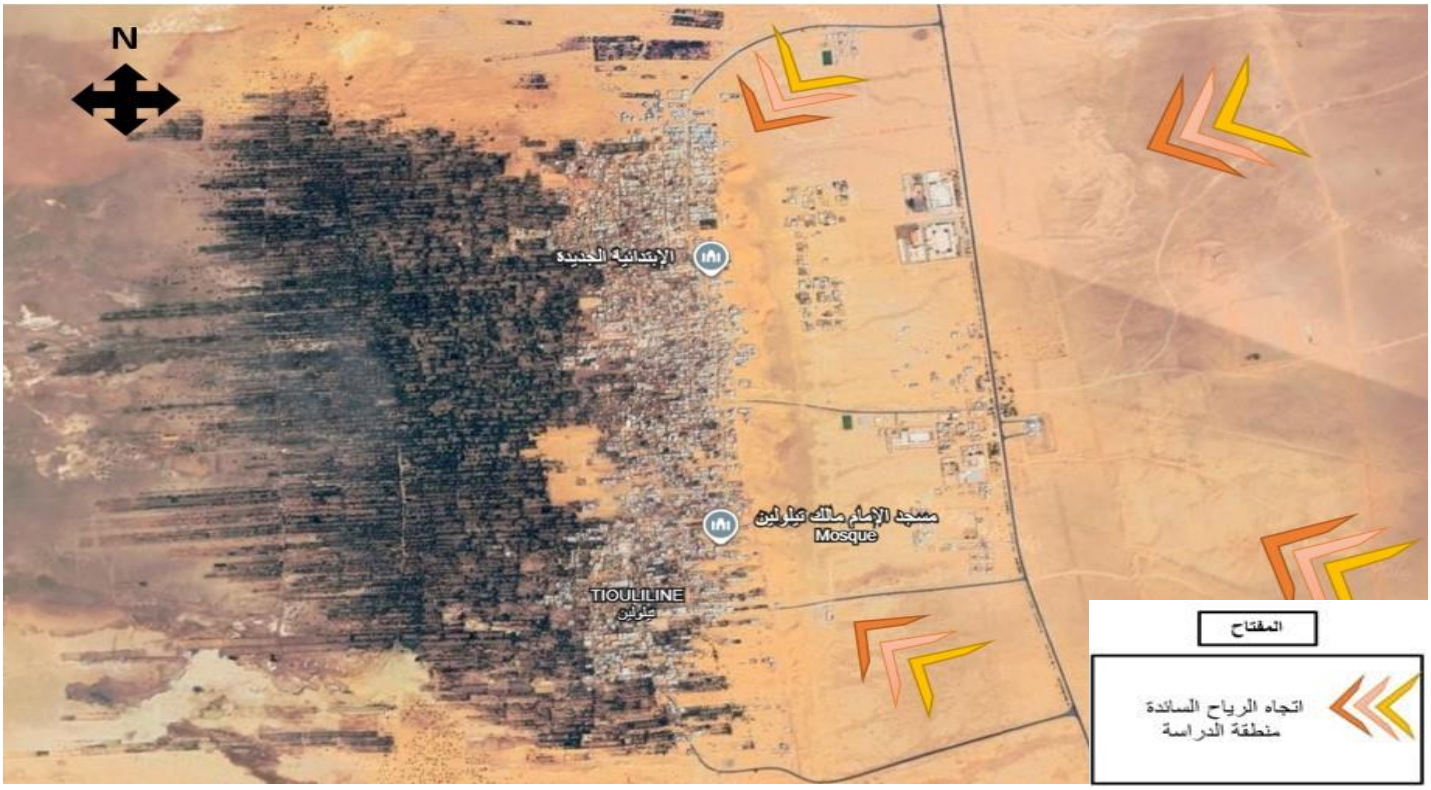


المصدر: Google Earthمعالجة الطلبة

توضح الصورة رقم 21 تشخيصاً مكانياً لمنطقة الدراسة بتيلولين، حيث يظهر التداخل الحرج بين النسيج العمراني ونطاقات الكثبان الرملية النشطة. يبرز هذا التوزيع الجغرافي خطورة الزحف الرملي الذي لم يعد يهدد الأطراف فحسب، بل بدأ في التغلغل بين الوحدات السكنية والضياع الزراعية، مما يستوجب حلاً تقنياً يثبت هذه الكثبان في مواضعها الأصلية قبل وصولها للمباني.

02_01_02: الرياح السائدة في المنطقة: تعتبر الرياح العامل الديناميكي الأول والمسؤول المباشر عن ظاهرة زحف الرمال في إقليم أدرار بصفة عامة، ومنطقة تيلولين بصفة خاصة. إن فهم خصائص الرياح من حيث الاتجاه، السرعة، والتكرار يعد أمراً جوهرياً لتحديد مسارات النقل الرملي ونقاط التراكم الحرجة. ومن خلال المعطيات المناخية المرصودة وخريطة 'وردة الرياح' الخاصة بالمنطقة يمكننا تحديد الاتجاهات السائدة التي تساهم في تغذية جبهات الزحف الرملي نحو القصر والواحات، مما يوفر قاعدة بيانات علمية لتوجيه عمليات الرش والتثبيت بالمنتوج المبتكر في الأماكن الأكثر عرضة للتعرية الريحية".

الصورة رقم 22 توضح: الرياح السائدة والمسببة لظاهرة زحف الرمال في إقليم أدرار (منطقة تيلولين).



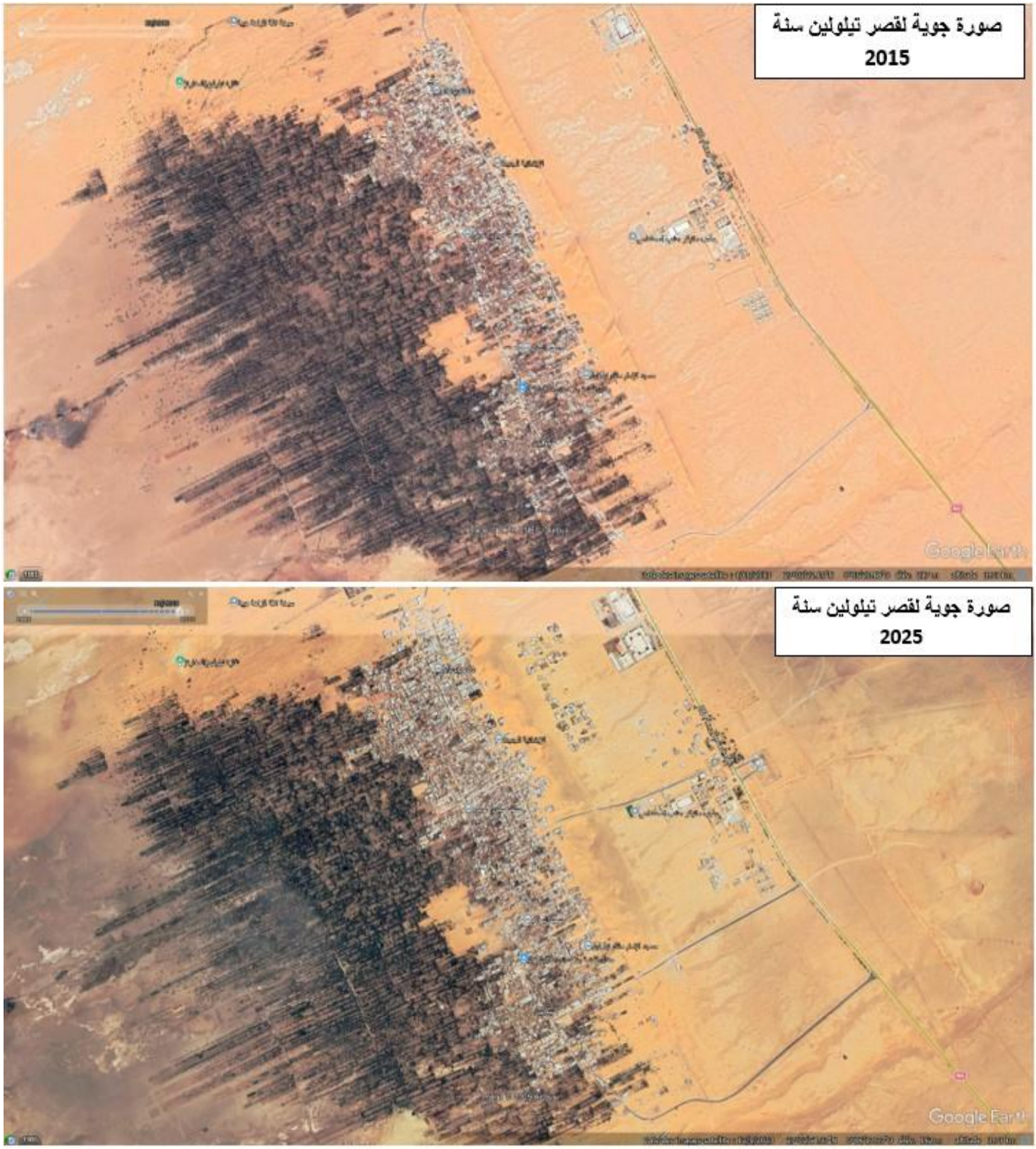
المصدر: Google Earthمعالجة الطلبة

من خلال القراءة التحليلية للصورة رقم 22 الموضحة أعلاه، يمكن استخلاص المؤشرات التالية التي تحكم ديناميكية زحف الرمال في منطقة الدراسة:

- **تحديد الاتجاهات المحركة :(Vents Directeurs)** تظهر الخريطة بوضوح سيطرة الرياح القادمة من القطاع **الشمالي والشمالي الشرقي(N–NE)** ، وهي الرياح المعروفة محلياً بقوتها وقدرتها العالية على حمل وإزاحة الحبيبات الرملية من المناطق المفتوحة باتجاه القصر والواحات.
- **علاقة الرياح بتراكم الكثبان** :يتطابق اتجاه الرياح السائدة الموضح في هذه الخريطة مع "زوايا التراكم" المرصودة في خريطة منطقة الدراسة السابقة؛ حيث تعمل هذه الرياح على دفع الرمال لتتراكم في الواجهات الشمالية للمباني والطرق.

02_02: الخرائط والصور والاقمار الصناعية لمنطقة الدراسة: اعتمدنا في دراستنا لتطور الوسط الحضري والبيئي لقصر تيلولين على تقنية المقارنة الزمنية باستخدام صور الأقمار الصناعية Google (Earth) والخرائط الجوية لفترتين زمنيتين متباعدتين (2015،2025). الهدف هو قياس مدى اتساع رقعة الرمال وتأثيرها على النسيج العمراني والمساحات الخضراء.

الصورة رقم 23 توضح التطور الوسط الحضري لمنطقة الدراسة لفترتين زمنيتين مختلفتين.



المصدر: Google Earthمعالجة الطلبة

من خلال تحليل الصورة رقم 23 نلاحظ التغيرات المجالية التالية:

- **توسع النسيج العمراني** :شهدت المنطقة نمواً عمرانياً ملحوظاً، تمثل في ظهور مرافق عمومية حيوية (مثل المدرسة الابتدائية الجديدة ومسجد الإمام مالك) وتوسع السكنات، خاصة في الجهات الشمالية والشرقية.
- **ديناميكية زحف الرمال** :نلاحظ من خلال المقارنة البصرية أن الحزام الرملي (الكثبان) قد تقدم بشكل ملموس نحو المناطق المأهولة حديثاً. في سنة 2003، كانت الكثبان بعيدة نسبياً، بينما في سنة 2026 أصبحت الرمال تحاصر الواجهات العمرانية الجديدة والمرافق العمومية.

تؤكد المعطيات الخرائطية أن قصر تيلولين يعيش تحت ضغط بيئي مزدوج؛ توسع عمراني يقابله زحف رملي نشط. هذا الوضع يتطلب تدخلاً تقنياً عاجلاً لتثبيت التربة وحماية الاستثمارات العقارية والمرافق العمومية الجديدة من الاندثار تحت الرمال.

03_ تحليل البيانات الميدانية:

بعد مرحلة الرصد والقياس باستخدام الخرائط والصور الجوية، تأتي مرحلة تحليل البيانات الميدانية لترجمة هذه المؤشرات إلى معطيات تقنية. يهدف هذا التحليل إلى فهم سلوك الرمال في تيلولين وتحديد درجة خطورتها على النسيج العمراني والنشاط الزراعي، مما يسمح بضبط خصائص 'الملحم الحيوي' المقترح ليتناسب مع تحديات المنطقة وهذا من خلال النقاط التالية:

- **تحليل التوزع المكاني للرمال:** من خلال الخريطة المنجزة، نلاحظ أن زحف الرمال في تيلولين لا يتم بشكل متساوٍ؛ حيث تتركز الكثبان النشطة في الجهات التي تغيب فيها المصدات الطبيعية.

- **تحليل العلاقة بين الرياح والنشاط الرملي:** أظهرت البيانات أن سرعة الرياح في المنطقة غالباً ما تتجاوز العتبة الحرجة لتحريك الرمال.
- **تحليل التأثيرات على المنشآت:** كشف التشخيص الميداني عن وجود "تآكل ميكانيكي" في جدران القصر القديم وتراكم رملي يعيق حركة المرور في الطريق الوطني رقم 06.

3_1_المسح الميداني لمنطقة الدراسة: أفرزت المعاينة الميدانية والمسح الطبوغرافي لمنطقة تيلولين وضعاً جيومرفولوجية معقداً، حيث رُصدت أكوام رملية غير منتظمة تنتشر عشوائياً عند المداخل الشمالية للمدينة، وهي بنى هيكلية تفتقر لقمم حادة، مما يؤدي إلى تراكمها المستمر وصعوبة التنبؤ باتجاه تطورها السطحي حول السكنات. وفي المقابل، كشف المسح عن وجود كثبان "البرشان "الهلالية التي تشكل التهديد الأكبر؛ إذ يتوافق شكلها الميكانيكي مع الرياح السائدة (شمالية/شرقية)، حيث زحفت منحدراتها الحادة نحو الأسوار الخارجية والواحات المحيطة بتيلولين نتيجة انهيار الحبيبات الرملية وتراكمها، مما تسبب في غلق جزئي لبعض المسالك الميدانية وتهديد مباشر للمنشآت العمرانية القائمة[57].

3_2_تحليل عينات التربة والرمال: يستند تحليل عينات التربة والرمال بمنطقة تيلولين إلى دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية للحبيبات، وذلك لتحديد منشئها ودرجة تجانسها وقدرتها على التنقل الرياحي، مما يسمح بفهم السلوك الميكانيكي للزحف وتأثيره المباشر على خصوبة الأراضي الواحاتية[58].

[57] بن عومر، محمد، جيومورفولوجية الكثبان الرملية وأثرها على التجمعات السكنية في إقليم توات: دراسة تطبيقية على منطقة تيلولين، مذكرة لنيل شهادة الماستر في الجغرافيا والتهيئة العمرانية، كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية، جامعة العقيد أحمد دراية، أدرار، الجزائر، 2020، ص 88-90

[58] سعيدي، عبد الكريم، التحليل المخبري لرمال الكثبان وأثره في هندسة الحماية بالمناطق الصحراوية، حالة قصر تيلولين، مذكرة لنيل شهادة الماستر في الهندسة الريفية، قسم علوم الأرض، جامعة القاصدي مرباح، ورقلة، الجزائر، 2021، ص54

3_2_1_التحليل الحبيبي:

يُعد حجم الحبيبات المعيار الجوهري في تحديد قابلية الرمال للانتقال بفعل الرياح، ويتم تصنيفها وفقاً للقياسات التالية:

الرمال الناعمة: تتراوح أقطار حبيباتها بين 0.0625 مم و0.2 مم، وهي الأكثر عرضة للنقل لمسافات طويلة حتى في ظل رياح متوسطة السرعة.

الرمال المتوسطة: تتراوح أبعادها بين 0.2 مم و0.63 مم، وتمثل الكتلة الرئيسية للكثبان الرملية الزاحفة.

الرمال الخشنة: تتراوح بين 0.63 مم و2 مم، وتتحرك غالباً عن طريق القفز أو التدحرج السطحي.

الرمال الخشنة جداً: التي تتراوح أبعاد حبيباتها بين 2 مم و5 مم، وتتطلب طاقة رياح عالية جداً لتحريكها، وعادة ما تشكل طبقة واقية فوق السطح.[59]

3_2_2_أنواع تكوينات الرياح:

تستند دراستنا لتحديد أنماط التراكمات الرملية وتوصيف التكوينات الريحية على المصطلحات والتعاريف العلمية المعتمدة وفقاً لتصنيفات (2007)، حيث تم تحليل هذه التشكيلات بناءً على معايير هندسية ومورفولوجية تشمل الحجم، الشكل، والاتجاه السائد، بالإضافة إلى سعة مخزونها الرملي. وتعد الرمال الحرة من أبرز السمات المورفولوجية في منطقة الدراسة، حيث تمثل النمط الأكثر شيوعاً والأكثر تعقيداً في الوقت ذاته، مما يفرض تحديات تقنية كبرى أمام استراتيجيات التسيير الحضري في هذه المناطق الجافة بما أن الرياح هي العامل الديناميكي الأول المسؤول عن تشكيل الكثبان وتوجيه مسارات زحف الرمال، فقد تم تصنيف شدة هذه الظاهرة بناءً على مقاييس السرعة والقوة؛ وحيث إنه يمكن الاسترشاد

[59] القوز محمد 2005، علم الاشكال الأرضية الجيومرفولوجية، دار النهضة العربية

بمقاييس عالمية مثل مقياس (سافير–سيمبسون) لتقييم الأعاصير، يتم تقسيم شدة الرياح العاتية إلى الفئات التالية: [60]

- **الفئة الأولى:** تتراوح سرعة الرياح فيها بين 119 و153 كم/ساعة.
- **الفئة الثانية:** تزداد حدتها لتتراوح بين 154 و177 كم/ساعة.
- **الفئة الثالثة:** تمثل رياحاً شديدة القوة تتراوح سرعتها بين 178 و208 كم/ساعة.
- **الفئة الرابعة:** وهي الفئة الأكثر خطورة، حيث تتجاوز السرعة 209 كم/ساعة وصولاً إلى 251 كم/ساعة.

4_ تقييم التأثيرات الحضرية: تأثير زحف الرمال على النسيج العمراني والحضري: بناءً على المعاينة الميدانية التي أجريت، سيتم تسليط الضوء في هذا المحور على الآثار الناجمة عن زحف الرمال وتراكم الأتربة على مكونات النسيج العمراني، وبالأخص (المباني والطرقات).

4_1_المباني والبنية التحتية المتضررة: بناءً على المعاينة الميدانية، يتضح جلياً حجم الأضرار التي يلحقها زحف الرمال بمكونات النسيج العمراني، ولا سيما الطرق والمباني

4_1_1_المباني: تواجه المرافق السكنية في "القصر" خاصة تلك المتاخمة للكثبان الرملية تهديدات مستمرة تتمثل في تراكم الرمال على الجدران وصولاً إلى طمرها، فضلاً عن العرقلة المباشرة لعمليات البناء. كما تبرز خطورة العواصف الرملية في دورها الفعال في تآكل ونحت واجهات المساكن، وتزداد هذه الحدة في الأبنية المشيدة من الطوب الهش، وهو ما توثقه المعاينة الموقعية التي تظهر تدهور الحالة العمرانية نتيجة الزوابع المتكررة كما هو موضح في الصور التالية:

[60] بوزاهر سليمان 2015، ديناميكية الرمال واثارها على المنشئات الحضرية في إقليم ادرار (أطروحة دكتورة) جامعة ورقلة

الصور رقم 25_26_27_28: توضح المباني المتضررة بظاهرة زحف الرمال



الصورة رقم 25



الصورة رقم 26



الصورة رقم 27



الصورة رقم 28

المصدر: من التقاط الطلبة 2026

4_1_2_ شبكة الطرق والمسالك:

اظهرت المعاينة الميدانية أن زحف الرمال يمثل عائقاً حيوياً أمام حركة التنقل داخل النسيج العمراني، حيث تؤدي الرياح والزوابع إلى تراكم الكثبان الرملية على محاور الطرق الرئيسية والفرعية، مما يتسبب في طمرها وتلاشي معالمها بشكل تدريجي. هذا التراكم لا يعيق حركة المركبات والمشاة فحسب، بل يرفع من تكاليف الصيانة الدورية ويؤدي إلى عزلة بعض الأحياء السكنية، خاصة في المناطق التي تفتقر إلى حواجز صد الرياح، مما يحول الطرق إلى مسارات غير سالكة تهدد سلامة المستخدمين وتعرقل وصول الخدمات الأساسية كما هو موضح في الصور التالية:

الصور رقم .29_30_31_32.: توضح الضرر الذي خالفته الظاهرة لشبكة الطرق والمسالك



الصورة رقم: 28



الصورة رقم: 29



الصورة رقم: 30



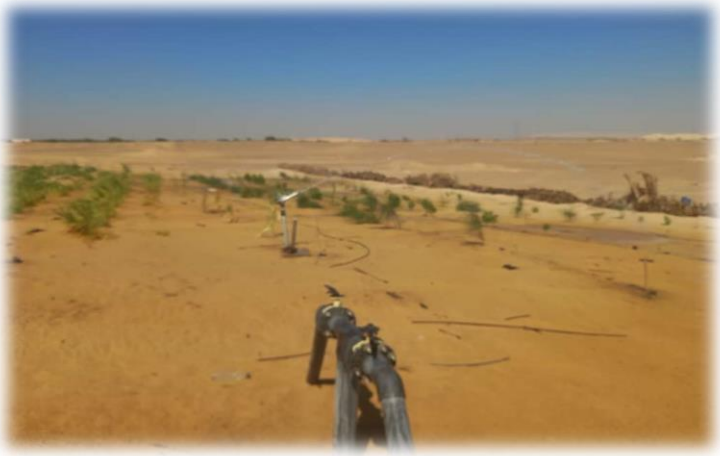
الصورة رقم: 31

المصدر: من التقاط الطلبة 2026

4_1_3_ على مستوى الواحات:

أدت زحوف الرمال إلى أضرار واضحة في الواحات المحيطة، حيث تسببت الرياح القوية في دفن قنوات السقي بالرمال، مما منع وصول الماء للنباتات. كما تراكمت الأتربة بكثافة حول جذوع النخيل والأشجار، وهو ما يؤدي مع الوقت إلى موتها أو ضعف إنتاجها. بالإضافة إلى ذلك، فإن تراكم الرمال فوق التربة الزراعية غيّر من طبيعتها وجعل الزراعة فيها صعبة جداً، مما يهدد بضياع هذه الواحات واختفاء الأشجار التي تحمي المنطقة من الحرارة والرياح.

الصور رقم 33_34_35_36: توضح الاضرار التي خلفتها ظاهرة زحف الرمال على مستوى الواحات



الصورة رقم: 34



الصورة رقم: 33



الصورة رقم 36



الصورة رقم: 35

المصدر: من التقاط الطلبة 2026

5_ التقييم التدخلات الحالية ومحدوديتها:

5_1_ الحلول القائمة في المنطقة حاليا لمواجهة ظاهرة زحف الرمال:

5_1_1_ القيام بحواجز صناعية (افراق او الزرب): يُعد "الزرب" من أقدم الحلول التقليدية وأكثرها شيوعاً في المناطق الصحراوية لمواجهة زحف الرمال، وقد استُخدم قديماً لتأمين مواقع بناء المنازل واستقرارها. تعتمد هذه الطريقة على استغلال مخلفات النخيل، وبالأخص

"الجريد اليابس"، حيث يتم رص أوراق النخيل وتثبيتها بإحكام في الرمال باستخدام دعامات من نفس المصدر، ثم تُنسج مع بعضها البعض لضمان تماسكها أمام الرياح القوية. تكمن أهمية هذا الحاجز النباتي في قدرته العالية على كسر حدة الرياح وتقليل سرعتها، مما يساهم بشكل فعال في صد الرمال المتطايرة ومنع تراكمها داخل الواحات والمناطق السكنية.[61]

5_1_2_ جدران الطوب: تُعد جدران الطوب أو ما يُعرف محلياً بـ "حيط الطين"— من أبرز الحلول الإنشائية التقليدية المستخدمة في المناطق الصحراوية. يتم تشييد هذه الجدران يدوياً باستخدام مواد خام طبيعية تعتمد أساساً على الطين، وتُستخدم كفواصل مادية وسواتر لحماية المساحات العمرانية والزراعية. وبالإضافة إلى وظيفتها التنظيمية، تلعب هذه الجدران دوراً حيوياً كـ مصدات ميكانيكية تعمل على كسر حدة الرياح واعتراض زحف الرمال، مما يقلل من تراكم الأتربة داخل النسيج العمراني أو خلف أسوار البساتين والواحات. [62]

[61] بونافع محمد،2020 تقييم فعالية الحواجز الميكانيكية والبيولوجية في الحد م زحف الرمال بالمناطق الصحراوية: دراسة حالة حوض توات، مجلة الواحات للبحوث والدراسات، جامعة غرداية.

[62] دبيش سالم، دور الاحزمة الخضراء في حماية الواحات من ظاهرة الترمل: دراسة تحليلية مجلة تنمية الموارد البشرية، جامعة بشار 2019

الصور رقم 37_38_39_: توضح جدران حماية المحاصيل الزراعية



الصورة رقم: 37



الصورة رقم :38



الصورة رقم: 39

المصدر: من التقاط الطلبة 2026

5_1_3_ المصدات الحية والغطاء النباتي الواقي:

تعتمد استراتيجية المكافحة البيولوجية لظاهرة زحف الرمال في المنطقة على إنشاء أحزمة نباتية متكاملة تعمل كمصدات طبيعية للرياح، حيث يلعب النخيل الدور المحوري كخط دفاع أول بفضل ارتفاعه وكثافة سعفه التي تساهم في تشتيت طاقة الرياح العالية. ويتم تدعيم هذه المنظومة بزراعة أشجار غابية ذات خصائص تقنية محددة، مثل قدرتها العالية على تحمل الجفاف وملوحة التربة، مما يساعد في إنشاء "غربال" نباتي يحجز الذرات الرملية المتطايرة. وفي المستويات السفلى، يتم الاعتماد على النباتات

والشجيرات الشوكية والمحلية، التي تعمل بفضل تفرعاتها القريبة من سطح الأرض على تثبيت الرمال ومنع تحرك الكثبان الزاحفة نحو الواحات والقصور؛ وتُشكل هذه المستويات الثلاثة (النخيل، الأشجار، والنباتات الشوكية) منظومة بيئية متكاملة تهدف إلى خفض التعرية الريحية وحماية النسيج العمراني من الطمر، شريطة توفر نظام سقي مستدام يضمن بقاء هذه المصدات الحية.[63]

الصورة رقم -41-40 توضحان المصدات الحية ودورها في تعطيل زحف الرمال



الصورة رقم41



الصورة رقم 40

المصدر: من التقاط الطلبة 2026

[63] بن لحكل عبد القادر.2021. دور التقنيات التقليدية في حماية القصور والواحات من زحف الرمال في إقليم توات. أطروحة دكتورة، كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية. جامعة الجزائر 02.

5_2_ تبيين نقاط ضعف وقوة الحلول القائمة:

تتنوع أساليب التدخل الحالية في منطقة الدراسة بين حلول ميكانيكية تقليدية وأخرى بيولوجية، حيث يبرز

"**افراق**" **(الزرب)** : كخيار استراتيجي من الناحية الاقتصادية والبيئية لسهولة تنفيذه باستخدام مخلفات النخيل، إلا أن فعاليته تظل محدودة زمنياً بسبب التحلل العضوي السريع والحاجة للصيانة الدورية.

يتميز "**جدار الطوب**" **(حيط الطين)**: بقدرة ميكانيكية عالية وصلابة في صد الرياح والرمال، مما يوفر حماية فورية للقصور، لكنه يعاني من مشكلة التآكل المستمر (النحت الريحي) وصعوبة إزالته أو نقله بمجرد طمره بالرمال.

أما المصدات الحية (غرس الأشجار والنخيل): فتمثل الحل الأكثر استدامة وقدرة على تحسين المناخ الصغري للمنطقة، غير أن نجاحها يواجه تحديات تقنية كبرى، أهمها الاستهلاك المرتفع للموارد المائية المحدودة وبطء نموها الذي يجعلها عرضة للطمر في مراحلها الأولى. ومن خلال هذه المقارنة، يتضح وجود فجوة تقنية بين الحلول المؤقتة سريعة التنفيذ والحلول الدائمة المكلفة مائياً، مما يستوجب البحث عن بدائل تجمع بين سرعة التثبيت الميكانيكي والاستدامة البيئية دون استنزاف الموارد المائية.[64]

[64] بونافع محمد.2020. دراسة مقارنة لتقنيات مكافحة الترمل في الواحات الجزائرية. مجلة المناطق الجافة. جامعة ورقلة

خلاصة الفصل الثالث:

نستخلص من خلال الدراسة الميدانية والتشخيص الذي شمل النسيج العمراني والمنظومة الواحاتية بقرية تيلولين، أن المنطقة تواجه تحدياً بيئياً وتقنياً متزايداً ناتجاً عن ظاهرة زحف الرمال. فقد أظهرت المعاينة الميدانية أن التدخلات الحالية —رغم تنوعها بين مصدات تقليدية كـ "الأفراق" وجدران الطين، ومصدات بيولوجية كالأحزمة الخضراء— تظل غير كافية لمواجهة ديناميكية الرياح القوية في إقليم توات؛ فهي إما حلول مؤقتة سريعة التحلل، أو حلول دائمية تفتقر لموارد المياه المستدامة.

إن تدهور حالة الطرقات، وطمر واجهات المباني، واختناق قنوات الري بالرمال، كلها مؤشرات تؤكد أن المقاربة الكلاسيكية لمكافحة التصحر قد بلغت حدودها القصوى. وبناءً عليه، فإن الضرورة التقنية تفرض الانتقال من استراتيجية "صد الرمال" الميكانيكية إلى استراتيجية "تثبيت مصدر الرمال" باستخدام تقنيات أكثر استدامة وفعالية. وهذا ما سيتم معالجته في الفصل القادم، من خلال اقتراح حلول مبتكرة تعتمد على البوليمرات الحيوية والمواد المستدامة، كبديل تقني يجمع بين الكفاءة الميدانية والاحترام البيئي، بما يتماشى مع توجهات المؤسسات الناشئة في تطوير تقنيات العمران الصحراوي.

تمهيد الفصل الرابع

❖ **حديد المادة المثبتة المقترحة وتبرير الاختيار**

المعايير التقنية، التوافر المحلي، الاستدامة البيئية

❖ **الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمادة**

مستوى الالتصاق، مقاومة الرياح، النفاذية للماء والهواء

❖ **طرق التطبيق والجرعات المثلى**

أسلوب الرش، الطمر السطحي، التطبيق بالتركيز المناسب

❖ **مدى الفعالية والمتانة الزمنية**

اختبارات المعمل، محاكاة الظروف المناخية، دورة الحياة

❖ **التكامل مع تسيير المدينة**

دمج المادة في مخطط التهيئة، التكامل مع الفضاءات الخضراء

خاتمة الفصل الرابع

تمهيد الفصل الرابع:

يُشكل هذا الفصل الحجر الأساس في هذه الدراسة، حيث يمثل المرحلة الانتقالية من التوصيف النظري والتشخيص الميداني لإشكالية زحف الرمال في إقليم أدرار، إلى مرحلة بلورة الحل التقني والهندسي المبتكر. إن مواجهة التحديات المناخية المتطرفة في المناطق الصحراوية لم تعد تقتصر على الحلول التقليدية المكلفة أو المؤقتة، بل أصبحت تستوجب ابتكار مواد هجينة تجمع بين الكفاءة الميكانيكية والاستدامة البيئية.

من هذا المنطلق، يأتي هذا الفصل لتقديم المنتوج وهو مركب مثبت للتربة يعتمد في جوهره على استغلال البوليمرات الحيوية والمواد المعدنية المحلية. لا تقتصر أهمية هذا المقترح على قدرته التقنية في تثبيت حبات الرمل ومنع ذروها بالرياح فحسب، بل تمتد لتشمل رؤية اقتصادية تتماشى مع توجهات الدولة في دعم المؤسسات الناشئة، ورؤية تقنية حضرية تهدف إلى إدماج هذا الابتكار ضمن استراتيجيات تسيير المدن الصحراوية وتطوير فضاءاتها الخضراء.

سنتطرق في سياق هذا الفصل إلى تفصيل المعايير العلمية التي بنيت عليها الخلطة، مع عرض دقيق لنتائج التجارب المخبرية المتعلقة بخصائص المواد الأولية، وشرح ميكانيزمات التفاعل الفيزيوكيميائي التي تمنح المادة فعاليتها وزمن دوامها في الظروف القاسية. كما سيتم استعراض البروتوكول العملي للتطبيق الميداني، مع تحليل معمق لكيفية تكامل هذا الحل مع المخططات العمرانية والتقنية، مما يسهم في خلق بيئة حضرية مستدامة وصامدة أمام زحف الرمال.

01- تحديد المادة المثبتة المقترحة وتبرير الاختيار:

تعد عملية اختيار المادة المثبتة الخطوة الأكثر حرجاً في تصميم نظام مكافحة زحف الرمال، حيث يجب أن توازن المادة بين الكفاءة الميكانيكية، التكلفة الاقتصادية، والصداقة البيئية. بناءً على هذه الموازنة، تم تطوير المنتوج وهو عبارة عن مركب هجين يدمج بين خصائص البوليمرات الحيوية (النشا، الغليسرين، ومكونات اخرى) والمواد طبيعية المنشأ (على غرار الطين والرماد).

01-01-تبرير اختيار المكونات:

01-01-01-المعايير التقنية والميكانيكية: تم اختيار (النشاء والطين) بصفتهما مواد رابطة قوية تعمل على تكوين غشاء رقيق ومتماسك يغلف حبيبات الرمل، بينما أُضيف "الغليسرين" كمادة ملدنة تضمن مرونة القشرة الناتجة لمنع تكسرها تحت ضغط التمدد الحراري في بيئة أدرار.

01_01_02_التوافر المحلي والاستدامة: تم الاعتماد على "رماد النخيل" و"الطين الطبيعي" كونهما مخلفات ومواد متوفرة بكثرة في إقليم أدرار، مما يساهم في خفض التكاليف الإجمالية للمشروع، ويدعم مفهوم "الاقتصاد الدائري" عبر تحويل النفايات الزراعية إلى حلول هندسية.

01_01_03_المعيار البيئي: صُمم المنتوج ليكون مادة آمنة تماماً على التربة والنباتات والمياه الجوفية، وهو ما يمنحه تفوقاً استراتيجياً على المثبتات النفطية (مثل الزفت) التي تتسبب في تلوث كيميائي على المدى الطويل.

تجربة التحليل الحبيبي للمواد الأولية (النشا، الطين، والرماد):

قمنا باستخدام هذه التجربة لضمان أعلى درجات الجودة الفيزيائية للمنتج النهائي، كان من الضروري إجراء معاينة وتحليل حبيبي للمواد الصلبة الداخلة في التركيبة قبل دمجها في المحلول السائل.

- ✓ **الهدف من التجربة:** التأكد من "نعومة" جزيئات المواد الصلبة لضمان تغلغلها الكامل داخل الفراغات البينية لحبيبات الرمل، وضمان انسيابية الرش دون سد فوهات أجهزة التطبيق.
- ♦ **المنهجية المتبعة:** تم الاعتماد على طريقة النخل الجاف باستخدام مناخل مخبرية قياسية بفتحات محددة:

المنخل 0.2 ملم: استُخدم كحد أقصى لقطر حبيبات رماد النخيل، لضمان استبعاد الأجزاء الكربونية الخشنة التي قد تعيق عملية الرش.

المنخل 0.125 ملم: استُخدم لغربلة الطين الطبيعي، حيث تم اعتماد الحبيبات المارة فقط. هذه الحبيبات الفائقة النعومة تلعب دور "المالئات المجهرية" التي تزيد من كثافة الروابط الكيميائية داخل القشرة المثبتة.

الصورة رقم 42: توضح بعض صور عن التجربة التحليل الحبيبي



المصدر: من التقاط الطلبة 2026

التصنيف الحبيبي للمكونات الصلبة (النشا، الطين، والرماد):

تعد عملية التصنيف الحبيبي للمواد الأولية الداخلة في تركيب المنتوج" من أهم المراحل المخبرية لضمان كفاءة المنتج. اعتمدنا في هذه الدراسة على طريقة الغربلة الميكانيكية الجافة لتوصيف جزيئات النشاء، الطين، ورماد النخيل، حيث يعد جهاز الهزاز الميكانيكي الوسيلة الأدق لتصنيف هذه المكونات المسحوقة وفقاً لأقطارها.

مبدأ التصنيف الحبيبي للمواد الأولية:

يعتمد مبدأ التصنيف الحبيبي في مشروعنا على الغربلة الميكانيكية للمواد الصلبة (النشا، الطين، والرماد)، حيث يتم تمرير كمية معينة من كل مادة عبر مجموعة مناخل مخبرية ذات فتحات قياسية متناقصة القطر. تُوضع المناخل فوق بعضها البعض مرتبة من الأكبر إلى الأصغر من حيث قطر الفتحة (مع التركيز على فتحات 0.2 ملم و0.125 ملم).

توضع العينة في المنخل العلوي، ثم تُجرى عملية الغربلة بواسطة الهزاز الميكانيكي لمدة كافية (تتراوح بين 05 إلى10 دقيقة) لضمان انفصال الجزيئات وتوزعها بدقة حسب حجمها، مما يضمن لنا الحصول على مسحوق متجانس يسهل دمجه في المحلول البوليمري ويمنع انسداد أجهزة الرش المياه.

الجهاز المستعمل في التصنيف الحبيبي :

استخدمنا في عملية تصنيف العينات (النشاء، الطين والرماد) هزاز ميكانيكي كما هو موضح في الشكل السابق يحتوي هذا الجهاز علة مجموعة من الغرابيل القياسية المستعملة في العمل المخبري الاولي كما هو موضح في الصورة رقم 43.

الصورة رقم 43: توضح الهزاز الميكانيكي والغرابيل القياسية المستعملة في تجربة التحليل الحبيبي



المصدر: من التقاط الطلبة 2026

تحضير العينات المصنفة: قمنا بوضع عينة كل من (النشاء، الطين والرماد) عبر مجموعة الغرابيل القياسية ذات القياسات(ملميتر) (01،0.8،0.315،0.2،0.125،0.1،0.08،0.063) بعد الترتيب الغرابيل فوق بعضها حيث وضعنا الغرابيل ذات الفتحات الصغرى في الأسفل ثم الأكبر، بعد ذلك قمنا بعملية الغربلة باستعمال الهزاز الميكانيكي بداية من الغرابيل الأعلى الى دون ذلك لمدة 10 دقائق تقريبا.

الصورة رقم 44: توضح العينات المستخدمة في التجربة الحليل الحبيبي



المصدر: من التقاط الطلبة 2026

02- الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمادة :

تعتمد فعالية المنتوج في تثبيت الكثبان الرملية على التوازن الدقيق بين خصائصه الكيميائية (الروابط الجزيئية) وخصائصه الفيزيائية (المظهر والأداء الميكانيكي). ومن خلال التجارب المخبرية التي أجريت، يمكن تحديد أهم هذه الخصائص فيما يلي:

02-01-مستوى الالتصاق والربط الجزيئي:

تعتبر هذه الخاصية الأهم، حيث يعمل المركب كـ "صمغ حيوي.

- **كيميائياً:** أثناء عملية التسخين، تخضع جزيئات النشا لعملية "الخلط"، مما يفكك روابطها المغلقة ويحولها إلى سلاسل مفتوحة تلتصق بشدة بسطح حبيبات الرمل.
- **فيزيائياً:** عند إضافة غراء فينيل، تزداد قوة الجذب بين المادة المثبتة وحبيبات السيليكا المكونة للرمل، مما يؤدي إلى تغليف كل حبة رمل بطبقة رقيقة جداً تربطها جاراتها، مشكلةً نسيجاً متصلاً يسمى "المصفوفة البوليمرية".

02-02-مقاومة الرياح والتعرية:

تم تصميم الخصائص الفيزيائية لمنتوج لرفع ما يسمى بـ "سرعة عتبة التحريك.

في الحالة الطبيعية، تتحرك رمال أدرار عند رياح بسيطة، لكن بعد الرش، تتحول الطبقة السطحية إلى "قشرة واقية.

أظهرت الملاحظات أن هذه القشرة تمتلك وزناً نوعياً كافياً وتماسكاً يمنع تطاير الحبيبات حتى في ظل العواصف الرملية القوية، مما يحمي الطرقات والمنشآت الحضرية.

02-03-النفاذية للماء والهواء:

من الميزات الفيزيائية للمنتوج أنه لا يعزل التربة تماماً عن محيطها:

مسامية مدروسة: بفضل استخدام الطين والرماد بقطر 0.125 ملم، تبقى هناك مسامات مجهرية تسمح بمرور الهواء وبخار الماء (تنفس التربة).

النفاذية المائية: تسمح القشرة بمرور مياه الأمطار إلى باطن الأرض، مما يمنع حدوث فيضانات سطحية ويحافظ على رطوبة التربة اللازمة لنمو النباتات خلف المصدات الرملية.

03- طرق التطبيق والجرعات والمعدات المناسبة:

تعتمد كفاءة المنتج في الميدان على اختيار الطريقة الصحيحة للتطبيق والالتزام بالجرعات التي تم اختبارها مخبرياً. يتحدد أسلوب العمل بناءً على تضاريس الموقع المستهدف وسرعة الرياح السائدة في منطقة أدرار.

03-01-أساليب التطبيق:

- **أسلوب الرش السطحي:**

الآلية: يتم رش المحلول الهجين مباشرة على سطح الكثبان الرملية أو المساحات المفتوحة.

الهدف: تكوين قشرة واقية بسماكة تتراوح بين 5 إلى 10 ملم.

الاستخدام: يُفضل استخدامه في المساحات الواسعة والمناطق المحاذية للطرقات الحضرية لمنع زحف الرمال الخفيفة والمتطايرة.

- **أسلوب الغمر السطحي أو الخلط الموضعي :**

الآلية: يتم رش كمية مكثفة من المادة مع تقليب بسيط للطبقة السطحية (بعمق 2 سم) ثم تسويتها.

الهدف: إنشاء طبقة تثبيت أكثر عمقاً وصلابة.

الاستخدام: يُستخدم في حواف المنشآت الحضرية أو في المناطق التي تتعرض لضغط ميكانيكي بسيط (مثل ممرات المشاة أو حواف الحدائق).

- **الجرعات والتركيز المثالي:**

بناءً على التجارب التي أجريناها باستخدام النسب الدقيقة (النشا، الغليسرين، الطين، الرماد، وفينيل)، تم تحديد الجرعات التالية:

الجرعة القياسية: يتم رش 1 لتر من المحلول على عينة من الرمل.

تركيز المادة الصلبة: أثبتت الدراسة أن الحبيبات التي قطرها 0.125 ملم (الطين والرماد) تعطي أفضل نتائج تغلغل عند هذا التركيز، حيث تسمح للمادة بالنفاد داخل المسامات قبل أن تجف وتتصلب.

03-02-المعدات التقنية المستخدمة في الميدان:

لضمان توزيع متجانس للمادة، نقترح استخدام المعدات التالية:

المضخات الظهرية: للمساحات الصغيرة والضيقة داخل النسيج الحضري كما هو موضح في الصورة 45

شاحنات الصهريج المزودة بمدافع رش: للمشاريع الكبرى والمساحات المفتوحة المحيطة بالمدينة كما هو موضح في الصورة رقم 46.

فوهات الرش: يجب أن تكون بقطر يتناسب مع وجود حبيبات الرماد والطين (أكبر من 0.2 ملم) لتجنب الانسداد المتكرر كما هو موضح في الصورة رقم 47.

الصورة رقم 45_46_47: بعض عتاد رش المواد المثبتة للرمال







الصورة رقم 45 **الصورة رقم 46** **الصورة رقم 47**

المصدر: GOOGLE PHOTOS

استنتاج: تستغرق عملية جفاف وتصلب القشرة في ظروف مناخ أدرار (حرارة عالية ورطوبة منخفضة) ما بين 4 إلى 6 ساعات، وتصل القشرة إلى أقصى صلابة لها بعد 24 ساعة من التطبيق، لتصبح جاهزة لمواجهة الرياح."

04_ مدى الفعالية والمتانة الزمنية:

04_01: توصيف التجربة التطبيقية: لغرض التحقق من كفاءة المنتج، قمنا بإجراء تجربة محاكاة ميدانية متكاملة وفق الخطوات التالية:

- **تجهيز العينات:** تم جلب عينات رملية طبيعية من منطقة "قصر تيلولين" ببلدية أدرار لضمان محاكاة الواقع الفيزيائي للتربة المستهدفة.

الصورة رقم 48: توضح بعض العينات للمواد المستخدمة في التجربة



المصدر: من التقاط الطلبة 2026

- **آلية التطبيق:** تم استخدام تقنية الرش بقارورة كما هو موضح في الصورة رقم 49 لضمان التوزيع المتجانس للمحلول البوليمري على السطح.

الصورة رقم 49: توضح القارورة المستعمل في الرش



المصدر: من التقاط الطلبة 2026

- **المعالجة والجفاف:** خضعت العينات المرشوشة لعملية تجفيف طبيعي تحت الظروف المناخية الحارة وذلك لمراقبة سرعة التصلب والتحول الفيزيائي للمادة كما هو موضح في الصورة رقم 48.

الصورة 50: توضح العينة قبل وبعد التجربة



المصدر: من التقاط الطلبة2026

- **نتائج التجربة:**

✓ **تشكل القشرة الواقية:** نجحت المادة في تكوين طبقة صلبة يتراوح سمكها بين 2 ملم الى4 ملم، وهي كافية جداً لمنع انجراف الحبيبات تحت تأثير الرياح السطحية كما هو موضح في الصورة رقم 51.

الصورة رقم 51: توضح سمك القشرة الواقية



المصدر: من التقاط الطلبة2026

✓ **مقاومة الضغط الميكانيكي:** أثبتت القشرة الناتجة متانة كافية لتحمل الأوزان الخفيفة، مما يعني أنها لن تتفتت بسهولة عند مرور الحيوانات الصغيرة أو بفعل الاضطرابات الهوائية الناتجة عن حركة المركبات على الطرقات المحاذية.

04_02_محاكاة الظروف المناخية القاسية:

بما أن منطقة أدرار تتميز بظروف مناخية استثنائية، فقد تمت مراعاة ما يلي:

✓ **المقاومة الحرارية:** أظهرت المادة استقراراً فيزيائياً تحت درجات حرارة مرتفعة (تفوق 45 درجة مئوية)، حيث منعت المرونة الداخلية ظهور التشققات العميقة التي عادة ما تصيب المثبتات القائمة على الطين وحده.

04_03_المتانة الزمنية ودورة الحياة:

- **الاستدامة الزمنية:** تُشير التقديرات الأولية المبنية على الملاحظة الميدانية إلى أن فعالية الرش الواحدة يمكن أن تستمر لمدة تتراوح بين 06 إلى 12 شهراً دون الحاجة لصيانة كبرى، اعتماداً على شدة الرياح السائدة.
- **التجديد الذاتي:** تتميز المادة بأنها "تراكمية الفعالية"؛ أي أن إعادة الرش بعد سنة لا يتطلب إزالة الطبقة القديمة، بل تندمج المادة الجديدة مع القديمة لتقوية الدرع الواقي.
- **التحلل الصديق للبيئة:** بعد انتهاء دورة حياة المادة، تتحلل المكونات الحيوية (النشا) وتتحول إلى مواد عضوية تغذي التربة، بينما يبقى الطين والرماد كمكونات طبيعية لا تضر بالبيئة الحضرية.

05- التكامل مع تسيير المدينة:

إن نجاح أي مادة مبتكرة لمكافحة زحف الرمال لا يقاس فقط بخصائصها التقنية، بل بمدى قابليتها للاندماج ضمن منظومة تسيير المدينة وعلاقتها بالمخططات العمرانية. يساهم المنتوج في تحقيق "المرونة الحضرية" لمدينة أدرار من خلال المحاور التالية:

05-01-دمج المادة في مخططات التهيئة والتعمير:(PDAU & POS)

الحماية الوقائية: نقترح إدراج عملية رش المنتوج كخطوة تقنية استباقية في المساحات الشاغرة (Terrains vagues)والجيوب العقارية غير المبنية داخل النسيج الحضري، وذلك لمنع تشكل الكثبان الصغيرة التي تعيق الحركة المرورية وتزيد من تكاليف التنظيف البلدي.

تثبيت حواف الطرق: يمكن اعتماد المادة كجزء من دفتر الشروط الخاص بمشاريع الطرق الصحراوية، حيث يتم رش حواف الطريق (Accotements) لمنع تراكم الرمال على الإسفلت، مما يقلل من حوادث المرور ويزيد من عمر الطريق الافتراضي.

05-02-التكامل مع الفضاءات الخضراء والمخطط البيئي:

- **دعم الأحزمة الخضراء:** يعتبر المنتوج مكملاً حيوياً للمصدات النباتية؛ حيث يتم رشها حول الشتلات الصغيرة لحمايتها من الردم الرملي في مراحل نموها الأولى.
- **تحسين الميكرو-مناخ الحضري:** من خلال تثبيت التربة ومنع تطاير الغبار، تساهم المادة في تحسين جودة الهواء داخل الأحياء السكنية، مما ينعكس إيجاباً على الصحة العامة لسكان المدينة.

05-03-الجدوى الاقتصادية في التسيير البلدي:

- **خفض تكاليف الصيانة:** بدلاً من الاعتماد الكلي على الآليات الثقيلة (الشاحنات والجرافات) لإزالة الرمال بشكل دوري ومكلف، يمثل المنتوج حلاً وقائياً يقلل من وتيرة هذه العمليات، مما يوفر ميزانيات ضخمة للجماعات المحلية.
- **خلق فرص عمل محلي:** كشروع مؤسسة ناشئة (Startup)، يفتح آفاقاً لتشكيل فرق تقنية متخصصة في "تسيير مخاطر الرمال" تابعة للبلدية أو لمؤسسات خاصة، مما يدعم الاقتصاد المحلي لمنطقة أدرار.

خلاصة الفصل الرابع :

في ختام هذا الفصل، يمكن القول إن مشروع قد تجاوز كونه مجرد تجربة مخبرية ليصبح نموذجاً متكاملاً لحل هندسي وبيئي موجه لحماية الحواضر الصحراوية من تهديد زحف الرمال. لقد أثبتت الدراسات والاختبارات التي أجريت ضمن هذا الفصل أن الجمع بين البوليمرات الحيوية والمواد المعدنية المحلية ليس مجرد خيار اقتصادي، بل هو ضرورة تقنية تمليها الظروف المناخية القاسية لإقليم أدرار.

لقد خلصنا من خلال المعاينة الحبيبية الدقيقة إلى أن التحكم في أقطار المواد الأولية (الطين والرماد) عند حدود 0.125 ملم و0.2 ملم هو العامل الحاسم في ضمان تغلغل المادة وتشكيل درع واقٍ يجمع بين الصلابة الميكانيكية والمرونة الحرارية. هذا التوازن الفيز وكيميائي، المدعوم بخاصية "الجيلتنة" للنشا وقوة الربط لفينيل، قدم لنا مادة مثبتة تتفوق على الحلول التقليدية بقدرتها على "التنفس" والسماح بنفاذية المياه، مما يحافظ على التوازن الإيكولوجي للتربة.

من زاوية تسيير التقنيات الحضرية، يبرز كأداة استراتيجية فعالة في يد المسير الحضري، حيث يوفر آلية وقائية تقلل من الأعباء المالية واللوجستية لعمليات جرف الرمال التقليدية، ويساهم بشكل مباشر في استدامة الفضاءات الخضراء وحماية البنية التحتية للطرق. إن هذا التكامل بين الجانب التقني والجانب الإداري هو ما يمنح المشروع صفة "المؤسسة الناشئة الواعدة، القادرة على تحويل التحديات المناخية إلى فرص للاستثمار والتطوير المحلي.

إن النتائج المستخلصة من هذا الفصل تفتح آفاقاً جديدة للتفكير في "المدينة الصامدة"، حيث لا يُنظر إلى الرمل كعدو يجب إزالته باستمرار، بل كعنصر طبيعي يمكن تطويعه وتثبيته في مكانه باستخدام تقنيات ذكية وصديقة للبيئة. وبناءً على ما تقدم، فإننا ننتقل في الجزء الموالي من المذكرة إلى

وضع التوصيات الختامية والآفاق المستقبلية التي تضمن تعميم هذا الابتكار على نطاق أوسع وبفعالية أكبر.

تمهيد الفصل الخامس

❖ **مخطط الحماية العمرانية المقترح.**

تحديد مناطق التدخل ذات الأولوية · نطاقات الحماية

❖ **الأحزمة الخضراء والبنية التحتية الخضراء.**

اختيار الأنواع النباتية الملائمة · التوزيع المكاني للزراعة

❖ **الإطار التشريعي والمؤسسي.**

القوانين الجزائرية المتعلقة بالتصحر · دور البلديات والولايات

❖ **آليات المشاركة المجتمعية والتمويل.**

إشراك السكان والمزارعين · آليات تمويل محلية ودولية

❖ **نظام المراقبة والمتابعة.**

مؤشرات الأداء · التصوير الدوري · قاعدة البيانات الرقمي.

خاتمة الفصل الخامس

تمهيد :

انطلاقاً مما أثبتته الفصول السابقة من خطورة ظاهرة زحف الرمال على مدينة تيلولين ببلدية أنجزمير بولاية أدرار، وما كشفته الدراسة التجريبية من إمكانية توظيف مواد مستدامة محلية في تثبيت التربة الرملية، يأتي هذا الفصل ليُجسّد كل ذلك في استراتيجية عمرانية متكاملة وقابلة للتطبيق. فلا يكفي أن تُثبَّت الرمال كيميائياً أو بيولوجياً دون أن يُحكم تنظيم المجال وفق رؤية عمرانية واضحة، ودون أن تتوافر البنية التشريعية والمؤسسية الداعمة، ودون أن يُشرك المجتمع المحلي في الحماية والمتابعة.

يسعى هذا الفصل إلى رسم خارطة طريق شاملة تجمع بين التخطيط العمراني والإطار القانوني وآليات التمويل والمشاركة الشعبية، مع بناء منظومة رقمية للمراقبة والمتابعة تضمن استدامة التدخل وفاعليته على المدى البعيد.

01- مخطط الحماية العمرانية المقترح:

01-01-تحديد مناطق التدخل ذات الأولوية: [65]

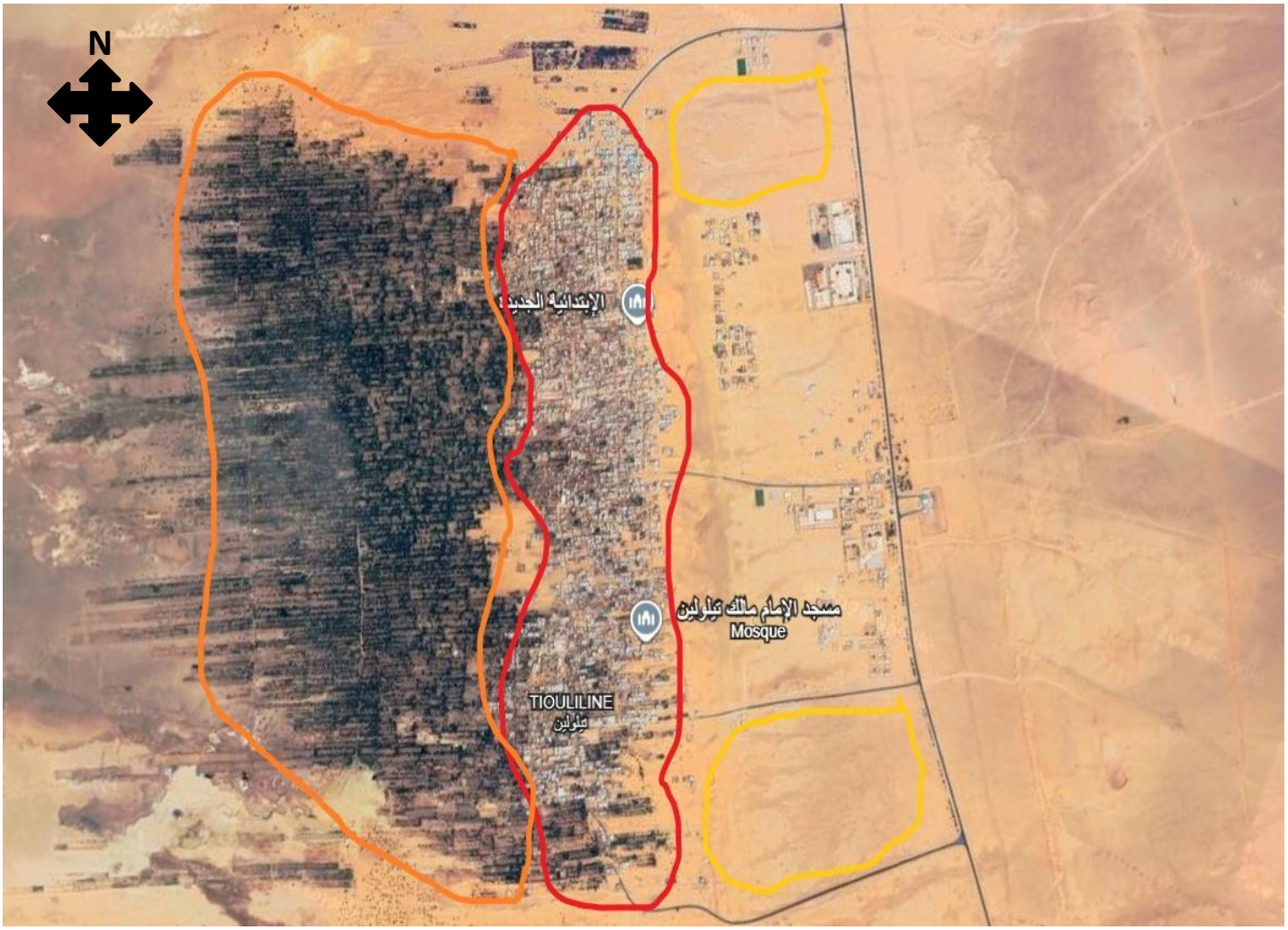
لا يمكن مواجهة زحف الرمال بشكل عشوائي، بل يستوجب الأمر تحديداً دقيقاً للمناطق الأكثر عرضة للخطر وإيلاءها الأولوية في التدخل. وبناءً على الدراسة الميدانية لمدينة تيلولين، يمكن تصنيف مناطق التدخل على النحو التالي:

- **المنطقة الحمراء (أولوية قصوى):** وتشمل الأحياء السكنية الملاصقة مباشرة للكثبان الرملية المتحركة، والطرق الرئيسية المهددة بالردم، والمنشآت الحيوية كالمدارس والمراكز الصحية ومحطات الضخ. تستدعي هذه المنطقة تدخلاً فورياً بالتثبيت الكيميائي بالمادة المستدامة المقترحة، مع إنشاء حواجز ميكانيكية مؤقتة.
- **المنطقة البرتقالية (أولوية متوسطة):** وتضم المناطق الزراعية والواحات المجاورة للتجمعات السكانية، والمناطق التي تشهد تراكماً رملياً تدريجياً. يُعالَج هذا النطاق بالجمع بين التثبيت البيولوجي والزراعة الوقائية.
- **المنطقة الصفراء (أولوية وقائية):** وهي المناطق التي لم تتأثر بعد لكنها مُعرَّضة للخطر مستقبلاً، وتُعالَج باستراتيجية الأحزمة الخضراء والمراقبة الدورية.

---

[65] الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية؛ القانون رقم 01-20 المؤرخ في 12 ديسمبر 2001 المتعلق بتهيئة الإقليم وتنميته المستدامة، الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية، العدد 77، وزارة العدل، الجزائر، 2001، المواد من 1 إلى 15.

الصورة رقم 52 توضح تحديد مناطق التدخل ذات الأولوية في منطقة الواحة



المصدر: Google Earthمعالجة الطلبة

01-02-نطاقات الحماية:

يُقترح تبني نموذج الحماية متعدد النطاقات على ثلاثة مستويات متحدة المركز حول النواة الحضرية لمدينة تيلولين:

- **النطاق الأول (0-500م):** نطاق التدخل المباشر، يُطبَّق فيه التثبيت بالمادة المستدامة المقترحة على التربة الرملية المكشوفة، مع إنشاء مصدات رياح ميكانيكية من الألواح الخشبية أو جريد النخيل أفراق.
- **النطاق الثاني (500م-2كم):** نطاق الحزام الأخضر، يُخصَّص لزراعة الأشجار والشجيرات المتأقلمة مع البيئة الصحراوية لتشكيل حاجز بيولوجي متكامل.

- **النطاق الثالث (2كم-5كم):** نطاق المراقبة والتحكم، يُدار بنظام الرصد والإنذار المبكر لرصد تحركات الكثبان وتوجيه الرياح السائدة. بما يسمى ب «الاتمتة "

02- الأحزمة الخضراء والبنية التحتية الخضراء:

02-01-اختيار الأنواع النباتية الملائمة: [66]

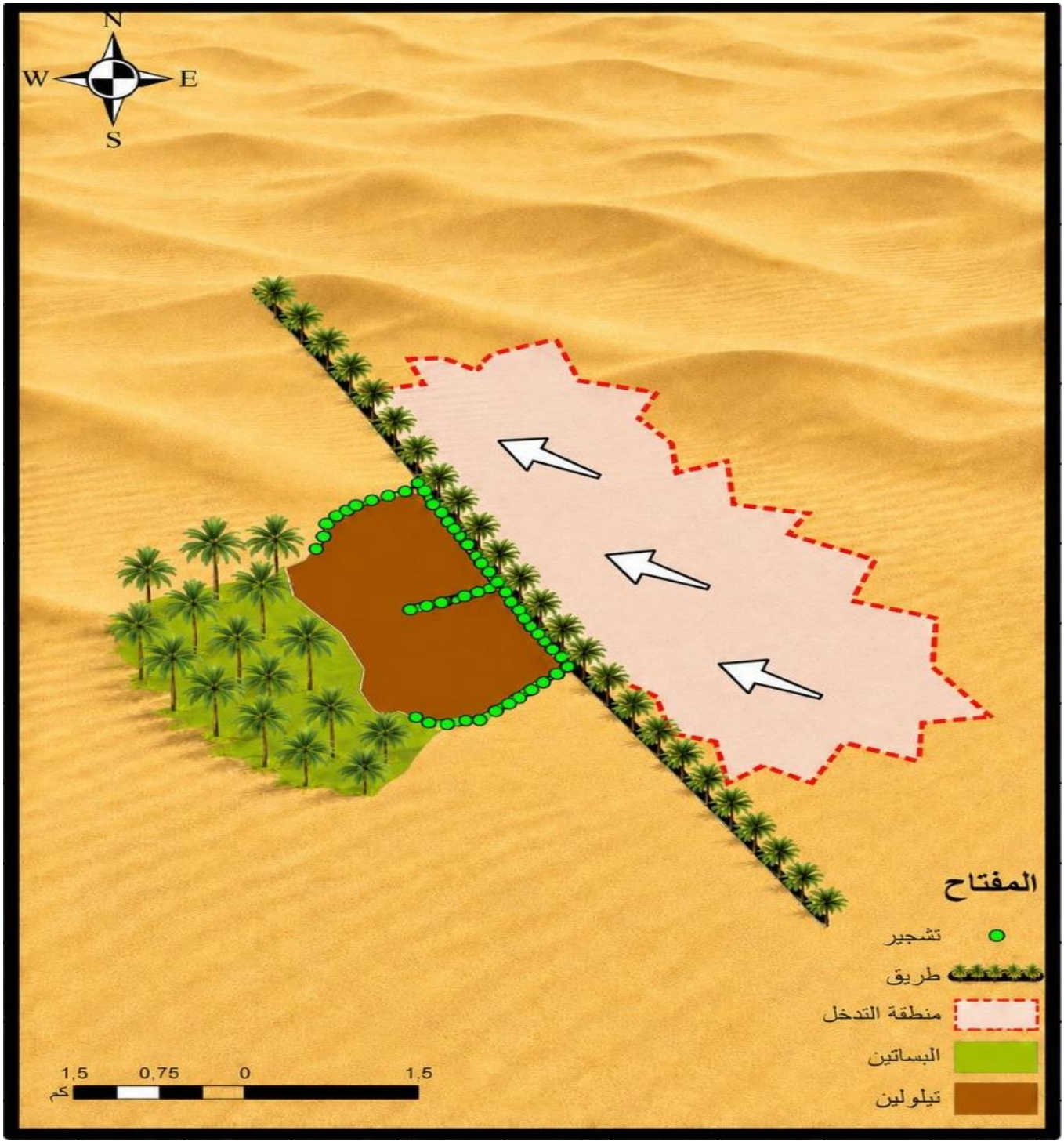
يُعدّ اختيار النوع النباتي المناسب ركيزة أساسية في نجاح استراتيجية الحماية، إذ يجب أن تتوفر في النبات المختار جملة من الشروط أبرزها: مقاومة الجفاف الشديد، والقدرة على النمو في التربة الرملية الفقيرة، والقدرة على تثبيت الرمال بجذورها، وسرعة النمو وسهولة التكاثر. وفيما يلي أبرز الأنواع المقترحة لبيئة أدرار:

- **نخيل التمر:** أكثر النباتات ملاءمة للبيئة الصحراوية بأدرار، يُزرع على المحيط الخارجي للواحات ويُشكّل جداراً طبيعياً فعالاً ضد الرياح الرملية، فضلاً عن قيمته الاقتصادية للسكان.
- **الطلح الصحراوي:** شجرة صحراوية بامتياز، سريعة النمو، جذورها متعمقة تُثبّت التربة بشكل ممتاز، وتتحمل درجات الحرارة القصوى والجفاف الشديد.
- **الحلفاء:** نبات عشبي معمر، يُغطي سطح الرمال ويمنع انجرافها، سهل الزراعة والتكاثر، ويُعدّ مورداً اقتصادياً للسكان المحليين.
- **الرتم الأبيض:** شجيرة صحراوية تتمتع بجذور ضاربة في العمق، تُثبّت الكثبان الرملية وتُوفر ظلاً للنباتات الصغيرة المجاورة.

[66] المفوضية السامية للتشجير ومكافحة التصحر؛ مشروع السد الأخضر: الحصيلة والآفاق، الطبعة الأولى، وزارة الفلاحة والتنمية الريفية، الجزائر، 2010، ص 22-58.

- **الدوم:** نخيل بري يتأقلم جيداً مع البيئة الصحراوية الجنوبية الجزائرية، جذوره تُثبّت التربة وتتحمل ملوحة عالية.

مخططرقم 03: يوضح مخطط التدخل



المصدر: من اعداد الطلبة 2026

02-02-التوزيع المكاني للزراعة:

يُقترح توزيع الغطاء النباتي وفق نظام هندسي مدروس يراعي اتجاه الرياح السائدة ومصادر الرمال الرئيسية:

- **الصفوف المتعامدة على الرياح:** تُزرع أشجار الطلح والنخيل في صفوف متوازية عمودية على الاتجاه الغالب للرياح بمسافة 5 إلى 10 أمتار بين الصفوف، لتكسير سرعة الرياح وترسيب الرمال أمامها.
- **التغطية السطحية بالحلفاء والرتم:** تُزرع هذه الأنواع العشبية بين صفوف الأشجار لتغطية الفراغات وحماية التربة من الانجراف المباشر.

03- الإطار التشريعي والمؤسسي:

03-01-القوانين الجزائرية المتعلقة بالتصحر:[67]

أولت الجزائر اهتماماً تشريعياً ملحوظاً بظاهرة التصحر وزحف الرمال، ويمكن استثمار هذا الإطار القانوني في تعزيز استراتيجية الحماية المقترحة، ومن أبرز النصوص القانونية ذات الصلة:

- القانون رقم 01-20 المؤرخ في 12 ديسمبر 2001 المتعلق بتهيئة الإقليم وتنميته المستدامة: يُرسي مبدأ التوازن البيئي في التخطيط العمراني ويُلزم الجماعات المحلية بمراعاة الهشاشة البيئية في مخططات التنمية.

[67] الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية؛ القانون رقم 03-10 المؤرخ في 19 يوليو 2003 المتعلق بحماية البيئة في إطار التنمية المستدامة، الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية، العدد 43، وزارة البيئة وجودة الحياة، الجزائر، 2003، المواد من 55 إلى 70.

- القانون رقم 03-10 المؤرخ في 19 يوليو 2003 المتعلق بحماية البيئة في إطار التنمية المستدامة: يُقرّ حماية الأنظمة البيئية الهشة كالنظم الصحراوية وينص على مبدأ الحيطة والاحتياط.
- المرسوم التنفيذي رقم 07-149 المتعلق بالسد الأخضر: يُؤطّر مشروع التوسع في الغطاء النباتي لمكافحة التصحر عبر المناطق الجنوبية، ويمكن توظيفه لتمويل مشاريع الأحزمة الخضراء
- القانون رقم 08-16 المتعلق بالتوجه الفلاحي: يُتيح تخصيص أراضٍ للزراعة الوقائية ضمن مخططات التنمية الريفية.

03-02-دور البلديات والولايات:

تضطلع الهيئات المحلية بدور محوري في تنفيذ استراتيجية الحماية وتنسيق الجهود بين مختلف الفاعلين:

على مستوى بلدية أنجزمير: إعداد مخطط شغل الأراضي (POS) المتضمن لمناطق الحماية والأحزمة الخضراء، وتخصيص ميزانية سنوية لصيانة المثبتات وري النباتات الوقائية، وتشكيل لجنة تقنية محلية لمتابعة تنفيذ المخطط.

على مستوى ولاية أدرار: التنسيق مع المديرية الولائية للبيئة ومصالح الغابات لتوفير الشتلات والبذور، والإشراف على تنفيذ مشاريع السد الأخضر في دوائر الولاية، وضمان التكامل بين مخطط الحماية المقترح والمخططات القطاعية الولائية.

04- آليات المشاركة المجتمعية والتمويل:

04-01-إشراك السكان والمزارعين: لا تكتمل أي استراتيجية للحماية دون أن يكون المجتمع المحلي شريكاً فاعلاً لا مجرد مستفيد سلبي، ويتجلى ذلك من خلال:

- ✓ **برامج التوعية والتكوين:** تنظيم دورات تكوينية دورية لفلاحي المنطقة حول تقنيات تثبيت الرمال وطرق الزراعة الوقائية، وإدراج وحدات تعليمية حول مخاطر التصحر في المناهج المدرسية المحلية.
- ✓ **نظام التعاقد الاجتماعي:** إبرام عقود بين البلدية وأصحاب الأراضي الحدودية تُلزمهم بالمحافظة على الغطاء النباتي في نطاق أراضيهم مقابل حوافز مادية أو إعفاءات ضريبية.
- ✓ **التنظيمات التقليدية:** الاستناد إلى نظام "الجماعة" التقليدي في توزيع مهام الحراسة والصيانة، وتفعيل دور شيوخ القبائل والأعيان في توعية السكان وحثهم على المشاركة.
- ✓ **تعاونيات الحماية المجتمعية:** تأسيس تعاونيات محلية مختصة بزراعة وصيانة الأحزمة الخضراء، توفر فرص عمل للشباب وتضمن استمرارية الصيانة.

04-02-آليات تمويل محلية ودولية:

❖ **التمويل المحلي:**

- الاعتمادات المالية المخصصة لمشروع السد الأخضر ضمن الميزانية الوطنية.
- برنامج دعم التنمية الفلاحية (FNRDA) لتمويل مشاريع الزراعة الوقائية.
- الصندوق الوطني للبيئة وإزالة التلوث(FNEDP) ، واعتمادات التنمية المحلية لولاية ادرار.

❖ **التمويل الدولي:**

- آلية تمويل مكافحة التصحر ضمن اتفاقية الأمم المتحدة لمكافحة التصحر(UNCCD) .
- صندوق البيئة العالمي (GEF) المختص بتمويل مشاريع التصحر والتدهور البيئي.
- برنامج الأمم المتحدة الإنمائي (UNDP) ومشاريع المناخ والبيئة.

05- نظام المراقبة والمتابعة:

05-01-مؤشرات الأداء:

تُعدّ منظومة المؤشرات الأداتية المرجع الأساسي لقياس فاعلية التدخل وتقييم تقدم الاستراتيجية، وتشمل:

❖ **مؤشرات التثبيت الفيزيائي:**

- معدل تقدم الكثبان الرملية نحو المدينة (م/سنة)
- نسبة المساحة المثبتة من إجمالي المساحة المستهدفة(%)
- معدل فاعلية المادة المثبتة بعد 6 أشهر و12 شهراً و24 شهراً.

❖ **مؤشرات الغطاء النباتي:**

- نسبة نجاح الزراعة الوقائية (عدد النباتات الحية / إجمالي المزروع)
- كثافة الغطاء النباتي في كل نطاق من نطاقات الحماية
- معدل النمو السنوي للأحزمة الخضراء.

❖ **مؤشرات الأثر العمراني:**

- تراجع حالات ردم الطرق والمنازل بالرمال
- انخفاض تكاليف الصيانة السنوية للبنية التحتية
- مستوى رضا السكان عن جودة البيئة الحضرية.

05-02-التصوير الدوري:

يُشكّل التصوير الدوري بمختلف تقنياته أداةً لا غنى عنها في رصد التغيرات الميدانية وتوثيقها بصورة موضوعية ودقيقة:

- ✓ **التصوير بالطائرات المسيّرة:** يُجرى كل ثلاثة أشهر للحصول على خرائط جوية دقيقة تُظهر تحركات الكثبان وتطور الغطاء النباتي بدقة عالية.
- ✓ **التصوير الفضائي:** الاستفادة من صور الأقمار الاصطناعية المتاحة مجاناً كصور Sentinel و Landsatلمراقبة التغيرات على نطاق واسع على أساس سنوي.
- ✓ **التصوير الأرضي الميداني:** تصوير نقاط مرجعية ثابتة كل شهر لتوثيق التغيرات الميدانية المحسوسة ومقارنتها عبر الزمن.

05-03-قاعدة البيانات الرقمية:

تُبنى قاعدة بيانات جغرافية رقمية متكاملة تُدار على مستوى ولاية أدرار وتتضمن:

- ➢ **نظام المعلومات الجغرافية :(GIS)** خرائط رقمية تفاعلية تُحدَّث دورياً تُظهر توزيع الكثبان الرملية ونطاقات الحماية ومواقع التدخل ومعدلات التثبيت.
- ➢ **قاعدة بيانات الأداء :** جداول زمنية لمؤشرات الأداء المذكورة تُسمح بمقارنة النتائج عبر الزمن وتقديم تقارير دورية لصانعي القرار بوابة رقمية للمشاركة المجتمعية: تطبيق بسيط يُمكّن السكان من الإبلاغ عن حالات الزحف الرملي الجديدة أو تلف المثبتات أو نفوق النباتات، مما يُحوّل المجتمع إلى شبكة رصد ميداني حية.[68]

[68] المعهد الوطني لتقنيات الفضاء (ASAL)؛ توظيف تقنيات الاستشعار عن بعد في رصد ومكافحة التصحر في الجزائر، الطبعة الأولى، وكالة الفضاء الجزائرية، الجزائر، 2015، ص 18-45.

خاتمة الفصل الخامس:

تخلص دراسة هذا الفصل إلى أن صياغة إستراتيجية عمرانية شاملة للحماية تتطلب مزيجاً متكاملاً من الأدوات التقنية والتشريعية؛ فالبداية تكمن في تفعيل مخطط الحماية العمرانية الذي يعتمد على الأحزمة الخضراء كبنية تحتية حيوية تضع حداً للزحف العشوائي وتضمن التوازن البيئي، وهو ما لا يمكن تحقيقه إلا بوجود إطار تشريعي ومؤسسي صارم يحدد المسؤوليات ويمنع التجاوزات. كما تبرز أهمية آليات المشاركة المجتمعية كركيزة أساسية لضمان القبول الشعبي، جنباً إلى جنب مع توفير مصادر تمويل مستدامة تدعم تنفيذ المشاريع على أرض الواقع. وينتهي هذا المسار بوضع نظام دقيق للمراقبة والمتابعة يتيح تقييم الأداء بشكل دوري وتصحيح الانحرافات، مما يضمن في النهاية تحويل هذه الإستراتيجية إلى صمام أمان يحفظ هوية المجال العمراني ويحقق استدامته للأجيال القادمة.

تحليل الفرضيات:

بناء على نتائج الدراسة الميدانية والتجارب المخبرية تم التحقق من الفرضيات كالتالي:

الفرضية الأولى: يُعيق الزحف المتواصل للرمال نمو التجمعات العمرانية الصحراوية ويُدهور جودة الحياة فيها، في ظل قصور المثبتات التقليدية.

- تأكدت صحتها. أثبتت الدراسة الميدانية في "قصر تيلولين" أن زحف الرمال المتواصل يعيق حركة المرور، ويشوه النسيج العمراني الأثري، ويهدد سلامة المنشآت الطينية القديمة، مما يؤثر سلباً على جودة الحياة.

الفرضية الثانية: يُمكن لمثبّت هجين مُصنَّع من مواد محلية متجددة أن يحمي التربة الصحراوية من زحف الرمال بفاعلية ومتانة وتكلفة تفوق المثبتات البترولية المستوردة، مع الحفاظ على البيئة.

- أكدت صحتها قطعياً. أثبتت التجارب التطبيقية لاحظنا أن الخلطة المطورة شكلت قشرة واقية صلبة تمنع تطاير الرمال. كما تفوقت على المثبتات البترولية بامتلاكها "نفاذية ذكية" تسمح بمرور مياه الأمطار دون تلوث بيئي، وبأقل تكلفة اقتصادية لاعتمادها على خامات محلية.

النتائج:

لخصة الدراسة التطبيقية والميدانية الى مجموعة من النتائج المحورية:

- **النجاح التقني والكيميائي:** نجاح آلية التشبيك البوليمري للمواد الحيوية المستخدمة في تكوين درع فيزيائي متماسك فوق التربة الصحراوية المفككة دون إهدار للمادة في الأعماق.

- **التوافق البصري والبيئي:** الحفاظ على لون الطين الأحمر يضمن اندماج المنتج بصرياً مع النسيج العمراني للقصور، بالإضافة إلى كونه مادة طبيعية صديقة للبيئة وقابلة للتحلل الحيوي على المدى الطويل.
- **الجدوى المقاولاتية:** إثبات أن استخدام الخامات المحلية والمخلفات يقلل من تكلفة الإنتاج، مما يجعل نموذج عمل ربحي ومستدام يمتلك تنافسية قوية في السوق الجزائرية.

التوصيات والاقتراحات:

من واقع هذا الموضوع نتقدم بالتوصيات الاستراتيجية التالية لإدارات المدن والبلديات والمصالح التقنية:

- **اعتماد استراتيجية الدفاع المتكاملة:** نوصي بعدم الاكتفاء بالحلول الأحادية، بل الدمج بين المادة المثبتة كحل كيميائي بيئي، والأساليب الميكانيكية والحيوية الأخرى لضمان حماية قصوى للمجالات الحضرية.
- **تفعيل استخدام الأغلفة البلاستيكية:** نقترح استخدام الأغلفة البلاستيكية كغطاء واقٍ ومقاوم فوق السطوح الرملية النشطة في المراحل الأولى للتثبيت، وذلك لكسر حدة الرياح ومنع زحف الكثبان بشكل فوري لحين تماسك الأنظمة الدفاعية الأخرى.
- **التوسع في إقامة الأحزمة الشجرية (التشجير):** التوصية بإقامة مصدات رياح طبيعية من خلال غرس الأشجار والمساحات الخضراء حول القصور وخطوط المواصلات؛ حيث يتكامل رش منتج "تيمرار" حول هذه الشتلات في تثبيت التربة المحيطة بها، ويسمح بنفاذ مياه السقي والأمطار مع منع تبخرها، مما يرفع معدلات نمو الأشجار ويضمن تثبيتاً حيوياً دائماً عبر الزمن.

- **دمج المادة في مخططات التهيئة:** إدراج المنتوج (المادة المثبتة) ضمن المخططات الحضرية المحلية كآلية معتمدة منخفضة التكلفة لحماية الطرقات والساحات العامة من ظاهرة الطمر بالرمال، واستبدال المثبتات البترولية السامة والمكلفة بالحلول الحيوية المحلية لدعم الاقتصاد الدائري.
- **تفعيل الحواجز الشبكية على شكل مربعات:** نوصي بإنشاء حواجز ميكانيكية وهندسية على شكل شبكات مربعة متقاطعة فوق الكثبان الرملية المحيطة بالمدن، باستخدام الأغلفة البلاستيكية أو المواد المرنة المقاومة. تعمل هذه المربعات على تشكيل مصايد ميكانيكية للرمل وتشتيت طاقة الرياح ومنع تشكل التيارات الدوامية، مما يضمن تثبيتاً أولياً سريعاً يمهد الطريق لنجاح التثبيت الحيوي (بالرش) والتشجير المستدام.

الصورة رقم 53: مصدات رملية مربعة باستخدام الأكياس (نظام الحواجز الشبكية)



المصدر: من اعداد الطلبة 2026 بلاستعانة بالذكاء الاصطناعي

الأفاق المستقبلية للبحث:

لا يعد هذا البحث أن يكون إسهاماً أولياً في موضوع بالغ الأهمية والتعقيد، يمسّ حياة الملايين من سكان المناطق الصحراوية الذين يعانون يومياً من تداعيات زحف الرمال على مدنهم ومساكنهم ومعيشتهم. ومن هذا المنطلق، تتشعب أمام الباحثين مسارات بحثية واعدة تستحق الاستكشاف والتعمق. فعلى صعيد المادة المستدامة المقترحة، ثمة حاجة ماسة إلى دراسات طويلة الأمد تتابع سلوكها في الميدان عبر فصول متعاقبة ومتغيرات مناخية متباينة، لقياس مدى ثباتها وفاعليتها بعد سنوات من التطبيق الفعلي. كما تستدعي الضرورة البحث في سبل إنتاجها على نطاق واسع بتكاليف أقل، وإشراك المجتمعات المحلية في عملية تصنيعها واستخدامها بوصفها حلاً نابعاً من البيئة وعائداً إليها. وعلى صعيد آخر، يمكن توجيه الأبحاث نحو دراسة التفاعل بين المادة المثبتة والغطاء النباتي الصحراوي، واستكشاف كيفية توظيفها لدعم إعادة التشجير وتعزيز التنوع البيولوجي في المناطق المهددة بالتصحر. ولا يقل أهمية عن ذلك العمل على إرساء منظومة رقابية ووقائية متكاملة تجمع بين التقنيات الحديثة كالاستشعار عن بعد وصور الأقمار الاصطناعية من جهة، والحلول المستدامة المحلية من جهة أخرى، لرصد تقدم الرمال والتدخل المبكر قبل أن تطال المناطق المأهولة. وصولاً إلى رؤية أشمل، يبقى الأمل معقوداً على أن تتضافر جهود الباحثين وصانعي القرار والمجتمعات المحلية والشركاء الدوليين في بناء استراتيجية متكاملة وطويلة النفس، تجعل من التصدي لزحف الرمال أولوية وطنية وإقليمية تحفظ للمدن الصحراوية وجودها وتصون لسكانها كرامة العيش واستقرار المستقبل.

الخاتمة العامة:

وفي الختام هذا البحث لقد شكل محاولة جادة لتقديم استجابة تقنية وعلمية مبتكرة لمواجهة التحديات البيئية المحدقة بالمجالات الحضرية والزراعية في المناطق الصحراوية، وتحديداً في منطقة تيلولين بأدرار، حيث يمثل زحف الرمال عائقاً جوهرياً أمام التنمية المستدامة. ومن خلال العمل على مدار الفصول الخمسة للمذكرة، تمكنا من تطوير محلول بوليميري هجين يجمع بين الأصالة في استخدام الموارد المحلية والحداثة في الهندسة الكيميائية للمواد، وهو ما يجسد جوهر مبادرة "شهادة–مؤسسة ناشئة" التي تسعى لربط البحث الأكاديمي بالواقع الاقتصادي والاحتياجات الميدانية للمجتمع.

أثبتت النتائج المخبرية والميدانية المحصل عليها أن التوليفة المبتكرة المعتمدة على دمج البوليمرات الحيوية مع مستحلبات الربط البوليميرية والمواد المصلّدة ذات الأصل المعدني، تمتلك قدرة فائقة على تشكيل قشرة واقية متماسكة تمتاز بمرونة عالية ضد التحلل والتشقق الناتج عن الظروف المناخية القاسية. كما أظهرت الدراسة أن تثمين النفايات الزراعية والرماد كعناصر مالئة لم يساهم فقط في خفض التكاليف الإنتاجية للمنتج، بل رفع من كفاءته الميكانيكية والبيئية، مما يجعله بديلاً استراتيجياً للمثبتات الكيميائية التقليدية التي غالباً ما تكون مكلفة وغير صديقة للبيئة الصحراوية الهشة.

وفيما يتعلق بالجدوى الاقتصادية والآفاق المستقبلية، فإن النمذجة التي أجريت ضمن إطار المؤسسة الناشئة تؤكد أن المشروع يمتلك إمكانات واعدة للتوسع، خاصة عند استخدام آلات الغربلة والرش الصناعية الضخمة القادرة على تغطية مساحات واسعة بفعالية ودقة. وبناءً عليه، فإننا نوصي بضرورة الانتقال إلى مرحلة الاختبار الميداني الموسع واستكمال إجراءات حماية الملكية الفكرية عبر براءة الاختراع، ليكون هذا المشروع لبنة أساسية في بناء اقتصاد دائر ومستدام يساهم في حماية مدننا الواحاتية وتطوير البنى التحتية الصحراوية وفق رؤية تقنية عصرية تخدم الوطن والمواطن.

دليل مشروع



للحصول على شهادة براءة اختراع
في إطار القرار الوزاري 1275

ديسمبر
2022

CNCSIIU — MHESR — ALGERIA

بطاقة معلومات

حول فريق الاشراف وفريق العمل

1- فريـــق الاشـــراف:

فريقالاشراف	
المشرفالرئيسي (01): عثماني عبد الرحمان	التخصص: قسم تسيير العملياتي للمشاريع

2- فريـــق الـعمـــل:



فريق المشروع	التخصص	الكلية
الطالب: عثماني عبد الجبار	تسيير مدينة	تسيير تقنيات الحضرية
الطالب: شرقي محمد عبد الفتاح	تسيير مدينة	تسيير تقنيات الحضرية



فهرس المحتويات

فهرس المحتويات

المحور الأول: تقديم براءة الاختراع..... 1
1. فكرة براءة الاختراع (الحل المقترح) 2
2. القيم المقترحة..... 2
3. فريق العمل (المخترعين)..... 3
4. أهداف براءة الاختراع..... 4
5. جدول زمني لتحقيق براءة الاختراع..... 4
المحور الثاني: وصف براءة الاختراع..... 5
1. ملخص براءة الاختراع (250 كلمة) 6
2. الميدان التقني الذي ينتمي إليه الاختراع..... 6
3.الحالة التقنية السابقة..... 7
4.الغرض (الهدف) من الاختراع..... 8
5.تقديم جوهر الاختراع: 8
- عندما يتعلق الأمر بجهاز..... 8
- عندما يتعلق الأمر بطريقة عملية (لإنتاج أو المعالجة) 9
- عندما يتعلق الأمر بمنتوج (مركب، مزيج، تشكيل....) 9
- عندما يتعلق الأمر بتطبيق جديد لجهاز معروف أو طريقة معروفة أو مادة معروفة..... 9
- عندما يتعلق الأمر بتركيبة جديدة لعناصر معروفة أو غير معروفة...9
6. شرح الأشكال و الرسومات: (دون وضعها في الوصف) 10
7.طريقة والية عمل الجهاز المخترع او المادة المخترعة..... 11
المحور الثالث: المطالب 12

1. المطلب الرئيس يتمثل في القيمة الإضافية والميزة التي جاء بها اختراعنا مقارنة بباقي الاختراعات الأخرى..... 8
2. المطالب المستنبطة من المطلب الرئيسي والتي تميز اختراعنا 8

المحور الأول

تقديم المشروع

ندرج المشروع ضمن التطبيقات الحديثة والمبتكرة في الإدارة التقنية للمجالات الحضرية، والبيئة، والتنمية المستدامة

- بدأت الفكرة من خلال الملاحظة الميدانية لظاهرة زحف الرمال وتأثيرها السلبي على البنية التحتية، الواحات، والطرق الحيوية في جنوبنا الكبير (خاصة منطقة أدرار). وتطورت الفكرة عبر الأبحاث المخبرية الأكاديمية والعملية لتطوير مركب حيوي يعتمد على مواد طبيعية مستدامة (مثل النشاء، الكيتوزان، والغليسرين) كبديل فعال واقتصادي للحلول الكيميائية أو الميكانيكية التقليدية المكلفة وغير المستدامة.
- إنتاج ورش مركب حيوي مبتكر ومستدام يعمل على ربط حبيبات الرمل وتشكيل قشرة متماسكة مقاومة للرياح، لمنع زحف الرمال وحماية المنشآت الحضرية، الواحات، والمحاور الطرقية الاستراتيجية.
- سيتم ذلك عبر تحضير الصيغة الحيوية المحسنة في خط إنتاج مخصص، ثم نقلها وتطبيقها ميدانياً باستخدام تقنيات رش هيدروليكية متطورة تغطي المساحات المستهدفة بدقة وكفاءة.
- فريق عمل متكامل يضم نخبة من الباحثين المتخصصين في إدارة المدن والتقنيات الحضرية، بالتعاون مع شركاء تقنيين ومستشارين في الهندسة البيئية والمخبرية.
- تتم التجارب المخبرية والتطوير الأولي في مخابر الجامعة، بينما ينطلق التطبيق الميداني والمشروع الريادي من **ولاية أدرار (منطقة تيلولين كحالة دراسة)** لحماية البنى التحتية الحساسة مثل **الطريق الوطني رقم 06** والمحيطات الفلاحية والواحات.

2. القيم المقترحة:

يمكن أن تنشأ القيم المقترحة أو المقدمة للزبائن من خلال العناصر التالية:

الحداثة (Novelty): تقديم حل بيولوجي وتكنولوجي مبتكر تماماً في السوق الجزائري يعوض الطرق التقليدية (مثل الأفراك أو الموانع الميكانيكية) ويوفر استدامة عالية لحماية المدن الصحراوية.

الأداء (Performance): يتميز المنتج بكفاءة عالية جداً في تثبيت حبيبات الرمل ومقاومة الظروف المناخية القاسية والرياح العاتية لفترات طويلة مقارنة بالحلول المؤقتة.

التكييف (Customization): إمكانية تعديل ومرونة تركيز الصيغة الحيوية للمركب (Biopolymer formula) بناءً على طبيعة التربة، الخصائص الحبيبية (Granulométrie) للمنطقة، ونوع المنشأة المراد حمايتها (طرق، واحات، أو تجمعات سكنية).

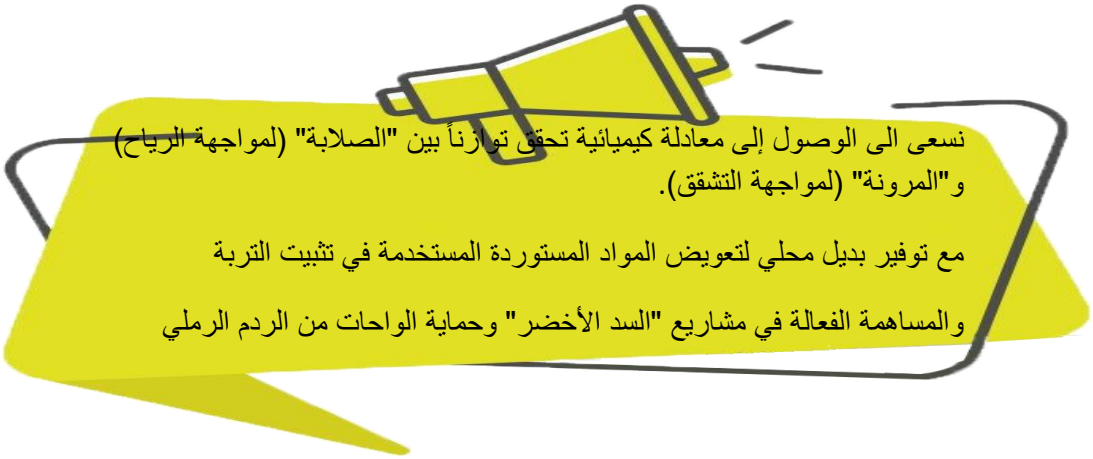
خفض التكاليف (Cost Reduction): توفير تكاليف الصيانة الدورية وإعادة إزالة الرمال عن الطرق والمنشآت، بالإضافة إلى استغلال مواد أولية اقتصادية ومتاحة محلياً مقارنة بالمثبتات الكيميائية المستوردة.

الحد من المخاطر (Risk Reduction): تقليص خطر الحوادث المرورية الناجمة عن زحف الرمال على الطرق السريعة (مثل الطريق الوطني رقم 06)، وحماية الاستثمارات الفلاحية والواحات من الطمر وموت المحاصيل.

الملاءمة وسهولة الاستخدام (Usability): سهولة تحضير ورش المنتج ميدانياً باستخدام آليات الرش العادية دون الحاجة إلى بنية تحتية معقدة أو عمالة مكثفة.

1. اهداف المشروع:

تحتاج في هذا الجزء إلى تحديد الأهداف الابتكارية لبراءة الاختراع



5. جدول زمني لانجاز براءة الاختراع:

الشهر أو الأسبوع

الأعمال			1	2	3	4	5	6	7
1		جمع المواد الأولية (النشاء، الطين، الرماد) ومراجعة النسب العلمية.	✓	✓					
2		خلط العينات بنسب متفاوتة واختبار درجة التماسك والصلابة.		✓	✓				
3		تجريب النموذج الأولي		✓	✓	✓			
...		تطبيق االنموذج الاولي على مساحة تجريبية مصغرة واختبار مقاومتها للماء والرياح.			✓	✓	✓		
ن		تحليل النتائج وتعديل النسب بناءً على أداء النموذج الأولي						✓	
...		إعداد دراسة الجدوى الاقتصادية وخطة التسويق للمؤسسة الناشئة							✓

المحور الثاني

الجوانب الإبتكارية



المحور الثاني

الجوانب الابتكارية

1. طبيعة الابتكارات:

يُصنف ابتكار مشروعكم ضمن فئة "الابتكار في المواد المستدامة، وتتحدد طبيعته في ثلاث نقاط جوهرية:

ابتكار في التركيبة:

خلافاً للمثبتات الأحادية، يعتمد مشروعكم على التآزر بين المكون العضوي (النشاء) والمعدني (الطين والرماد). هذا التداخل يخلق مادة "بلاستيكية-حيوية" ذات خصائص فيزيائية هجينة تجمع بين الالتصاق والصلابة والمسامية.

ابتكار في العمليات:

استخدام الرماد ليس فقط كمادة مالئة، بل كمحفز تفاعل كيميائي مع الطين، مما يسرع من عملية "التصلب السطحي" فور الرش، وهي عملية تحاكي تصلب الإسمنت لكن بطريقة حيوية.

ابتكار بيئي:

الاعتماد على الاقتصاد الدائري؛ حيث يتم تحويل مخلفات الاحتراق (الرماد) ونفايات الصناعات التحويلية (بقايا النشاء) إلى منتج عالي القيمة

2. مجالات الابتكارات:

لا يتوقف ابتكاركم عند تثبيت الرمال فقط، بل يمتد ليشمل مجالات حيوية متعددة:

أ. مجال الأشغال العمومية والبنية التحتية:

حماية الطرق الصحراوية: رش جوانب الطرق لمنع تراكم الرمال (الزحف الرملي) الذي يتسبب في حوادث المرور.

حماية السكك الحديدية: تأمين خطوط القطارات في المناطق الجافة من الانجراف والردم.

ب. المجال الزراعي والبيئي:

إعادة تأهيل الأراضي المتصحرة: يعمل المركب كـ "حاضنة" للبذور، حيث يوفر لها الثبات والرطوبة (بفضل الطين) والمغذيات (بفضل الرماد).

تثبيت مصدات الرياح: تقوية التربة حول الأشجار المغروسة حديثاً في مشاريع السد الأخضر لضمان صمودها أمام العواصف.

ج. مجال التعدين والمقالع:

السيطرة على الغبار :(Dust Control) رش المادة في مواقع المناجم والمقالع لتقليل تطاير الأتربة والرماد الناعم، مما يحسن ظروف العمل ويحمي البيئة المحيطة.

د. مجال الطاقة المتجددة: حماية محطات الطاقة الشمسية: تثبيت التربة المحيطة بالألواح الشمسية في الصحراء لمنع تطاير الغبار الذي يقلل من كفاءة الخلايا الضوئية.

المحور الثالث

وصف براءة الاختراع



المحور الثاني: وصف براءة الاختراع

- عنوان براءة الاختراع: العنوان يضبط جيد وفي حدود 10 كلمات ولا يحتوي على اختصارات

مركب مستدام لتثبيت التربة الرملية، يتكون من خليط من مواد طبيعية (نشا الذرة، الطين، الرماد) ومواد مضافة كيميائية غير مضرة بالبيئة.

- ملخص براءة الاختراع (250 كلمة)

موضوع الاختراع الحالي هو مادة مثبتة مستدامة تعمل على تقديم حل هندسي بيئي متكامل لحماية المدن الصحراوية من زحف الرمال من خلال رشها على الرمال لتشكيل طبقة صلبة شبه مرنة. يعتمد المركب المبتكر على دمج نشا الذرة والطين المحلي، ورماد المخلفات النخيل لأنشاء قشرة واقية متماسكة فوق الكثبان الرملية. ما يميز هذا الابتكار هو استبدال المواد الكيميائية الضارة والراتنجات السامة بمواد كيميائية مضافة صديقة للبيئة بنسبة 40 بالمئة، مما يضمن امانا تاما للنظم البيئية والمياه الجوفية. المنتج ليس فقط أداة للتثبيت الميكانيكي بل هو وسيط حيوي يحافظ على مسامية التربة ويسمح بنمو الغطاء النباتي مستقبلا مما يجعله خيارا اقتصاديا وفعالا للمناطق الجافة التي تسعى لتحقيق اهداف التنمية المستدام.

- الميدان التقني الذي ينتمي إليه الاختراع:

يندرج هذا الابتكار ضمن الجيوتقنية البيئية يهدف لتطوير حلول هندسية لمكافحة التصحر وحماية البنى التحتية الصحراوية من زحف الرمال وتعرية الرياح.

- الحالة التقنية السابقة:

الحلول التقليدية تعتمد غالبا على :

1-3 :المصدات الميكانيكية: هي حواجز مادية صلبة تُستخدم لصد الرياح، تتميز بفعالية أولية لكنها تعيبها التكلفة الباهظة وحاجتها الدائمة للصيانة، حيث تتعرض للدفن السريع بفعل تراكم الرمال المستمر.

2-3 :المشتقات النفطية: هي وسيلة تعتمد على رش مواد بترولية لتثبيت سطح التربة؛ ورغم قوتها في منع تطاير الرمال، إلا أنها تُصنف كتقنية ضارة بيئياً لأنها تسبب تلوثاً للتربة والمياه الجوفية وتقضي على الكائنات الدقيقة.

3-3 :التشجير: هو أسلوب يعتمد على زراعة أحزمة نباتية لكسر حدة الرياح، ويعيبه استنزاف كميات ضخمة من المياه الصالحة للشرب، بالإضافة إلى انخفاض فرص نجاحه في المناطق ذات الظروف المناخية القاسية جداً.

4-3: جدار طبيعي صناعي (افراق): هي إستراتيجية صناعية طبيعية تعتمد على إعادة تدوير مخلفات النخيل (الجريد) وتحويلها عبر الحياكة اليدوية إلى ستائر دفاعية شبكية نفاذة للهواء.

-الغرض (الهدف) من الاختراع:

ابتكار مادة مثبتة مستدامة تعمل على خلق طبقة صلبة شبه مرنة فوق الرمال بواسطة الرش، هذه الطبقة تمنع تطايرها بفعل الرياح وتسمح في الوقت نفسه بنفاذ مياه الامطار مع تقليل من الأثر البيئي الكربوني.

- تقديم جوهر الاختراع:

يتمثل جوهر الاختراع في ابتكار **مُثبّت حيوي سائل وصديق للبيئة**، مُصمم خصيصاً لمكافحة زحف الرمال وتثبيت التربة في المناطق الصحراوية. تعتمد آلية الابتكار على رش المركب هيدروليكياً ليتغلغل بين حبيبات الرمل، رابطاً إياها لتشكيل قشرة سطحية متماسكة ومرنة، تتميز بمقاومة عالية للرياح العاتية وعوامل التعرية.

تكمن قيمة هذا الاختراع في قدرته على التكيف مع الخصائص الحبيبية المختلفة للتربة، مما يوفر حلاً هندسياً مستداماً واقتصادياً لحماية البنية التحتية الحيوية، المحاور الطرقية، والواحات، كبديل فعال للحلول الكيميائية أو الميكانيكية التقليدية.

- طريقة والية عمل الجهاز المخترع او المادة المخترعة:

أولاً: مرحلة التصنيع والخلط (داخل المفاعل الحراري)

يتم إنتاج المادة الرابطة الحيوية باستخدام **مفاعل مزج حراري** لضمان تجانس المكونات وتفاعلها بالشكل الأمثل، وتعتمد العملية على دمج ثلاث قواعد أساسية وفق تركيبة وزنية مدروسة:

1. **القاعدة الأولى (الرابط البيولوجي النسيجي) :**مادة **الكيتوسان** المذابة مسبقاً في محلول حمضي مخفف لتنشيط روابطها القطبية.
2. **القاعدة الثانية (الرابط الهيكلي) :النشاء** المطبوخ حرارياً داخل المفاعل حتى الغليان والوصول إلى مرحلة الشفافية لرفع كفاءة الالتصاق.
3. **القاعدة الثالثة (الحشوة المعدنية الطبيعية) :**معجون ناعم ومتجانس من **الطين والرماد** لتوفير الدعامة الصلبة وسد الفراغات الميكروية.

الدعم والمحسنات :يُدعم هذا المزيج الثلاثي بنسب دقيقة من **الملح والسيليكا**؛ حيث تعمل هذه الإضافات على تقوية الروابط البينية (Cross-linking) وزيادة صلابة وتماسك المنتج النهائي. في نهاية الدورة الحرارية، يُخفف المركب بالماء للوصول إلى اللزوجة المطلوبة، ثم يمر عبر نظام تصفية دقيق (Filtration) لضمان نقائه وخلوه من الشوائب التي قد تسد مضخات الرش.

ثانياً: مرحلة التطبيق الميداني وآلية التثبيت

عند الانتقال إلى الميدان لحماية البنية التحتية ومكافحة التصحر، تتبع العملية الخطوات التالية:

- **الرش ثنائي الطبقات:** رش السائل الناتج بانتظام فوق السطح الرملي المستهدف على **طبقتين متتاليتين**:
  - **الطبقة الأولى :**تعمل على التغلغل العميق داخل جزيئات الرمل وتأسيس قاعدة الترابط.
  - **الطبقة الثانية :**تثبت السطح الخارجي وتغلق المسامات المعرضة للرياح بشكل مباشر.
- **التصلب وجفاف المنتج :**بعد الجفاف التام بفعل الحرارة وعوامل الطقس، يتحول المركب إلى **قشرة صلبة، متماسكة، ومرنة في آن واحد**، قادرة على تحمل الإجهادات الميكانيكية ومقاومة التعرية الجوية الشديدة (زحف الرمال والعواصف).
- **الاستدامة البيئية :**نظراً للطبيعة الحيوية للمكونات (نشاء، كيتوسان، طين، رماد)، فإن هذه القشرة تتحلل طبيعياً على المدى الطويل دون ترك أي أثر كيميائي سام، مما يحافظ تماماً على المعايير البيئية للمنطقة والمياه الجوفية

المحور الرابع

المطالب



المطالب :

المطلب الرئيس يتمثل في القيمة الإضافية والميزة التي جاء بها اختراعنا مقارنة بباقي الاختراعات الأخرى

المطلب رقم 1 :سائل تثبيت هجين ومستدام مخصص لمكافحة زحف الرمال وتثبيت التربة الصحراوية، يتميز بأنه يتكون من روابط بوليمرية حيوية مدمجة مع مواد معدنية نشطة مستخلصة من مخلفات زراعية محروقة، ويظهر عند قوام "حليب كثيف" ذو لزوجة ديناميكية تسمح بالرش المباشر بضغط هيدروليكي دون انسداد الفوهات، وله القدرة على التغلغل العميق في الفراغات البينية للرمل الصحراوي بعمق يصل إلى ما 2مام الى 4 ملم لتشكيل قشرة سطحية متماسكة ومرنة بعد الجفاف التام.

2. المطالب المستنبطة من المطلب الرئيسي والتي تميز اختراعنا:

- لمطلب **رقم 2 (متفرع من المطلب 1) :**التركيبة حسب المطلب رقم 1، تتميز بأن الروابط البوليمرية الحيوية تشكل ثنائياً من (النشا والكيتوسان) المذاب في وسط حمضي ضعيف باستخدام حمض الخليك كمذيب وسيط ومفعل أيوني للكيتوسان لضمان التجانس التام للخليط، مما يخلق شبكة روابط "هيدروجينية" متقاطعة تضمن مرونة القشرة ومنع تشققها.

- المطلب **رقم 3 (متفرع من المطلب 1) :**التركيبة وفقاً للمطلب رقم 1، تتميز بأن المواد المعدنية النشطة تشمل ثنائياً من (سيليكا حيوية – أكريليك مائي)، حيث يعمل رماد النخيل كعامل تدعيم فيزيائي داخل راتنج الأكريليك، مما يوفر مقاومة مزدوجة ضد التعرية الريحية والانجراف المائي.

- المطلب **رقم 4 (متفرع من المطلب 1) :**التركيبة حسب المطلب رقم 1، تتميز باحتوائها على توليفة ثنائية من (الطين الطبيعي والرماد الحيوي) تحاكي تفاعل "الجيوبوليمر" الكيميائي في الوسط المائي، مما يمنح المنتج صلابة هيكلية سريعة.

- المطلب **رقم 5 (متفرع من المطلب 4) :**التركيبة وفقاً للمطلب رقم 4، تتميز بقدرتها العالية على تحقيق التصلب النهائي والكامل للقشرة الواقية في غضون 24 ساعة فقط، نتيجة التفاعل الكيميائي المحفز والمستمر بين السيليكا النشطة والطين.

- المطلب **رقم 6 (متفرع من المطلب 1 والمطالب السابقة) :**التركيبة طبقاً للمطالب السابقة، تتميز بأن نسبة الأكريليك البيئي المائي المضاف إليها لا تتعدى 5% وزناً من إجمالي الخليط، وتعمل كغلاف كاره للماء لحماية الروابط والبوليمرات الحيوية من الذوبان المبكر بفعل الرطوبة أو الأمطار.

- المطلب **رقم 7 (متفرع من المطلب 1 والمطالب السابقة) :**المواد المذكورة في المطالب السابقة، تتميز بأنها صديقة للبيئة وخالية تماماً من راتنجات اليوريا-فورمالدهيد السامة أو مشتقات الهيدروكربون العطري، مما يجعل التركيبة متوافقة تماماً مع معايير "الكيمياء الخضراء" والاستدامة في الأوساط الحضرية والزراعية.



دليل مشروع

للحصول على شهادة مؤسسة ناشئة
في إطار القرار الوزاري 1275

ديسمبر
2022

قائمة المصادر والمراجع:

1_الكتب:

باللغة العربية:

- دويدري، رجاء وحيد؛ البحث العلمي: أساسياته النظرية وممارسته العملية، الطبعة الأولى، دار الفكر، دمشق، سوريا، 2000.
- بوحوش، عمار؛ الذنيبات، محمد محمود؛ مناهج البحث العلمي وطرق إعداد البحوث، الطبعة الرابعة، ديوان المطبوعات الجامعية، الجزائر، 2007.
- العوضي، جاسم محمد؛ الانسياق الرملي، الطبعة الأولى، مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، الكويت، 2004.
- الجوذري، محمد عبد القادر؛ جاير، عمر؛ جيومرفولوجية المناطق الجافة وشبه الجافة، الطبعة الأولى، دار الصفاء للنشر والتوزيع، عمان، الأردن، 2014.
- طلحة، بشير؛ المدينة الصحراوية وإشكالات التحضر: المفاهيم والمقاربات، الطبعة الأولى، دار ألفا للوثائق، الجزائر، 2019.
- الوليعي، عبد الله بن ناصر؛ تخطيط المدن الصحراوية، الطبعة الأولى، جامعة الملك سعود، الرياض، 2003.
- الخياط، جودت؛ جغرافية المدن، الطبعة الأولى، دار الكندي للنشر والتوزيع، إربد، الأردن، 2004.
- نونة، محمد؛ التعايش مع الصحراء، الطبعة الثالثة، دار النشر العسكرية، الرياض، 2010.
- أحمد عبد الله محمد؛ الظواهر الجيومرفولوجية في البيئات الجافة، الطبعة الثالثة، دار الكتب العلمية، القاهرة، 2019.
- مراد، ناصر؛ التنمية المستدامة وتحدياتها في الجزائر، الطبعة الأولى، دار الجامعة الجديدة، الجزائر، 2012.
- محمد عبد الله؛ التنمية المستدامة في المناطق الجافة، الطبعة الثانية، مطبعة جامعة الملك سعود، الرياض، 2020.

قائمة المصادر والمراجع:

- محمد الهادي أبو لقمة؛ سعد خليل القزيري؛ الجغرافيا الجمهرية، الطبعة الأولى، دار ومكتبة الشعب، مصراتة، ليبيا، 2004.
- هاشم لفتة جاسم؛ عباس فاضل السعدي؛ جغرافية العراق، الطبعة الأولى، دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة بغداد، بغداد، 2005.
- القوز، محمد؛ علم الأشكال الأرضية الجيومرفولوجية، دار النهضة العربية، 2005.
- محمد بن بادي؛ توات والتحولات الاجتماعية، الطبعة الأولى، دار الكتاب الحديث، القاهرة، 2012.
- دبوزة، محمد؛ التغيرات المناخية وظاهرة التصحر في الجزائر، دار الهدى للطباعة والنشر والتوزيع، 2018.

باللغة الأجنبية:

- Ajai, P. et al. ; Desertification and Its Control, Springer, Berlin, 2014.
- Ralph O. Skidmore ; Wind Erosion and Its Control, Springer, USA, 1986.
- Jean Messines ; Sand Dune Fixation and Afforestation in Libya, FAO, Roma, 1953.

2 -مذكرات التخرج:

- بن عومر، محمد؛ بوعلام، عبد القادر؛ أثر زحف الرمال على النسيج العمراني والواحاتي في إقليم توات: دراسة تقنية وميدانية لبلدة تيلولين بأدرار، مذكرة تخرج ماستر، كلية العلوم والتكنولوجيا، قسم الهندسة المعمارية، جامعة العقيد أحمد دراية، أدرار، 2021.
- لشهب، مريم؛ قدوري، فاطمة؛ أثر العوامل المناخية على زحف الرمال في إقليم توات: دراسة حالة قصر تيلولين بولاية أدرار، مذكرة ماستر، كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية، قسم الجغرافيا والتهيئة الإقليمية، جامعة العقيد أحمد دراية، أدرار، 2019.
- بن عومر، محمد؛ جيومرفولوجية الكثبان الرملية وأثرها على التجمعات السكنية في إقليم توات: دراسة تطبيقية على منطقة تيلولين، مذكرة ماستر في الجغرافيا والتهيئة العمرانية، جامعة العقيد أحمد دراية، أدرار، 2020.

- سعيدي، عبد الكريم؛ التحليل المخبري لرمال الكثبان وأثره في هندسة الحماية بالمناطق الصحراوية، حالة قصر تيلولين، مذكرة ماستر في الهندسة الريفية، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة، 2021.
- بوزاهر، سليمان؛ ديناميكية الرمال وآثارها على المنشآت الحضرية في إقليم أدرار، أطروحة دكتوراه، جامعة ورقلة، 2015.
- Ould Safi, Mohammed. Etude du Phénomène d'Ensablement dans la Région de Gourara, Wilaya d'Adrar, en Utilisant l'Outil Télédétection et SIG. Thèse de doctorat en Foresterie, Département des Ressources Forestières, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers, Université Abou Bekr Belkaïd, Tlemcen, Algérie, 2018

3 -المجلات العلمية:

باللغة العربية:

- صيفي، م.؛ بولغبرة، نور الدين؛ فطوم، ل.؛ السد الأخضر في الجزائر أداةً لمكافحة التصحر، مجلةPlanet Risk ، المنتدى العالمي للمخاطرGRF ، دافوس، سويسرا، المجلد 3، 2015.
- عشاشي، محمد؛ التغيرات المناخية وزحف الرمال في الجزائر، دراسة منشورة، 2016، نقلاً عن وكالة الأناضول.
- قناطي، نجاة؛ بوناب، حنان؛ الهوية العمرانية للمدينة الصحراوية: القصر القديم بمدينة الأغواط، مجلة العلوم الاجتماعية والإنسانية، جامعة ورقلة، العدد 22، الجزائر، 2015.
- بن عقبة، فوزي؛ المناخ المحلي وآثاره على الراحة الحرارية في السكنات الصحراوية، حالة مدينة أدرار، مجلة الهندسة المعمارية والبيئية، جامعة بسكرة، 2019.

باللغة الأجنبية:

- Bachir Ahmed. « Techniques to Control Wind Erosion in Libya ». Revue des Régions Arides, Tunis, 2015, pp. 249–252.
- FAO. Sand Dune Stabilization, Shelterbelts and Afforestation in Dry Zones. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, 1988, pp. 10–30 .
- Bensafia, S., Boukhalifi, K., & Othmani, H. (Year). Evaluation of the sand encroachment phenomenon in arid regions : A case study of El Hadjeb municipality, Biskra province. Op. Cit., pp. 35–48.

4 -التقارير والوثائق الرسمية:

- مجموعة إدارة البيئة الأممية(EMG) ؛ الأراضي الجافة العالمية: استجابة منظومة الأمم المتحدة، برنامج الأمم المتحدة للبيئة، 2011.
- المديرية العامة للتهيئة والتعمير؛ المخطط الوطني لتهيئة الإقليم2025 SNAT ، وزارة التهيئة العمرانية والبيئة والسياحة، الجزائر، 2010.
- المديرية الولائية للتخطيط والتهيئة؛ المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير لبلدية أنجزمير، ولاية أدرار، الجزائر، 2015.
- بلدية أنجزمير؛ مديرية التعمير والبناء لولاية أدرار؛ المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير PDAU ، تقرير تقني، ولاية أدرار، 2024.
- برنامج الأمم المتحدة للبيئة ومنظمة الأغذية والزراعة(UNEP/FAO) ؛ Guidelines for the Control of Soil Degradations، روما، 1983.
- منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة(FAO) ؛ Voluntary Guidelines for Sustainable Soil Management، روما، 2016.
- منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة(FAO) ؛ AQUASTAT Country Profile – Libya، روما، 2016.

- منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة(FAO) ؛ Fighting Sand Encroachment: Lessons from Mauritania، روما، 2010.
- برنامج الصندوق الدولي للتنمية الزراعية(IFAD) ؛ Libya Country Strategic Opportunities Programme، روما، 2023.
- الأمم المتحدة للسياحة(UNWTO) ؛ التنمية السياحية المستدامة في الصحاري: دليل لصانعي القرار، مدريد، 2007.
- مركز البحوث الزراعية؛ الكثبان الرملية، المادة العلمية، رقم 804/2003.
- المعهد الموريتاني للبحوث العلمية؛ التصحر في نواكشوط: الأسباب والمخاطر والمكافحة، نواكشوط، 2024.
- وزارة البيئة والتنمية المستدامة (موريتانيا)؛ الوكالة الوطنية للسور الأخضر الكبير وبرامجها في استعادة النظم البيئية، نواكشوط.
- وزارة البيئة والتنمية المستدامة (موريتانيا)؛ برامج السور الأخضر الكبير في موريتانيا، نواكشوط، 2022.
- الوكالة الوطنية للموارد المائية؛ التقرير الهيدرولوجي للمناطق الصحراوية.
- معطيات محطة أدرار، الديوان الوطني للأرصاد الجوية، للفترة 2019-2025.
- GUID ISO 14055-1: Environmental Management – Guidelines for Combatting Land Degradation and Desertification, 1ère édition, janvier 2017.

5 -مواقع الإنترنت والمصادر الإعلامية:

- السفارة الجزائرية في سلطنة عُمان؛ الموقع الجغرافي، (د.ت).
- وزارة البيئة والتنمية المستدامة الموريتانية؛ نسبة التصحر في موريتانيا بلغت 78 في المائة، العربي الجديد، نواكشوط، 18 يونيو 2015.
- الوكالة الموريتانية للأنباء؛ مشروع الحزام الأخضر لمدينة نواكشوط: تجربة رائدة في مقاومة التصحر، نواكشوط، 2006.
- وكالة يورونيوز؛ مشروع الجدار الأخضر لمكافحة التصحر في موريتانيا، يورونيوز، 2022.

- تقرير صحيفة الشعب اليومية؛ طريق تريم مشروع وهب الحياة لصحراء تاكلاماكان، 2020.

بعض الأشجار المقاومة لدرجة الحرارة والتي يمكنها ان تنمو في المناطق الصحراوية

		
تاماريكس أفيللا	الوكينا	الكازورينا الكويزيتفوليا
		
الراندونيا الافريقية	طرفاء فرنسي	الزيجوفيلوم
		
الفارسيتيا المصرية	الضمران الشواكي	النجيل زاحف

قائمة المصادر والمراجع:

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche scientifique
جامعة محمد بوضياف - المسيلة
Université Mohamed Boudiaf - M'sila
مركز دعم التكنولوجيا والابتكار
Centre d'Appui à la Technologie et à l'Innovation (CATI)

الرقم: 2026/ 27 المسيلة في: 2026/05/17

إلى السيد: مدير مخبر الهندسة المدنية
بكلية التكنولوجيا

الموضوع: توصية للولوج الى المخبر

يسرنا نحن مسؤول مركز دعم التكنولوجيا والابتكار لجامعة المسيلة بأن نلتمس منكم السماح للطالبين المذكورين أسفله بالولوج الى مخبر الهندسة المدنية وذلك من أجل تكملة نموذجهم الاولي في إطار القرار 1275 المعدل والمتمم.

الطالبين: عثماني عبد الجبار & شرقي محمد عبد الفتاح

تحت إشراف الأستاذ: عثماني عبد الرحمان

الكلية: معهد تسيير التقنيات الحضرية

الغرض: تحضير مركب مستدام لتثبيت التربة الرملية

الجهاز المراد استعماله: أجهزة الخلط والضغط وبعض المركبات.

نحن نثمن ونقدر مجهوداتكم في دعم الطلبة اصحاب المشاريع المبتكرة، فتقبلوا منا كل الاحترام والتقدير.

مسؤول مركز دعم التكنولوجيا والابتكار

أ. د. يـوسف بريـك

مركز دعم التكنولوجيا والابتكار، مجمع الوحدات، القطب الجامعي الشمالي، جامعة محمد بوضياف بالمسيلة
ت: 035133849
فاكس: cati@univ-msila.dz