جامعة قاصدي مرباح – ورقلة

كلية الرياضيات و علوم المادة

قسم الفبزياء

مذكرة

ماستر أكاديمي

مجال: علوم المادة

فرع: فيزياء

تخصص: ماستر الفيزياء و الأرصاد الجوية للأوساط الجافة

من إعداد الطالب: ميموني عمار

بعنوان:

دراسة مورفو ديناميكية الكثبان الرملية بمنطقة حاسي مسعود

نوقشت يوم: 2017/06/04.

لجنة المناقشة:

–الدكتور بن مبروك لزهر	أستاذ محاضر أ	رئيسا	جامعة قاصدي مرباح ورقلة.
–الدكتور معريف ياسين	أستاذ محاضر ب	مناقشا	جامعة قاصدي مرباح ورقلة.
–الأستاذ بن بلقاسم خلف الله	أستاذ مساعد أ	مشرفا	جامعة قاصدي مرباح ورقلة.

السنة الجامعية 2016–2017

الإهداء

أولا وقبل كل شيء أحمد الله الذي وفقني وأنار دربي في مشواري الدراسي حتى وصلت إلى هذه الدرجة من العلم والنجاح وهذا كله بفضله سبحانه وتعالى

أهدي ثمرة نجاحي هذا إلى :

نبع الحنان وبر الأمان وسر نجاحي على الدوام وأغلى ما عندي و الذي أفنى حياته من أجل تعليمي إلى سندي ومعيني على تحمل الصعاب ،إلى من علماني كيف تكون الأصول والآداب والدي و والدتي أطال الله في عمرهما .

إلى زوجتي العزيزة و أبنائي أميمة و بدر الدين و أسيل.

إلى الزهرات الفواحة في جناني عاشت معي زماني أخواتي العزيزات و إخواني كل بإسمه".

إلى أصدقائي و كل من جمعني بهم مشواري الدراسي من بدايته إلى نهايته وردوا الثقة في نفسي وأعطوني الأمل في الدراسة.

واهدي هذا العمل إلى الأساتذة المحترمين و الذي بفضلهم يتم النجاح .

و كل من ذكرهم قلبي ولم يكتبهم قلمي أهديهم هذا العمل المتواضع .

ميموني عمار

الحمد لله الذي وفقني على هذا العمل والذي بنعمته تتم الصالحات و بنوره تنزل البركات.

أتوجه بالشكر للأستاذ المشرف بن بلقاسم خلف الله على توجيهاته و تصويباته الرشيدة لهذا العمل كما أشكر الدكتور عطية سالم على تعاونه .

كما أتقدم بالشكر لموظفي المديرية الجهوية للأرصاد الجوية بورقلة و الشركة الوطنية للجيوفيزياء بحاسي مسعود، على المعلومات القيمة التي فادوني بها .

و لا يسعني إلا أن أشكر أعضاء لجنة المناقشة لما أبدوه لي من ملاحظات وأراء و توجيهات صادقة من شأنها إثراء و إكمال الجهد في هذه الدارسة.

ميموني عمار

الفهرس

الفهرس

الصفحة

الإهداء ..... أ

الشكر ..... ب

الفهرس ..... ج

قائمة الجداول و الأشكال ..... د

المقدمة العامة 01

الفصل الأول: الدراسة النظرية لمرفولوجيا و ديناميكيا الكثبان الرملية 07

تمهيد 08

1- الدراسة النظرية 09

1-1) تعريف الطبقة الحدية و الطبقة الحدية السطحية 09

1-1-1) مفهوم الطبقة الحدية 09

1-1-2) مفهوم الطبقة الحدية السطحية 09

1-1-3) منشأ الكثبان الرملية 10

1-1-4) كيفية تكوين الكثبان الرملية 11

1-1-5) عوامل تكوين الكثبان الرملية 12

1-1-6) الأشكال المورفولوجية للكثبان الرملية 13

1-2) التعرف على منطقة الدراسة و كيفية إعداد دراسة مناخية 14

1-2-1) نبذة عن مدينة حاسي مسعود 14

2-العلاقات و الدراسات الفيزيائية التي تتدخل في العلاقات المورفولوجية و الديناميكية 16

2-1) العلاقات الفيزيائية المتدخلة في تحريك الكثبان 16

2-1-1) العلاقات الفيزيائية المرتبطة بالطبقة الحدية 16

2-1-2) نقل الرمال الأيولية 18

2-1-3) الأنواع المميزة عن نقل الرمال الناتجة عن الرياح 18

2-1-4) القوى و عتبة تحرك الحبوب 20

2-2) النوع النموذجي لكثيب الدراسة البرخان 21

2-2-1) التعريف بنوع البرخان 21

2-2-2) دور طول خشونة السطح و حجم الكثبان الرملية 22

2-2-3) فقاعات الفصل و مميزاتها 24

2-2-4) ديناميكية كثيب رملي 25
2-3) موقع الدراسة العملية في هذا الموضوع 26
الفصل الثاني:دراسة الحالة المورفولوجية و الديناميكية للكثبان و للكثيب الهلالي بالمنطقة 27
تمهيد 28
1- عرض طرق و أدوات حساب حجم كثيب هلالي و ديناميكيته 29
1-1) طريقة الدراسة 29
1-1-1)العوامل المناخية المؤثرة في حركة الرمال 29
1-1-2) العوامل التركيبية لتكون الرمال بالمنطقة 33
1-2)حساب حجم الكثيب الهلالي 33
1-2-1)العوامل الرئيسية لتثبيت الرمال و عدم زحفها إلى المناطق الحيوية 34
1-2-2)حساب مقدار تقدم الكثبان الرملية بالمنطقة 43
1-3) معدل هجرة الكثبان الرملية (البرخان) 43
1-3-1)حركة الكثيب الهلالي 43
1-3-2)البنية الثلاثية لكثيب هلالي 44
1-3-3) العلاقة بين التدفقات الواردة و الصادرة 44
1-3-4)استقرار الكثيب برخان 45
2-النتائج و التحليل المورفومتري للكثبان بالمنطقة 45
2-1)التحليل المورفومتري لأبعاد الكثبان 45
2-2) تحليل قطاعات منحدرات الكثبان الرملية 47
2-3) تحليل أحجام الرمال 48
الخلاصـــة 49
المراجع 52

قائمة الجداول و الأشكال

قائمة الجداول والأشكال:

رقم الشكل	عنوان الشكل	الصفحة
1	تدرج سرعة الجريان ضمن الطبقة الحدية من الجريان الصفائحي	9
2	تدرج سرعة الجريان ضمن الطبقة الحدية السطحية من الجريان الصفائحي	10
3	مراحل تكوين الكثبان الرملية	12
4	بعض أنواع الكثبان الرملية	14
5	الموقع و التقسيم الاداري لمنطقة الدراسة	14
6	صورة بالقمر الصناعي لمدينة حاسي مسعود	15
7	مغمور الحبوب الصغيرة في الطبقة الصفحية	17
8	القوى المؤثرة في تحرك الحبوب الرملية	20
9	تصوير جوي لحقل من الكثبان	22
10-11-12	حساب الكثبان الرملية مع نفس السطح الاولي و باختلاف النسب	23-24
13	رسم توضيحي للشريحة المركزية لكثيب برخان	24
14	المغلف لملامح الرياح من الكثبان الرملية	25
15	رسم تخطيطي لنزوح الكثبان الرملية و ترسب حجم الرمل	25
16	كثيب رملي نوع هلالي	26
17	منحنى يمثل متوسط درجة الحرارة الدنيا	29
18	منحنى يمثل متوسط درجة الحرارة القصوى	30
19	منحنى يمثل معدل الرطوبة الدنيا	30
20	منحنى يمثل معدل الرطوبة القصوى	31
21	منحنى يمثل معدل الرياح القصوى	31
22	منحنى يمثل معدل التبخر	32
23	منحنى يمثل معدل تساقط الامطار	32
24-25	رسم توضيحي لكثيب هلالي (أ) (ب)	34-35
26	رسم تمثيلي لكثيب هلالي/رسم يعرض أبعاد الكثيب	35
27	رسم توضيحي لكثيب هلالي	36
28	رسم توضيحي لارتفاع مثلث المقطع	38
29	منحنى يمثل معدل تغيرات سرعة الرياح و الجهة	41
30	منحنى يمثل معدل تغير جهة الرياح	42

31	منحنى يمثل معدل ارتفاع الكثبان بالنسبة للزمن	42
33-32	البيانات الميدانية لحركة الكثيب / رسم تخطيطي لكثيب	43
34	توضيح البنية الثلاثية لابعاد البرخان	44
35	منحني الوضع المستقر و الغير مستقر للكثيب	45
36	القطاعات العرضية لنمادج مختارة	48

قائمة الجداول

رقم الجدول	عنوان الجدول	الصفحة
1	جدول يمثل قطر عينات حبيبات الرمل	33
2	حجوم لبعض الكثبان الرملية بالمنطقة	40
3	سرعة وجهة الرياح خلال شهر أفريل	41
4	معدل سرعات الرياح في شهر أفريل	43
5	التحليل المورفومتري لأبعاد الكثبان الرملية بالمنطقة	47-46
6	تحليل أحجام الرمال بمنطقة الدراسة	48

المقدمـة العامة

1 – توطئة.

إن الدراسة المورفوديناميكية للكثبان الرملية هي دراسة معقدة و تشمل عوامل كثيرة و هذا لصعوبة التعامل مع الكثبان الرملية في بنيتها و حركيتها و تأثيرها بالعوامل الجوية المتغيرة سواء في تغيرات درجة الحرارة أو الرطوبة أو الرياح أو الضغط ، و هذه التأثيرات ترجع أيضا إلى الخصائص الطبيعية لمنطقة الدراسة من تضاريس و مناخ.

كما تشمل هذه الدراسة أيضا تأثير الطبقة الحدية للغلاف الجوي و خاصة تلك القريبة من سطح الأرض و التي تؤثر و تساعد في تشكل لأنماط مختلفة من الرياح و التي بدورها تأثر على الطبقة الجيو مورفولوجية للأرض أو بالأخص للسطح ومن هنا يأتي التفاعل المباشر لجغرافية الأراضي الصحراوية و التي تتميز بالكثبان الرملية و هذه الأخيرة تتنوع و تصنف من خلال تأثير الحالة الجوية و خاصة سرعة الرياح و طبيعة التكوين (حبيبات الرمل) للكثيب الرملي.

2 – الإشكالية.

وجود الكثبان الرملية و حركيتها المستمرة من أهم مشاكل البحث المورفولوجي لهذه الكثبان الرملية ، و للمناخ أثر كبير في ديناميكية الرمال و تغيير مورفولوجية الكثبان بشكل مباشر و من العوامل المتغيرات المناخية من حرارة و اتجاه و قوة الرياح و سرعتها و الشدة المطرية.

لهذا نطرح الإشكالية التالية :

- ما هو نمط توزيع الرياح و خصائصه بالنسبة لمنطقة الدراسة ؟.
- كيف يتم تتبع حركة الكثبان الرملية و خاصة البرخان ؟ وكيف يتم تصنيفها ؟
- ما هي العلاقة بين النمط و التوزيع و الحركية ؟ .

3 – فرضيات البحث.

تأخذ الدراسة إلى أسلوبين نظري و أخر تطبيقي يتفق مع طبيعة المعلومات التي تعتمد عليها من ناحية و على كيفية الاستفادة من النمدجة الآلية للتعرف و رسم مورفولوجية الكثبان الرملية في منطقة الدراسة و يمكن تحديد مراحل انجاز الدراسة على الشكل التالي:

3–1) المعلومات المكتبية و خرائط معتمدا على الدراسات السابقة لإعطاء صورة أولية عن نقاط العجز و التحول و التقصير و تحديد الهدف من الدراسة و استكمال البحث بشكل مخطط و بأسلوب حديث ، و معلومات ميدانية و ذلك من خلال الزيارات الميدانية حيث تم تحديد الأبعاد الثلاثة (الطول، العرض، الارتفاع) ، و بالإضافة إلى إيجاد درجة الميلان للريح بالنسبة للكثبان الرملية المخولة للدراسة و الجهة التي تهب إليها الرياح و باتجاه تطور الكثبان الرملية أو سقوط حبيبات الرمال ، فضلا عن معرفة اتجاه محاور الكثبان.

3–2) كما تعتمد الدراسة على طبقة الارتفاعات و التي تسمى بخطوط الكنتور (خطوط الارتفاعات المتساوية) و معرفة الانحدارات الأرضية و نصنيفها و أيضا طبقة اتجاه الانحدار و طبقة التربة (نوعها و علاقتها بعملية التأثر بالعوامل الجوية) و تأثير الغطاء النباتي للعملية المورفولوجية للكثبان الرملية و الأهم طبقات المناخ و التي تؤثر بشكل مباشر فضلا عن المتغيرات المناخية (الحرارة –اتجاه الريح و شدته– الرطوبة) .

3–3) هناك صعوبات في التعامل و بشكل دقيق مع الكثبان الرملية و هذا للحركة المستمرة أي عملية التحكم في القياسات التطبيقية صعبة و أيضا عدم توفر خرائط تفصيلية للكثبان الرملية تبرز الحركة و النشوء ا و خاصة في منطقة الدراسة.

3–4) من خلال الدراسة و بعد التعرف على الأنواع المتوفرة في المنطقة باختيار النوع الذي يسهل علينا عملية الدراسة و الذي يسمى البرخان (الكثيب الهلالي) بإعطاء العلاقات الرياضية و الفيزيائية لعملية التشكل و التحرك و العوامل التي تتدخل في ذلك .

4 – أهمية البحث.

تتجلى أهمية هذه الدراسة في إعطاء تنبؤات جوية في العملية المورفولوجية للكثبان الرملية ما لهذا الأخير من أخطار على البيئة و السكان و من مظاهرها التصحر و زحف الرمال إلى المناطق السكانية .

تتجلى أهمية البحث في إبراز المصادر الذي يحمل الطاقة لتحريك الرمال على السطح ، أين يدخل فيها إجهاد القص الناتج عن تدفق الهواء في حدود طبقة الغلاف الجوي و التي من خلالها يتم جر الرواسب (حبيبات الرمل).

5 – أهداف الدراسة:

نسعى من خلال بحثنا هذا إلى تحقيق جملة من الأهداف:

- ☒ نحاول في البداية التعرف على وصف لعملية تشكل الكثبان الرملية.
- ☒ التعرف على أنواع الكثبان الرملية الموجودة في الجزائر و في منطقة الدراسة.
- ☒ التعرف تحليل الخصائص المورفولوجية للكثبان الرملية و تطبيق آلية التقنيات الحديثة في دراسة الكثبان و التعرف على مورفولوجيتها و سلوكية تطورها وصولا إلى بناء قاعدة معلومات مكانية تتضمن جميع العوامل التي تؤثر فيها .
- ☒ نمدجة الاستجابة الطيفية المميزة للكثبان الرملية من خلال تحليل البصمة الطيفية لمجموعة من الكثبان و الانسياقات الرملية في منطقة الدراسة.
- ☒ بناء نموذج رقمي مورفولوجي للكثبان في منطقة البحث بالاعتماد على التكامل بين نظم المعلومات الجيو فيزيائية و بيانات الاستشعار عن بعد.

6 – مبررات اختيار الموضوع :

تم اختيار هذا الموضوع بناءاً على مجموعة من الاعتبارات منها ما يدخل ضمن المبررات الموضوعية و أخرى ذاتية , نوجزها على النحو التالي:

المبررات الموضوعية :

1) وقع اختياري على هذا الموضوع لفتح لغز عملية تشكل و تحريك الكثبان الرملية .
2) نظراً لأهمية التنبؤات الجوية لحل بعض مخاطر زحف الرمال من غلق الطرقات و التصحر.

المبررات الذاتية:

1) حب الإطلاع و البحث في موضوع الجيو فيزياء و الجوية و البيئة كونه موضوع الساعة في الوقت الحالي.
2) محاولة إثراء الجامعة في هذا المجال نظرا لنقص المراجع الخاصة بهذا الموضوع .

7– حدود الدراسة: تتحدد حدود الدراسة من خلال الأبعاد التالية:

- ✓ **الحدود المكانية** :أجريت الدراسة في ولاية ورقلة و بالتحديد في منطقة بحاسي مسعود لتواجد أغلبية الأنواع للكثبان الرملية و معرفة الظروف الجوية بالمنطقة من خلال الاتصال بمركز الرصد الجوي بالمطار.
- ✓ **الحدود الزمنية** :تمت الدراسة خلال الفترة من 2016-2017.

8– صعوبات الدراسة.

من خلال إعدادنا لهذا البحث واجهنا بعض العراقيل التي صعبت علينا دراسة الموضوع خاصة الجانب الميداني أي صغر رقعة الدراسة كما لو حبذا لو كانت في منطقة أوسع و هذا نظرا لصعوبة الحصول على بعض المؤشرات الجوية و التنقل في المنطقة.

9 – منهج البحث:

–لقد اعتمدنا على منهج الوصفي التحليلي ,و منهج دراسة الحالة.

10 – هيكل البحث:

قسمنا البحث إلى فصلين الفصل الأول تناولنا فيه مبحثين المبحث الأول الجانب النظري أما المبحث الثاني العلاقات و الدراسات التي تتدخل في مورفولوجية الكثبان الرملية ،أما الفصل الثاني تناولنا فيه دراسة حالة وقسمناه إلى مبحثين المبحث الأول عرض طرق و أدوات حساب حجم كثيب هلالي ،والمبحث الثاني مناقشة النتائج و التحليل المورفو متري للكثبان بالمنطقة.

الفصل الأول

الدراسة النظرية لمرفولوجيا و ديناميكيا الكثبان الرملية

تمهيد.

تشكل الكثبان و الانسياقات الرملية مشاكل بيئية تواجه المناطق الجنوبية خاصة (الصحراوية) والعالم بشكل عام ضمن نطاق المناطق الجافة و شبه الجافة ، وتعد هذه الظاهرة أحد مؤشرات التصحر بمراحله المتأخرة .

إن تشكيل الكثبان الرملية ما هو إلا نتيجة عوامل جيولوجية ومناخية فضلا عن النشاطات التي يزاولها الإنسان ، مما يؤدي إلى استنزاف البيئة و إحداث تغيرات إيكولوجية غير متوازنة.

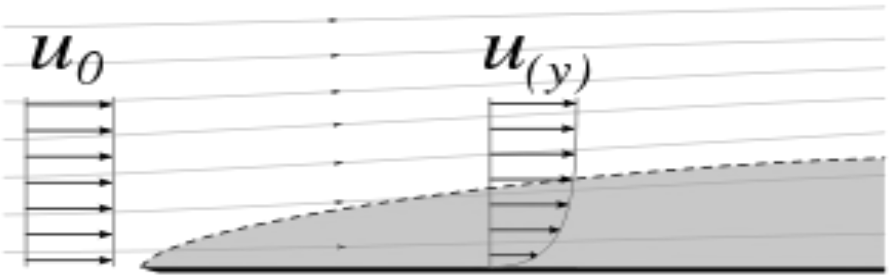
فتطرقنا في هذا الفصل إلى إبراز المفاهيم النظرية لهذه الدراسة من خلال معرفة و توضيح تدخل العامل الأساسي في هذه الدراسة للطبقة الحدية السطحية كما يتضمن مبحثين تضمن المبحث الأول إطارا نظريا للأدبيات النظرية لكل التشكيلات و التعريفات المتعلقة بالكثبان الرملية و الأنواع السائدة بالمنطقة ، أما المبحث الثاني فشمل مجموعة من الدراسات السابقة التي تناولت العلاقات الفيزيائية المرتبطة بالعمليات المورفولوجية و الديناميكية للكثبان الرملية.

1- الدراسة النظرية.

نستهل الدراسة نظريا بتعريف توضيحي للطبقة الحدية و بالأخص الطبقة الحدية السطحية و التي هي العامل الأساسي لمورفولوجية الكثبان الرملية ، كما نعرض بعض التعاريف التي من خلالها تنعرف أكثر على مختبر الدراسة .

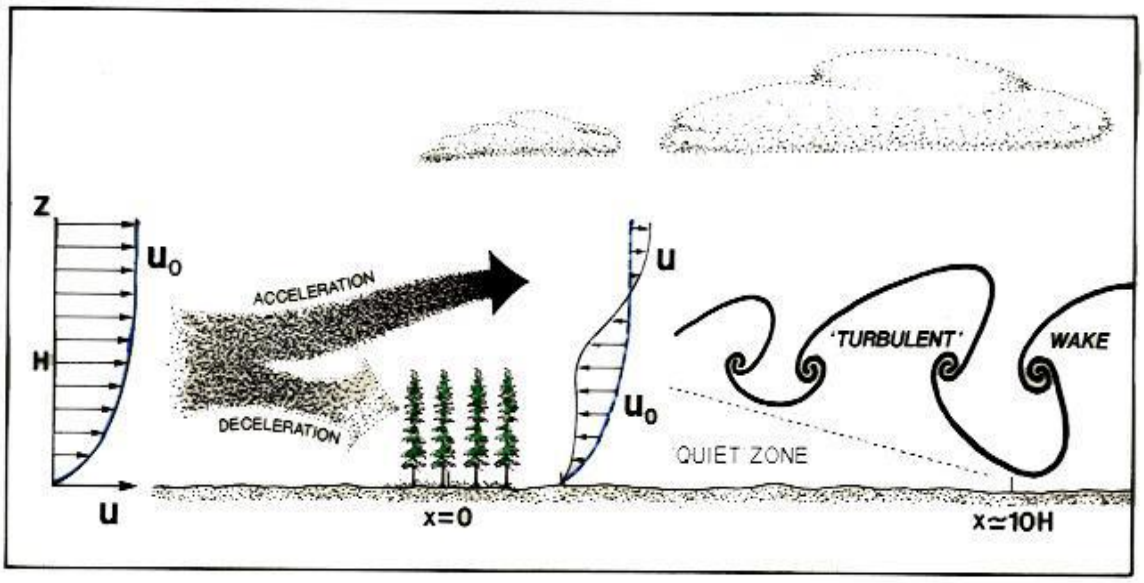
1-1)تعريف الطبقة الحدية (CLA) و الطبقة الحدية السطحية(CLAs).

1 1 1) مفهوم الطبقة الحدية(CLA): في ميكانيك السوائل باعتبار أن الهواء مائع بأنها الطبقة من السائل والتي تكون مجاورة لحدود سطح صلب كجدران الوعاء الحاوي له. ويكون تأثير اللزوجة هام جداً ضمن هذه الطبقة. كما تتأثر الطبقة الحدية بطبيعة الجريان. تتدرج سرعة الجريان ضمن الطبقة الحدية في الجريان الصفائحي من الصفر عند نقطة التماس مع الجدار إلى السرعة الاعظمية عند نهاية الطبقة.(الشكل 1).



الشكل 1: تدرج سرعة الجريان ضمن الطبقة الحدية من الجريان الصفائحي.

1 1 2) مفهوم الطبقة الحدية السطحية(CLAs): بالإضافة إلى التعريف السابق للطبقة الحدية نضيف التأثيرات التي تتدخل في تغيير و تدرج سرعة الجريان ضمن هذه الطبقة و القريبة من السطح و التي تتأثر بطبيعة السطح المورفولوجي .(الشكل2)



الشكل 2: تدرج سرعة الجريان ضمن الطبقة الحدية السطحية من الجريان الصفائحي.

1-1-3) منشأ الكثبان الرملية.

الكثبان جمع كثيب وهو عبارة عن تجمع من الرمل السائب على سطح الأرض في شكل كومة ذات قمة. تتكون الكثبان الرملية نتيجة عوامل التعرية وهي تفاعل الصخور الصحراوية مع درجات الحرارة القصوى وهبوب الرياح المتواصلة مما يؤدى إلى تفكيك الصخور وتفتيتها إلى حبيبات رملية مختلفة الحجم والشكل. الرمال ذات المنشأ الصحراوي تتكون من حبيبات رملية مختلفة الحجم والشكل.

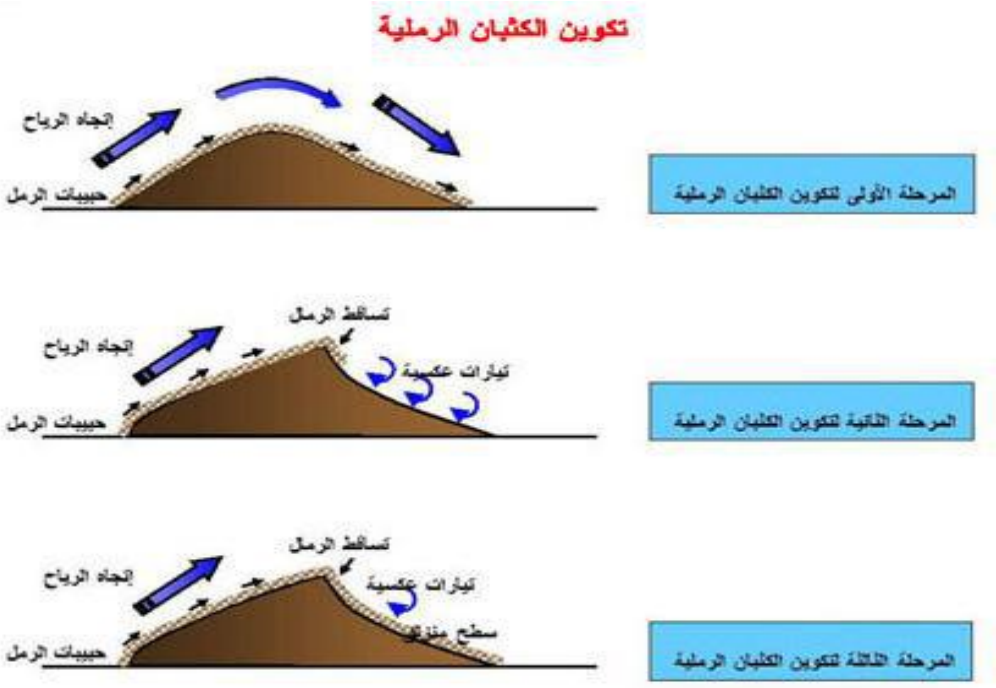
ومصدر الرمل إما أن يكون ذات منشأ صحراوي أو ذات منشأ ساحلي. والرمال ذات المنشأ الصحراوي تتكون من حبيبات رملية مختلفة الحجم والشكل صغيرة سهلة النقل والحركة بفعل الرياح وتتميز باحتفاظها للرطوبة لمدة أطول من الرمال ذات المنشأ البحري. وتتكون الكثبان الرملية من حبيبات الرمل بنسبة 95٪ والنسب القليلة المتبقية تمثل حبيبات السلت ويتراوح حجم حبيبات الرمل ما بين $0.02 - 0.2$ مم وهى مكونه كيميائيا من نفس المكونات الكيميائية للصخور التي منها نشأت . والكثبان الرملية إما أن تكون متجانسة أو غير متجانسة ولونها إما أن يكون أصفر فاتح لوجود معدن الكوارتز وعدم وجود المواد العضوية أو بني محمر لوجود أكاسيد الحديد.

1-1-4) كيفية تكوين الكثبان الرملية: عندما تضعف قوة الرياح، تتساقط حمولتها من الرمال متجمعة فوق بعضها وتتراكم عادة على الجانب المواجه لاتجاه الرياح ، وقد يتبقى بعضها في أعالي الكثيب ، ويتدحرج بعضها

الآخر على الجانب المظاهر للرياح ، وتتشكل عملية تدحرج ذرات الرمال وتزحلقها بفعل الجاذبية الأرضية، وبالتالي تعمل الرياح على تسوية الجانب

المواجه لهبوبها، في حين يراوح انحدار الجانب المظاهر بين 20 إلى 30 درجة، وعلى ذلك، فإن أول مراحل تكوين الكثيب تجمع الرواسب على الجانب المواجه للرياح أكثر منه فوق الجانب المظاهر لها. وبالتالي يزداد ارتفاع الكثيب تدريجياً.وفي المرحلة الثانية، تنحدر الرمال من أعالي الكثيب بفعل الجاذبية الأرضية تحت أقدام الجانب المظاهر لاتجاه الرياح، وتكون انحداراً شديداً، إذا ما قورن بدرجة انحدار السطح المواجه لاتجاه الرياح.وفي المرحلة الثالثة، يظهر الاختلاف واضحاً بين كل من الانحدار البسيط المواجه للرياح والانحدار الشديد المظاهر لها، إذ تتجمع الرمال على الجانب الأول وفوق أعاليه، وتنحدر تدريجياً بفعل الجاذبية على الجانب الآخر، الذي يتميز بتأثره بفعل الدوامات الهوائية، (التيارات العكسية، التي تُسهم بدورها في ارتكاز بعض حبيبات الرمال فوق قمة الكثيب، وتحول دون هبوطها تحت أقدام الانحدار المظاهر لاتجاه الرياح). ثم إن الرياح تساعد على تكوين فجوة عميقة في ظهر الانحدار، وبذلك يبدو الأخير على شكل مقعر، ويكتسب لنفسه ذراعين طويلين يمتدان مع اتجاه الرياح، كما يوضح .وتعمل الرياح على زحزحة جانبي الكثيب بدرجة أسرع منها بالنسبة للقسم الأوسط منه، ومن ثم يتخذ الكثيف شكلاً هلالياً، يُعرف باسم الكثيب الهلالي أو البرخان ، كما توضح ، ويتكون هذا النوع من الكثبان في المناطق، التي تتميز بهبوب الرياح في اتجاهات محددة ثابتة. وتتميز أسطح هذه الكثبان بتموجات ظاهرية تشبه تعاريج الأمواج على خط الساحل، وهي تدل على أثر حركة الرياح فوق أسطح الكثيب وتُعرف بعلامات حركة الرياح ، أمّا إذا اختلف اتجاه الرياح من فصل إلى آخر فلا يُساعد ذلك على تكوين الكثبان الهلالية، بل كثيراً ما تبدو التراكمات الرملية متقاطعة مع اتجاه الرياح في زوايا مختلفة، كما قد تظهر كذلك على شكل سيوف طولية رملية. ويبلغ ارتفاع بعض السيوف الرملية في صحراء إيران مثلاً نحو 250 متراً فوق مستوى سطح الأرض المجاورة لها، وتمتد لمسافات تصل إلى ثلاثة كيلومترات، وتمتد السيوف الرملية في الصحراء الغربية لمصر نحو عدة مئات من الكيلومترات، ومن أمثلتها غرد أبو المحاريق في مصر، الذي يبلغ طوله حوالي 350 كم، وبحر الرمال العظيم، الذي يصل طوله إلى نحو 500 كم، ومتوسط عرضه نحو 150 كم، ويمتد جنوب منخفض سيوه في مصر. ويعتبر شكل الكثبان الرملية في تغير دائم تبعاً للعوامل المختلفة، التي تؤثر في تطور نموها. فمثلاً، تتكون الكثبان الرملية العرضية في اتجاه عمودي على اتجاه الرياح، التي أدت إلى تراكمها، وبالتالي، تظهر هذه الإرسابات الرملية على شكل حواجز رملية عرضية، وتعمل الرياح على نقل كميات كبيرة من الرمال المتجمعة فوق جوانب الكثبان العرضية، وينجم عنها تكوين كثبان شبه هلالية متنقلة . وتعمل الرياح أيضاً على نقل كميات

كبيرة من الرمال المتراكمة فوق أعالي هذه الكثبان الهلالية وتدفعها أمامها، ومن ثم، قد تتكون كثبان طويلة أو سيفية من جديد. (الشكل3)**[7]**



الشكل3: مراحل تكوين الكثبان الرملية.

1-1-5) عوامل تكوين الكثبان الرملية.

❖ **الريـاح**:تعتبر الرياح العامل الرئيسي فى انجراف التربة فحبيبات الرمل تبدأ حركتها عندما تتراوح سرعة الرياح ما بين 9- 12 كم /ساعة . وتتم عملية انتقال الحبيبات الرملية بثلاث طرق:

أ- القفز : وفيها تنتقل حبيبات الرمل التى يتراوح حجمها ما بين 0.1 – 0.5 مم وفيها تنتقل كمية تقدر بحوالى 9٪ من كمية الرمال الزاحفة و بارتفاع حوالي 30 سم من سطح الأرض .

ب- الزحف أو الدحرجة: وهى زحف ونقل الحبيبات الرملية التي يتراوح حجمها ما بين 0.05 – 0.1 مم ويتم نقل هذه الحبيبات على سطح الأرض نتيجة دفع الرياح لها أو لتصادم الحبيبات مع بعضها البعض .

جـ – التعليق : عبارة عن انتقال حبيبات الرمال الناعمة جدا التى حجمها أقل من 0.05مم لحركة الرمال إلى الطبقات العليا من الجو حيث تظل معلقة لفترة طويلة و تنتقل بهذه الطريقة إلى مسافات كبيرة جدا تتراوح من4000 - 3000 م.**[6]**

[7]-، جيومورفولوجية الكثبان الطولية شمال شرق منخفض البحرية، مجلة الجمعية الجغرافية الكويتية العدد 34 الجزء الثاني. أحمد عبد السلام على، 1999

[6]-أشكال التكوينات الرملية في منطقة سهل الباطنة بسلطنة عمان، دراسة جيومورفولوجية ، الجمعية الجغرافية الكويتية الكويت العدد 168. أحمد سالم صالح، 1994

❖ **توافر مصادر الرمال**: و تنحصر في:

- الرواسب المفككة وتتضمن الرواسب الشاطئية والرواسب التي جلبتها السيول.
- الرواسب المتماسكة وتشمل الأحجار الرملية وهى المصدر الأساسي للسلاسل العملاقة.

❖ **خصائص طبوغرافية**:

أماكن ذات طبيعة خاصة من القشرة الأرضية مهيأة لحركة الرمال ثم استقرارها في المناطق المنخفضة أو حول بقايا صخرية أو تحجزها الأعشاب والشجيرات تمهيدا لتكوين الكثيب عندما تقل سرعة الرياح.

1-1-6) الأشكال المورفولوجية للكثبان الرملية.

إن العوامل البيئية التي تعمل علي ترسيب الرمال وخاصة سرعة و اتجاه الريح ، القرب أو البعد من مصدر الرمال ، حالة الغطاء النباتي ووجود الحواجز الطبيعية من صخور وبقايا النباتات تحدد الشكل الهندسي العام للكثبان الرملية .

➢ **أشكال ناتجة عن فعل اتجاه واحد للرياح**:وتتمثل في:

أ – الكثبان الهلالية (البرخان) : أكثر الأشكال انتشارا هي التي تصبح محاورها عمودية على اتجاه الرياح السائدة وتنشأ هذه الأشكال بفعل الرياح ذات الاتجاه الواحد وهذا النمط يشمل مدى واسعا من الأشكال الهلالية المعروفة و التي عادة تسمى برخان.

ب – الكثبان العرضية (الممموجة) : تنشأ عند وجود وفرة في الرمال . وهى عبارة عن كثافة متجمعة من الكثبان الرملية المتراكمة كل منها خلف ظهر الأخرى وهذه الموجات الرملية تتكون من جانبين في اتجاهين متضادين و سميت بالكثبان العرضية لأنها تعترض حركة الرياح السائدة وكثيرا ما تنشأ نتيجة لتلاحم الكثبان الهلالية.

➢ **أشكال ناتجة بفعل عدة اتجاهات للرياح**: وتتمثل فى:

أ – **كثبان طولية (سيفية)** : كثبان رملية طولانية الشكل يبلغ ارتفاعها عدة أمتار ويمكن أن يصل إلى 250 م كما في إيران. أما طولها فقد يصل في بعض الحالات إلى عدة مئات من الكيلومترات كما هو موجود في كثبان الصحراء الكبرى.

ب – **كثبان هرمية (نجمية)**: تلال رملية الشكل يمكن أن يصل ارتفاعها إلى عشرات الأمتار, وتتكون تحت تأثير الرياح متعددة الاتجاهات, وعموماً لا يشكل هذا النوع من الكثبان خطراً على البيئة.

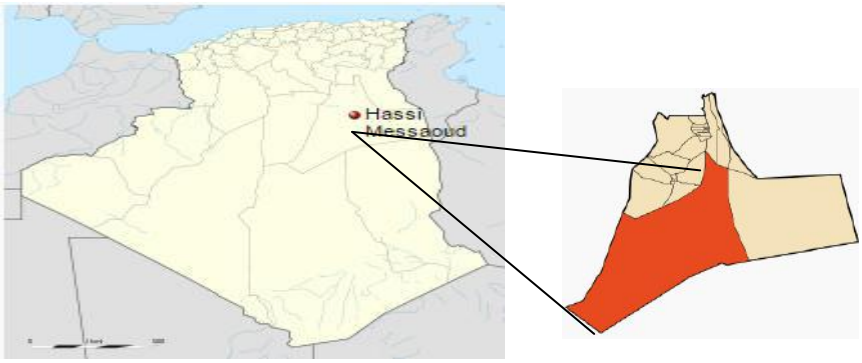
الشكل 4 :بعض أنواع أنماط الكثبان الرملية**[10]**

1-2) التعرف على منطقة الدراسة (حاسي مسعود) وكيفية إعداد دراسة مناخية.

1-2-1) نبذة عن مدينة حاسي مسعود:

1 –الموقع والتقسيم الإداري: تقع حاسي مسعود وسط ولاية ورقلة الواقعة في الجنوب الشرقي من الجزائر وتبعد حوالي 80 كيلومترا عن مدينة ورقلة عاصمة الولاية، وعن الجزائر العاصمة بنحو 900 كيلومتر تعتبر مدينة حاسي مسعود منطقة بترولية بامتياز، هي الآن مدينه هامة بتعداد أكثر من 60 ألف ساكن و بها جميع مرافق المدن العصرية من فنادق وطرق سريعة ومطار دولي عصري وتضم المناطق التالية:

- حوض الحمراء.
- قاسي الطويل.
- حاسي القاسي.
- إرارة.
- بئر مسعود



الشكل 5 : الموقع و التقسيم الإداري لمنطقة الدراسة

2–الموقع الجغرافي و المساحة:تقع دائرة حاسي مسعود بين خطي الطول 5.72 و 6 .07

[10]–أكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا والمجالس النوعية، 1983، مجلس بحوث البيئة، الكثبان الرملية في مصر،

و بين و دائرتين عرض 31.68 و 32.60 ، وتبلغ مساحتها 71237 كلم^{2}و رمزها الجغرافي 2494029

الشكل 6 :صورة بالقمر الصناعي لمدينة حاسي مسعود

3- الخصائص الطبيعية :

3-1 التضاريس:

بما أن مدينة حاسي مسعود تحتل مساحة كبيرة من ولاية ورقلة فإن لها نفس تضاريس الولاية.

- **العرق الشرقي الكبير**: و الذي هو عبارة عن بحر رملي كبير يصل ارتفاعه إلى 200 متر و ما يزيد .
- **الحمادة** : مسطح حجري يوجد في المنطقة الكبرى من غرب وجنوب ورقلة .وتتميز به حاسي مسعود
- **الأودية** : تتميز المنطقة بوجود وادي مئة وواد ريغ .
- **السهول** : تلتقي في الحدود الغربية من الولاية وتمتد إلى الشمال والجنوب .
- **المنخفضات** : تعد ضئيلة وتوجد في منطقة وادي ريغ .

3-2 المناخ:

يسود منطقة حاسي مسعود المناخ الصحراوي الذي يتميز بضعف كمية الأمطار و درجات الحرارة المرتفعة الذي ينجر عنه التبخر القوي (الرطوبة).

3-2-1 درجة الحرارة .

مناخ منطقة حاسي مسعود، صحراوي جاف، ودرجات الحرارة بها مرتفعة صيفا حيث تتجاوز (41°) في المتوسط، وتنخفض شتاء ،و لاسيما أثناء الليل، فالمناخ هنا قاري يتميز بفوارق حرارية،(يومية وفصلية) معتبرة، تصل إلى حدود (30°)مئوية.

3-2-2 الأمطار:

يتميز مناخ مدينة حاسي مسعود بندرة الأمطار (49 مم) في المتوسط وهي كغيرها من المناطق الصحراوية، تفتقر للغطاء النباتي الطبيعي، ولكنها بالمقابل غنية ببساتين النخيل ،فهي واحة بديعة المناظر.

3-2-3 الرياح الموسمية.

تهب على مدينة حاسي مسعود عواصف رملية موسمية بين شهري (فبراير و أفريل)،و تبلغ ذروتها في شهر مارس، وغالبا ما تتسبب في خسائر فادحة تصيب الزرع والماشية، ويبدأ الجو في التحسن ابتدأ من شهر سبتمبر عندما يتغير اتجاه الرياح ،لتصبح شمالية شرقية، وهي معروفة محليا باسم (البحري)، وهي غالبا ما تكون محملة بشيء من الرطوبة فتعمل على تلطيف الجو ولاسيما ليلا. يرحب سكان المنطقة كثيرا بهذه الرياح فهي تساعد على تلقيح أشجار نخيلهم، كما يرحبون بالحرارة أثناء النهار لكونها عاملا أساسيا في نضج تمارها الرياح التي تهب المنطقة هي رياح – شمال شمال شرق وجنوب جنوب شرق بسرعة تصل أو تفوق 200م/ثا ، رياح جنوبية شرقية حارة.

3-2-4الرطوبة: نسبة الرطوبة تتراوح بين 42 و49 بالمائة.

2- العلاقات و الدراسات الفيزيائية التي تتدخل في العمليات المورفولوجية و الديناميكية.

هذا المبحث يتطرق إلى إبراز الدراسات العلمية السابقة و العلاقات الفيزيائية التي تناولت هذا الموضوع و التي تطرقت إلى الدراسة المورفولوجية للكثبان الرملية .

2-1) العلاقات الفيزيائية المتدخلة في تحريك الكثبان.

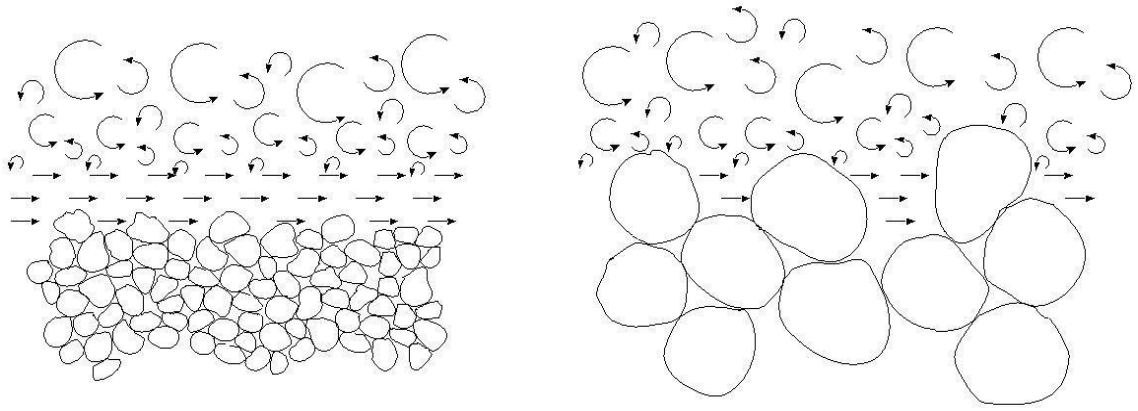
2-1-1) العلاقات الفيزيائية المرتبطة بالطبقة الحدية للغلاف الجوي.

للحفاظ على حركة مطردة من الكثبان يجب أن يكون هناك مصدر الذي يحمل الطاقة للتحرك الرمال على السطح. وإجهاد القص من تدفق الهواء في طبقة حدود الغلاف الجوي يمكن أن تجبر الرواسب إلى أن تجر. في البداية من المهم معرفة ما إذا كان يقع تدفق الهواء على الكثبان الرملية في المجال الصفحي أو نظام المضطرب. وعدد رينولدز عادة يعطي تقدير جيد. وتتكون من النسبة بين قوة القصور الذاتي واللزوجة: **[5]**

$$Re = \frac{\rho v^2/L}{\mu v / L^2} = \frac{Lv}{V} \qquad (1\text{-}2)$$

[5] ''WIND EROSION CONTROL '':E. L. SKIDMORE ARS –USDA-Kansas state University –Manhattan –kansas 66506 U.S.A (1986),

حيث ρ يدل على كثافة السائل، L طول مميزة، وv سرعة الرياح المميزة، μاللزوجة من السوائل و ρ / μ = ν اللزوجة الحركية. إذا كانت قوة القصور الذاتي تسيطر على قوة لزوجة النظام يحصل اضطراب ويصبح عدد رينولدز أكبر من 1. والتحجيم من المتغيرات التي سيتم مناقشتها عادة و أيضا ارتفاع الكثبان. و هذا الحساب يؤدي إلى عدد رينولدز ارتفاع حوالي 6000 (هوتون 1986). وبالتالي، سرعة الرياح الصغيرة حتى تخلق تدفقات مضطربة.و التدفق المضطرب يعني توجه بشكل عشوائي وتوزيع لتقلبات ودوامات ضغوط القص.



(أ) (ب)

الشكل 7: أ) مغمورة الحبوب الصغيرة في الصفحي طبقة فرعية مما يخلق سطح الجوية بشكل حيوي على نحو سلس.
ب) الحبوب أكبر من دون طبقة الصفحي هي كائنات معزولة وتخلق سطح خشن ديناميكية هوائية.

التدفق المضطرب هي أعلى بكثير من تدفق الصفحي. وفقا لنظرية طول الخلط (Prandtl 1935) و إجهاد القص المضطرب يمكن التعبير عنها بالعلاقة (1.2).

$$\tau_T = \eta . \frac{dv}{dz} = \rho l^2 . \left(\frac{dv}{dz}\right)^2 \qquad (2.2)$$

حيث η هو اللزوجة المضطربة و l طول الاختلاط. و التدفق مضطرب تماما باللزوجة μ –الديناميكية و يحصل أصغر بكثير من η اللزوجة المضطرب. وهكذا اللزوجة السابقة يمكن إهمالها. في ظل افتراض أن طول خلط يزيد في وقت مبكر مع المسافة من سطح ($l = \kappa z$، $\kappa \approx 0.4$) هو ثابت فون كارمن العالمي للتدفق المضطرب و التكامل من $0Z$ إلى z من المعادلة (1.2) تعطي المعادلة المستخدمة على نطاق واسع والملف الشخصي لها لوغاريتمي من طبقة حدود الغلاف الجوي:

$$v(z) = \frac{u^*}{K} \ln \frac{z}{z0} \qquad (3.2)$$

z0 له معنى طول خشونة. هذا هو إلا السمك الفرعي للطبقات الصفحية لا للأسطح الملساء الديناميكية الهوائية أو لحجم إضطرابات السطح l

السطوح الخشنة ديناميكية هوائية (الشكل 7). ($U^* = ½(\tau / \rho)$ سرعة إجهاد القص. رغم أن لها بعدا من سرعة القص U^*على أية حال يستخدم كمقياس للإجهاد القص.

2-1-2) نقل الرمال الأيولية:

وأوضح الأنواع المختلفة من وسائط النقل للرمال بفعل الرياح في هذا القسم.فيها يحصل تآكل الرمال. وخاصة النقل والقفزات الأكثر إثارة للاهتمام للكثبان.

وسيتم وصف تشكيل الكثبان الرملية.وعلى نطاق الدراسة المجهرية لعمل القوة المطبقة على حبيبات الرمل. وسيتم تحديد العلاقات للظواهر المقابلة للنطاق و العيانية التي تعقد للقفزات المشبعة.

حجم ونقل وسائط حبوب الرمال يتم بالخصائص الرئيسية للرمال و هي الحبوب و التي قطر d، الشكل والمواد التي تتكون منها الحبوب. ويتراوح قطرها حسب التصنيف من قطر حبة الرمل كبيرة ($d = 2$ مم) إلى القطر الصغير ($d \approx 0.063$ مم) (فريدمان وساندرز 1978). ما يطلق عليه حبيبات الرمل الخشنة والرمل الناعم على التوالي. و الشكل ينتج دائما تقريبا بالأمور المعقدة جدا لحبيبات الرمل و هي من كوم طرحت من مجموعة كبيرة من الأشكال. وفقا (1990Tsoar) وتصنيفها إلى "جيدا مقربة"، "الزاوي"، "بلاتي"، "ممدود"، أو "الاتفاق". المواد في الغالب لحبيبات الرمل تتكون من الكوارتز (SiO_2) التي لديها كثافة من ρ quartz

ρ quartz =2650 kg.m-^{3} وفقا لـ Tsoar (1990)حبوب الرمال من حقول الكثبان يكون توزيع ذروتها بشكل حاد مع متوسط قطرها حوالي 0.2 حتى0.25 ملم.

شكل نقل الرمل يعتمد على معايير مختلفة. المعلمات الرئيسية هي سرعة القص والوزن من حبيبات الرمل. ويمكن التعبير عن الوزن عن طريق قطر على افتراض نفس كثافة. ويرد حسن التدبير للتمييز بين آليات النقل وفقا لدرجة من أنواع كثيرة من الحبوب في الأرض.

2-1-3) الأنواع المتميزة عن نقل الرمال الناجمة عن الرياح:

اقترح bagnold في سنة 1941 ثلاثة أنواع :

أ- **زحف لحبيبات الرمل و اللف والانزلاق على طول السطح:** خلال هذه الحركة أنها تبقى على اتصال مع السطح.

ب- **القفزات لحبيبات الرمل و القفز لمسافات قصيرة:** في هذه الحالة يتم النقل لبعض السنتيمترات. و امتداد لهذه الفكرة، أي يتم رفع الحبوب ينشأ في إجهاد القص من تدفق الهواء أو في تأثير حبيبات الرمل لحبيبات أخرى تنازلي مرة أخرى إلى السطح.

ج- **تصادم حبيبات الرمل ونقلها عن طريق القفزات** :في بعض الأحيان لا يمكن أن تصل إلى سرعة كافية للدخول في قفزة جديدة. حتى أنها تتحرك لمسافات أقصر من ذلك بكثير. وتسمى هذه العملية مكرر تعليق الحركة غير النظامية المضطربة لأن طبقة الغلاف الجوي قويق بما فيه الكفاية للحفاظ على حبيبات الرمل عاليا.ويتم نقلها عبر مسافات طويلة.

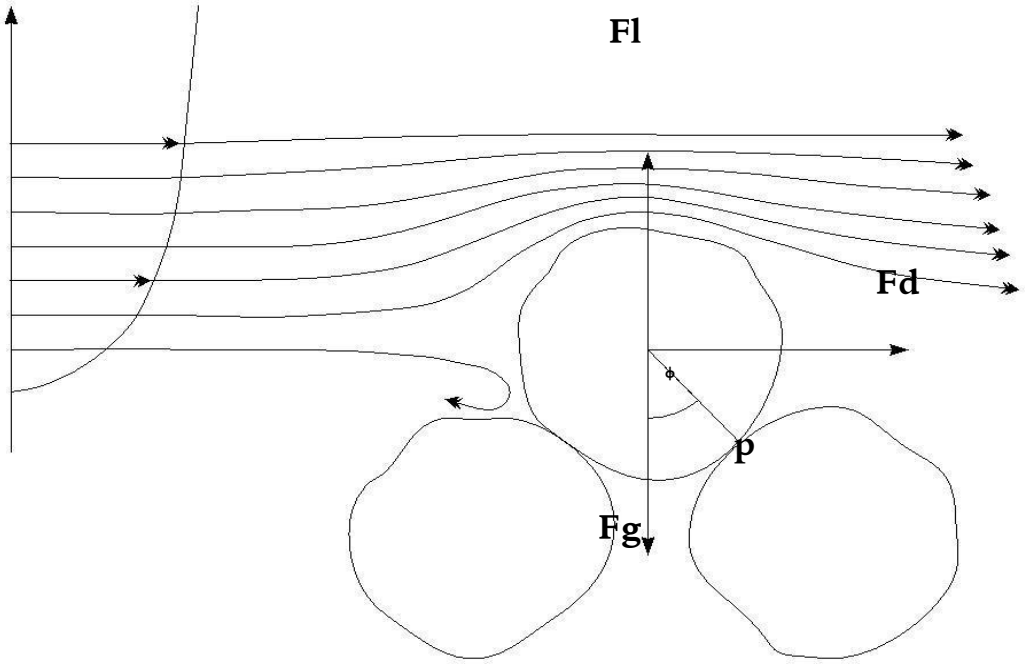
آلية النقل تعتمد على سرعة القص من الهواء وقطر الحبوب. و رمال الكثبان النموذجي (0.2 ملم < نصف القطر <0.3 مم) وسرعة الرياح (0.2 م/ ثا < سرعة القص <0.6 م/ ثا) على الأرض، يحدث انتقال الرمال الأيولي من القفزات .

تتلخص آليات النقل الثلاثة الأخيرة من خلال الدعوة لها بسرير الحمل. ويرد حسن التدبير له للمكون الرأسي لإجهاد القص المضطرب من سرعة القص (1964Panofsky، و 1973Bagnold؛ 1974Pasquill). النسبة بين تسوية WF السرعة وسرعة القص يساعد على تمييز التعليق وسرير التحميل. يتم استخدام المميز الخطي WF / U* = 1 أن تقرر بين العمليتين. وهكذا WF / U * >>1 و WF / U * <<1تعريف تعليق وسرير التحميل على التوالي (1990Tsoar). لحبيبات صغيرة ضمن مجموعة من 0،001-0،05 ملم يتم التعبير عن سرعة الترسيب بواسطة العلاقة التالية: **[2]**

$$Wf = \frac{g_* \, q_{uartz}}{\mu \, 18} \quad d^2 = K d^2 \qquad (4.2)$$

حيث K = 8.1 . 10^{-6}م$^{-1}$. ثا$^{-1}$و سرعات القص في نطاق 0.18 إلى 0.6 م . ثا$^{-1}$ هي بشكل كاف و قوية للحفاظ على مسارات حبيبات الرمل من قطر هذا النطاق. وبالتالي، حبيبات الرمل من الكثبان الرملية التي يبلغ نمودجيا قطرها من 0.25 مم تتحرك بشكل رئيسي من قبل الحمل السريري وبالتالي هذا هو السبب في النموذج لأنه يعتبر النقل بنقل القفزات فقط.

[2] ''Physics and Modelling of Wind Erosion'': yaping Shoa université of Cologne Germany ,Springer science, 2008



الشكل 8: القوى المؤثرة في تحرك الحبوب الرملية

يبدأ الحبوب بالتحرك عندما يتجاوز السحب وقوة الرفع قوة الجاذبية. ويمكن التعبير عن ذلك من خلال توازن الزخم فيما يتعلق النقطة المحورية P.

2-1-4) القوى وعتبة التحرك الحبوب.

وتقدر قوى التمثيل بقوى تدفق الهواء على حبة رمل واحدة. وهنا يمكن تقسيمها الى قسمين في الاتجاهات اتجاهات متوازية ومتعامدة إلى السطح. في (الشكل 8) كما يبين تدفق خطوط الهواء ويصور مسار السرعة.و بذلك فإن القوة الموازية تسمى نقاط قوة السحب في اتجاه تدفق الهواء. وهناك طبقة الغلاف الجوي المضطربة تؤدي إلى زيادة القوة التي فيها ميزان الدرجة الثانية مع سرعة للسحب وهذا ما يسمى بالاضطراب .

$$Fd = \beta \rho U^{*2} \frac{\pi d^2}{4} \qquad (2.5)$$

حيث ρ هو المعامل الظاهري الذي يتضمن بعض خصائص السرير مثل التعبئة والحماية و قوة أخرى من تدفق الهواء تنبع من اختلاف الضغط ΔP بين أسفل وأعلى حبوب الرمال. وسرعة انحدار القوى لسرعة الرياح ومنه إلى اختلاف الضغط و هذا ما ينتج عنها قوة تسمى قوة الرفع تعطى بالعلاقة:

$$F_l = \Delta P \frac{\pi d^2}{4} = C_L \rho U^2 \frac{\pi d^2}{2} \qquad (2.6)$$

حيث CL= 0.0624 (Chepil 1958) .U يدل على سرعة الهواء على ارتفاع d0.35 فيما يتعلق مستوى الصفر في Z0 (Chepil 1958) أظهرت كذلك أن نسبة c = 0.85 بين قوى السحب والرفع ثابتة ضمن نطاق معين من أرقام رينولدز.**[2]**

$$F_l = c\, F_d \qquad (7.2)$$

كما أن القوة التي تعارض قوى الجاذبية لابد من إدخالها في المعادلة. ويقترب من الحبوب الرمل ليكون المجال، لذلك الغرض من هذا القسم هو الحصول على معادلة لعتبة الانتهاك، أي الحد الأدنى من إجهاد القص من الرياح التي سوف تكون قادرة على رفع الحبوب الرملية من السطح. لذلك يمكن التعبير عن التوازن الزخم لتناوب الحبوب الرملية العليا حول نقطة لمسها p كما هو مبين في(الشكل 1.2) .

2-2) <u>النوع النموذجي لكثيب الدراسة(البرخان).</u>

في هذا المطلب سوف نعرض بعض الجوانب المتعلقة بكثبان بارتشان. (برخان) و سيتم تركيب نتائج النموذج لقيم مختلفة لطول الخشونة وطول الكثبان الثابتة المنفذة في حساب إجهاد القص على البيانات التجريبية. في القسم التالي سيتم توسيع نطاق العلاقات المحسوبة مع النموذج ومقارنتها مع القياسات. والفرق بين نتائج النموذج والأشكال الكثيفة الحقيقية لكثبان بارتشان الصغيرة سيؤدي إلى إدراج الانتشار في حساب النقل عبر الملوحة.

2-2-1) التعريف بنوع البرتشان.

كلمة بارتشان تأتي من اللغة التركية وتعني "الكثبان النشيطة". تم الحفاظ عليها لتسمية هذا النوع من الكثبان الرملية. ويوجد أقل من 1٪ من جميع الرمال الكثيفة على الأرض في الكثبان الرملية. هي التي توجد بشكل رئيسي في المناطق التي لا تتوفر فيها الرمال كثيرا، وتظل الرياح أحادية الاتجاه.

ويختلف حجم البارشانات من ارتفاعات من بعض الأمتار (الشكل 6.1) إلى أكثر من 50 مترا (الشكل 6). كثبان بارتشان ليست لها شكل ثابت. هناك ارتفاع الحد الأدنى من 1-2 متر حيث الرمال كومة يفقد رملها ولم يتم التوصل إلى شكل مستقر. ويبدو أن أشكال الكثبان الرملية يسيطر عليها طول التشبع لنقل الملوحة على جانب الرياح (سورمان وكروي وهيرمان (2001). وهذا يدل على طول السطح للوصول إلى تدفق الرمل المشبعة على ورقة الرمال. طول التشبع، لا يكون مخطئا لطول الملح (متوسط طول مسار الحبوب في الهواء)، لديه الاعتماد

[2] ''Physics and Modelling of Wind Erosion'': yaping Shoa université of Cologne Germany ,Springer science, 2008

المعقد على إجهاد القص الهوائية. انخفاض الكثافة الرملية في طبقة الملح على الأرض دون سرير الرمل أو في فقاعة الفصل تؤدي إلى عابرة الملوحة في المكان الذي يبدأ فيه السطح لملء الرمال أو حيث الإجهاد القص تتجاوز عتبة الإجهاد القص يبدأ في اجتثاث الحبوب في الهواء، على التوالي.

الشكل (9): التصوير الجوي لحقل الكثبان شمال مدينة العيون، المغرب. وتبلغ ارتفاعات الكثبان الرملية بضعة أمتار. الرياح تهب من الشمال إلى الجنوب (الصورة من قبل سورمان 2001)

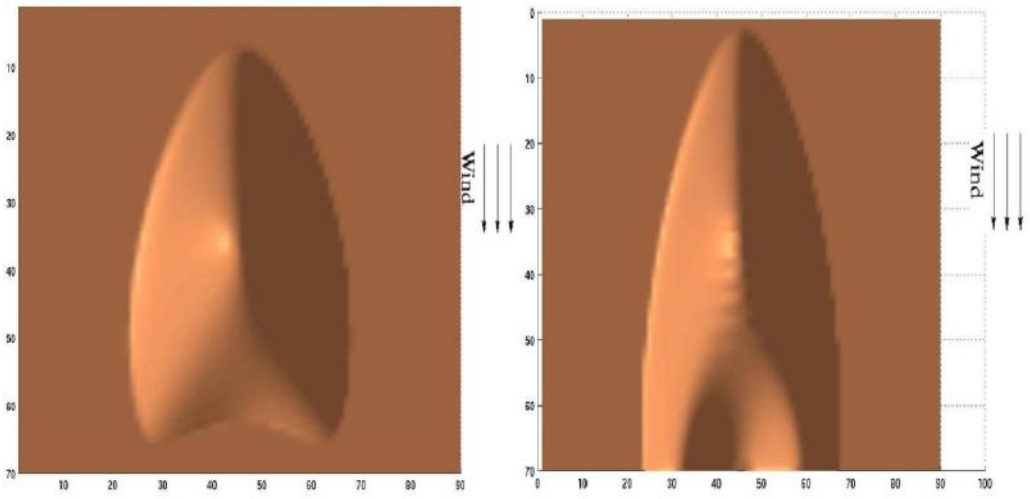
تختلف أشكال الكثبان الرملية من حيث تباين انحداراتها، وأبعادها، ومظهر أسطحها، ونمطها العام، وتباين أحجامها. ومن أكثر أشكال الكثبان الرملية شيوعاً الكثيب الهلالي أو البرخان أو الغرد ويتميز هذا النوع من الكثبان الرملية بشكله الهلالي وانحداره البسيط المواجه لاتجاه الرياح، الذي يُعرف باسم **الكساح**، بينما يتسم الانحدار المظاهر للرياح بشدته، ويُطلق عليه اسم **الصباب**، وله ذراعان جانبيان أقل ارتفاعاً من الكثيب، ويشيران إلى اتجاه منصرف الرياح السائدة. وتعمل الرياح على تغيير شكل الكثيب باستمرار، فقد يتحول شكله الهلالي إلى أشكال مختلفة أخرى، منها الكثبان البيضاوية، والصغيرة الجنينية، والهلالية المركبة.

2-2-2) دور طول خشونة السطح وحجم الكثبان الرملية.

اثنين من المعلمات الحاسمة تؤثر على حساب اضطراب إجهاد القص. ويصف طول خشونة $z0$ خشونة السطح هذا و نظرا لارتفاع طبقة التلويح. L هو الطول بين مرتفعات نصف التل الذي يحسب الاضطراب إجهاد القص. وفي حالة الكثبان الرملية التي يحسب فيها اضطراب إجهاد القص فوق غلاف الكثبان الرملية التي يتألفها المظهر الجانبي للكثبان الرملية وفقاعة الفصل، ينبغي أن تكون قيمة L قريبة من الطول بين ارتفاعات

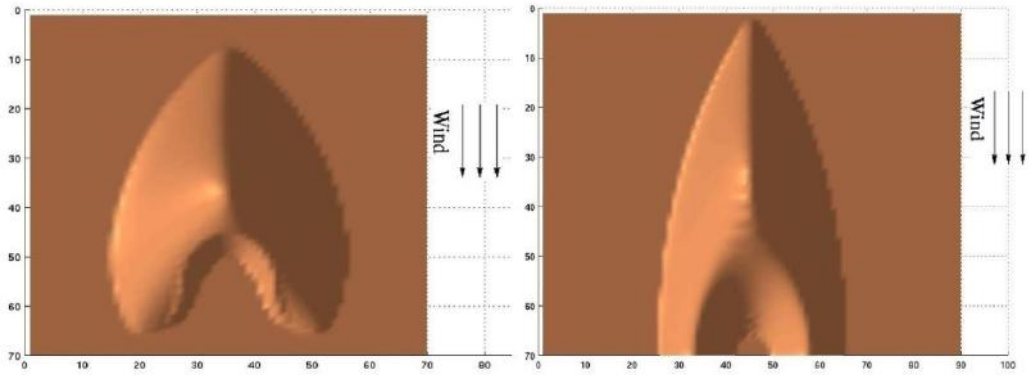
نصف المغلف. والهدف في هذا القسم هو الحصول على القيم المنطبقة لهذه المعلمات التي لا يجب تغييرها لكل حساب جديد. تنفيذ طول L كما أن الطول الحقيقي بين مرتفعات نصف الكثبان التي يحسبها نموذج التكرار للكل يمكن أن يسبب آثار متكررة وتعقيد فهم تشكيل الكثبان الرملية.

يتم تضمين المعلمات فقط بنسبة z0 / L من اضطراب إجهاد القص باستثناء المصطلح لوغاريتمي $2\ln(L^*|Kx|)$ وبدأت نتائج نموذج الكثبان الرملية مع نفس السطح الأولي واستخدمت سرعة القص u * حيث $u^*=0.5$ m/s لتقدير التكوين الأمثل. وترد نتائج الحسابات بنفس النسبة z0 / L لنتائج نسب مختلفة ثابتة L = 10 انظر الشكل 6.5. زيادة L في ثابت z0 / L يؤدي إلى زيادة اضطراب إجهاد القص في أطوال موجة كبيرة في اتجاه الرياح. من خلال هذا السطح بالأرض ويزيد طول الكثبان الرملية. وبالتالي لا يمكن إهمال المصطلح اللوغاريتمي $2\ln(L^*|Kx|)$ كما فعله سورمان (2001). نسبة أعلى z0 / L ثابتةلتر يقلل من المصطلح لن (l / z0) الذي يؤدي بعد ذلك إلى مزيد من التوتر غير المتماثل القص ديستري-بوتيون على الكثبان الرملية وبالتالي ميل أعلى من حافة الهاوية. ويبين الجدول 6-1 الارتفاع h والعرض w والطول l للأشكال النهائية فيما يتعلق بالمعلمين المختلفين z0 و .L ومن أجل الحصول على أفضل معلمات التركيب فإن الانحدارات الخطية في المعادلة (6.1) لارتفاع العرض و طول علاقة الطول من القياسات في الكثبان الرملية .**[3]**

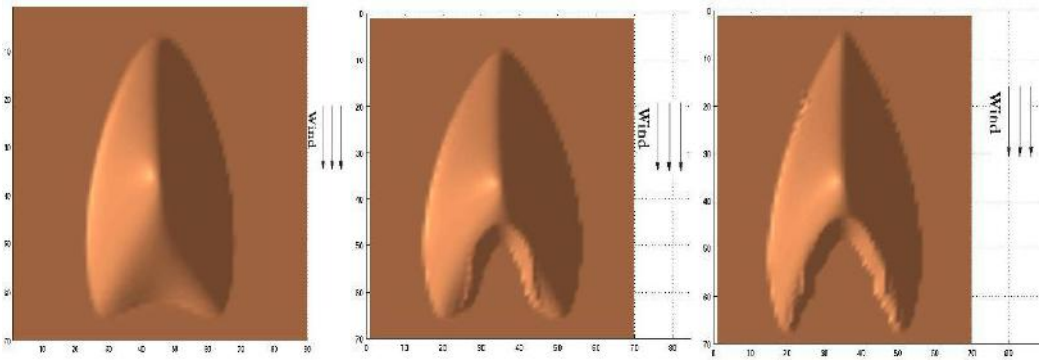


الشكل 10: حساب الكثبان الرملية مع نفس السطح الأولي ونسبة .5-10 * 2.5 = z0 / L على الجانب الأيسر z0 = 0.00025 m و L = 10 m =بينما على الجانب الأيمن z0 = 0.0025 m و.L = 100 m

[3] ''Rides et Dunes de Sable'',cours 'présentation':Alexandre Vacance Institut de Physique de Rennes(IPR) GdR EGRIN 2-4 Avril 2013.



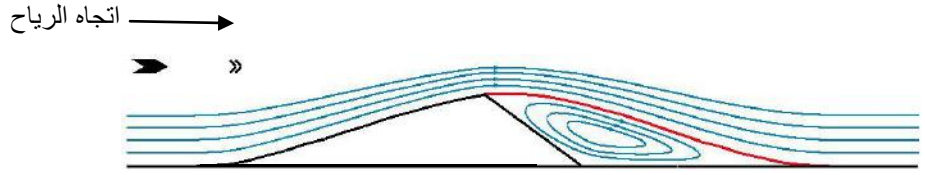
الشكل 11: حساب الكثبان الرملية مع نفس السطح الأولي ونسبة .4-10 * 2.5 = L / z0 على الجانب الأيسر 0.0025 m = z0 و = L 10 m بينما على الجانب الأيمن 0.025 m = z0 و.100 m = L



الشكل 12: حساب الكثبان الرملية مع نفس السطح الأولي ونسب مختلفة L / z0 لنفس .10 m = L على الجانب الأيسر 0.00025 = z0 m، في الوسط 0.0025 m = z0 ، وعلى الجانب الأيمن.0.025 m = z0

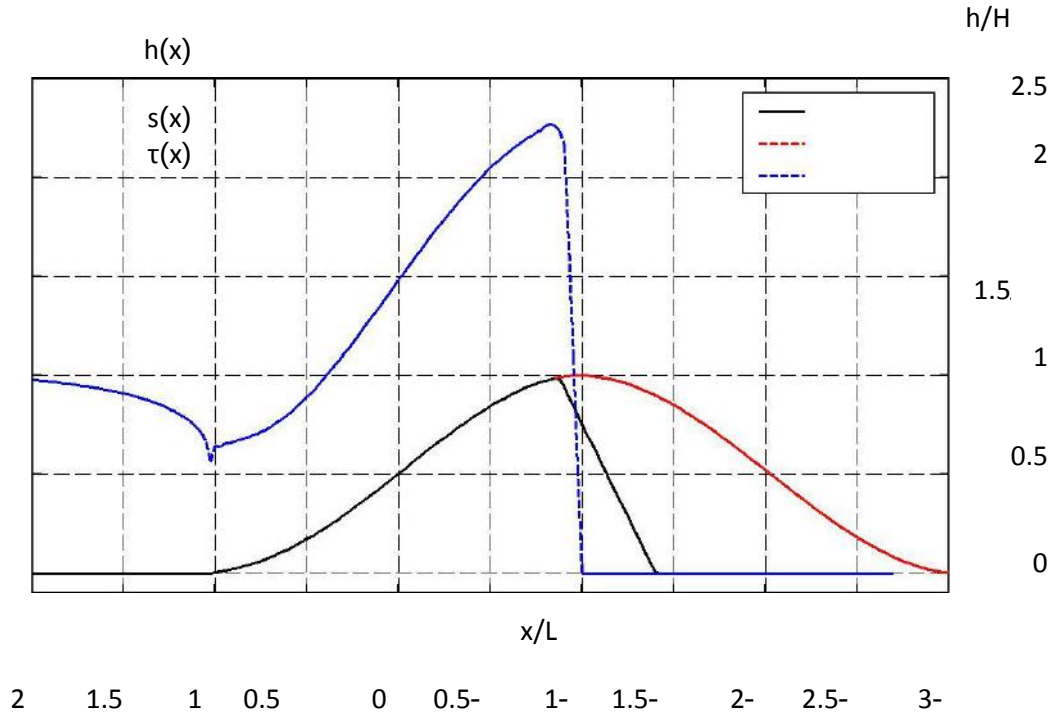
2-2-3) فقاعات الفصل و مبرراته.

وقد تبين في سورمان (2001) أن هناك تحايدات كبيرة في الجانب بعد حافة حادة من الكثبان الرملية. الفصل بين تدفق شبه الصفحي الذي يوجد أيضا في الجانب ويندوارد والتحايدات المضطربة يحمل على مسافة طويلة بعد حافة الهاوية (الشكل 2.1). ويصل الانسياب الفاصل من نقطة فصل التدفق (الحافة) إلى نقطة إعادة التعلق على مسافة حوالي ستة أضعاف ارتفاع الحافة. ويطلق على السطح الذي تشكله خطوط تباعد الفصل الفصل الفقري .(x) s وفقا ل زيمان و جنسن (1988) يمكن حساب إجهاد القص الجوي(x، y) τ على الجانب الريح من الكثبان الرملية باستخدام المغلف الذي يضم الكثبان الرملية .



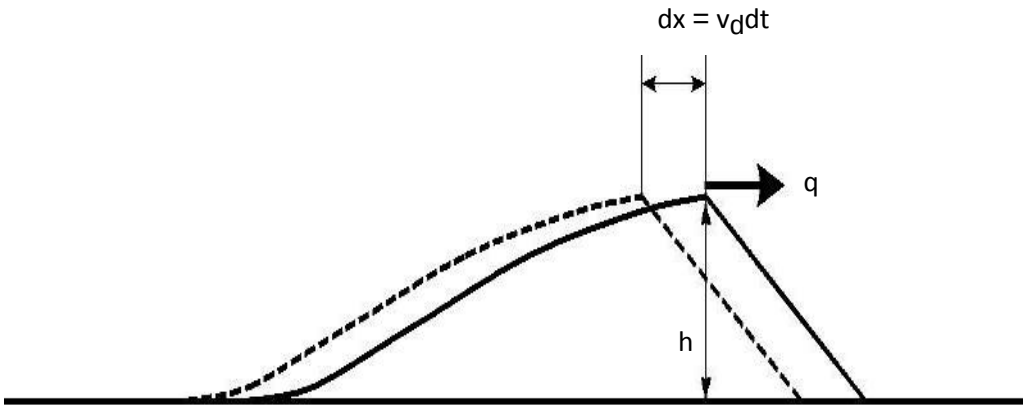
الشكل 13: رسم توضيحي للشريحة المركزية لكثبان بارتشان وفقاعة الفصل المرفقة.

يتم استخدام المغلف على حد سواء لحساب إجهاد القص τ على جانب الرياح من الكثبان الرملية.



الشكل 14: المغلف $\tilde{h}(x)$ لملامح الرياح من الكثبان الرملية والفصل h (x) لتبسيط s (x) الذي يستخدم لحساب إجهاد القص الهواء τ(x) على الجانب ويندوارد. في منطقة إعادة الدوران يتم تحديد إجهاد القص الجويτ إلى الصفر.

2-2-4) ديناميكية كثيب رملي



الشكل 15: رسم تخطيطي لنزوح الكثبان الرملية. وترسب حجم الرمل

من خلال العلاقة: (8.2) $h\,dx = q\,dt/\rho_{sand}$

يمكننا حساب العلاقة التي من خلالها حساب تغير تقدم الكثيب بدلالة الزمن و تعطى بالعلاقة **[4]**

$$dx = v_d dt \qquad (9.2)$$

[4] ''Vers une quantification de l'erosion eolienne des sols laboures dans le sud tunisien '':Mohamed taieb LABIADH Gilles BERGAMETTI Christel BOUT Housine KHATTELI et Mounir ABICHOU revue des Regions arides – numero –n 36 (1/2015).

2-3) موقع الدراسة العملية في هذا الموضوع.

بعد عرض و تحليل أهم الدراسات الفيزيائية المؤثرة على مورفوديناميكية الكثبان الرملية بصفة عامة و بصفة خاصة الدراسات التي أجريت على النوع الأكثر تواجدا و هذا لسهولة التعامل معه في القياسات الميدانية و التطبيقية التي أجريت عليه ، و بما أننا إخترنا موقع الدراسة الميدانية بمنطقة حاسي مسعود الجهة الشرقية حيث يتوفر فيه هذا النوع من الكثبان الرملية (البرخان) .و بالاستناد إلى القياسات الجوية المؤثر في عملية التشكل والتحريك لهذا النوع ، ركز العمل على مايلي:

- دراسات ركزت على دراسة تشكل و سلوكات هذا النوع و تأثره الكبير بمناخ المنطقة الصحراوي .
- دراسات ركزت على حساب وقياس زمن التشكل و التحرك نسبة إلى العوامل المؤثرة في ذلك من حرارة و رياح و رطوبة و تساقط.
- دراسات ركزت على تنبأت تحرك الكثبان الرملية تعتمد على القياسات و الحسابات الفيزيائية
- دراسات ركزت على تحليل نتائج هذه القياسات لفترات زمنية معينة للاستعانة بها مستقبلا.
- دراسات ركزت على الإفصاح بالتنبؤات الجوية لتفادي التأثير السلبي على البيئة لتحرك الكثبان الرملية.

موقع الدراسة: مما سبق يتضح عدم توفر دراسات تناولت بصورة مباشرة هذا الموضوع الذي له عدة أبعاد التي تأثر على البيئة و على الإنسان،و خاصة في بلادنا الجزائر مع النقص الكبير لخرائط جيوفيزيائية في هذا الموضوع ولكن هناك بعض الدراسات ذات العلاقة الغير مباشرة بالموضوع ؛ و لهذا فإن الدراسة الحالية وما هو مبذول من جهد هي إحدى المساهمات العلمية نحو التوصل إلى الأنشطة الجوية للتنبأ والحد من زحف الرمال المتوفرة بالجهة الجنوبية من بلادنا و خصصت منطقة ورقلة كعينة لتوفرها على ظروف الدراسة.

الشكل16 : كثيب رملي نوع هلالي(البرخان).

الفصل الثانـي

دراسة الحالة المورفولوجية و الديناميكية

للكثبان و للكثيب الهلالي بالمنطقة

تمهيد.

إن الدراسة العملية للحالة المورفولوجية و الديناميكية للكثبان الرملية و للكثيب الهلالي بالمنطقة هي دراسة تتحكم فيها ظروف تتدخل في هذه العملية و بالاعتماد على الحسابات النظرية و التجريبية و باستعمال البرمجة الآلية حاولنا البحث عن المقاربة بين النتائج التجريبية و الفرضيات النظرية المقترحة في تفسير هذه الظواهر، وبالتالي سنتناول في هذا الفصل مبحثين:

- المبحث الأول سنعرض فيه كيفية إنجاز هذه الدراسة من خلال عرض طرق و أدوات حساب حجم كثيب هلالي و ديناميكيته أي دراسة شكلية و حركية .
- المبحث الثاني سنعرض نتائج الحسابات و التحليل المورفومتري لأبعاد الكثبان بالمنطقة من خلال تدخل الظروف المناخية بالمنطقة.

1- عرض طرق و أدوات حساب حجم كثيب هلالي و ديناميكيته.

يعرض في هذا المبحث طرق و أدوات لحساب حجم كثيب هلالي و ديناميكيته و الذي من خلاله نتعرف على التركيبة المورفولوجية و الحركية لأي كثيب هلالي آخر من خلا معطيات ميدانية.

1-1) طريقة الدراسة

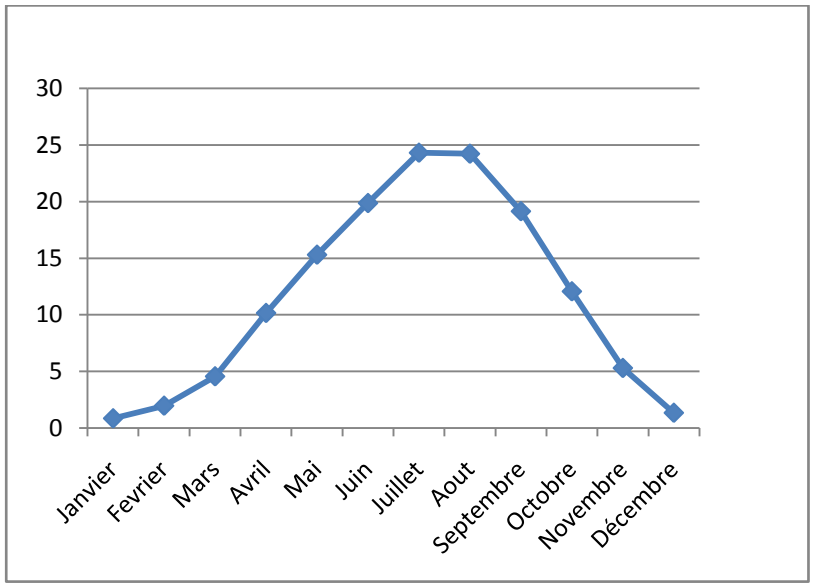
1 1 1) العوامل المناخية المؤثر في حركة الرمال.

نستهل البحث بالجانب التطبيقي بمنهج دراسة العوامل الجوية المؤثرة في حركة الرمال بحاسي مسعود و نركز على العامل المهم و الأهم في هذه العملية الرياح (الشدة و الإتجاه)، ويمكننا إعطاء بعض المعدلات السنوية للعوامل الجوية بالمنطقة في فترات زمنية من خلال الدراسة المناخية.

لتحديد مناخ منطقة ما ودراسته يستلزم فترة زمنية تفوق 30سنة . للقيام بدراسة مناخية لمنطقة حاسي مسعود لابد من دراسة العوامل المناخية المؤثرة في ذلك و من بينها درجة الحرارة –الرياح – التساقط –الرطوبة– التشمس– التبخر خلال عشر السنوات الأخيرة من فترة (2007–2016)

❖ **درجة الحرارة:** و تصنف إلى نوعين.

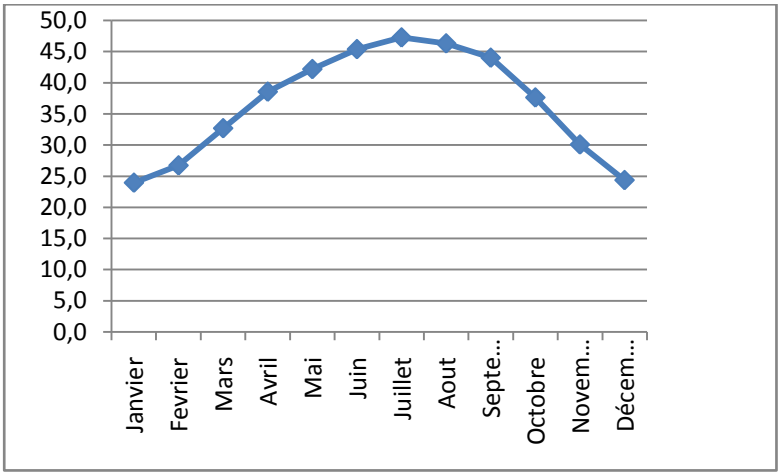
أ– درجة الحرارة الدنيا: (T_{mim})



الشكل17:المنحني يمثل متوسط درجة الحرارة الدنيا (T_{mim}) بدلالة مجموع الأشهر لعشر سنوات الأخيرة

الملاحظة: نلاحظ من خلال المنحني أن درجة الدنيا تنخفض في شهرين جانفي و فيفري وتبدأ بالإرتفاع إبتداء من شهر أفريل إلي غاية شهر أكتوبر تبدأ بانخفاض تدريجيا .

ب- درجة حرارة القصوى:Tmax

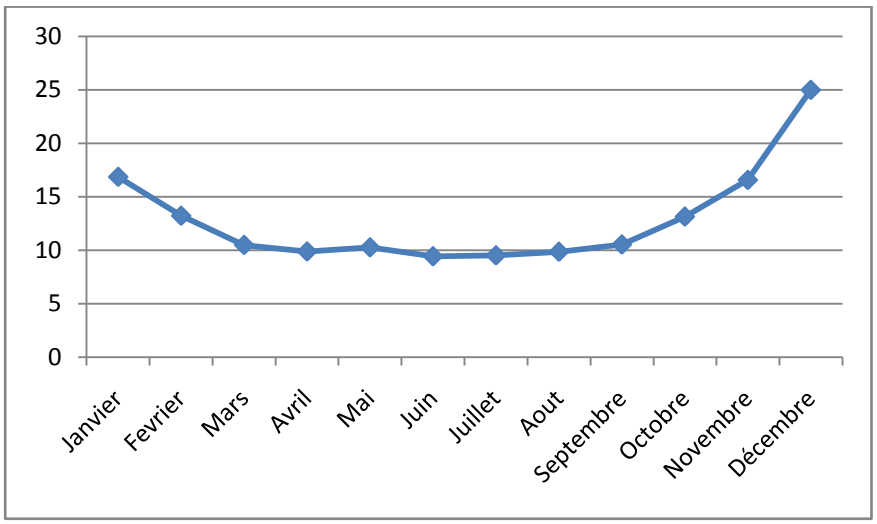


الشكل 18:المنحني يمثل متوسط درجة الحرارة القصوي (Tmax) بدلالة مجموع الأشهر لعشر سنوات الأخيرة

الملاحظة: نلاحظ من خلال المنحني أن درجة الدنيا تنخفظ في شهرين جانفي و فيفري وتبدأ بإرتفاع إبتدا من شهر أفريل إلي غاية شهر أكتوبر تبدأ بإنخفاظ تدريجيا.

❖ الرطوبة: (humidité)

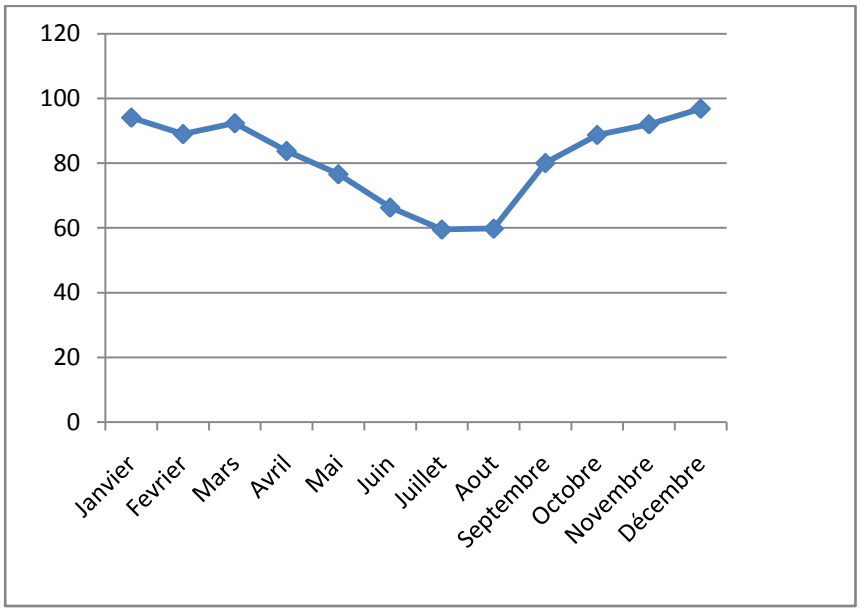
أ-الرطوبة الدنيا:



الشكل 19:المنحني يمثل معدل الرطوبة الدنيا (humidité) بدلالة مجموع الأشهر لعشر سنوات الأخيرة

الملاحظة:نلاحظ أن معدل الرطوبة الدنيا يتناقص ابتداء من شهر مارس إلى غاية شهر سبتمبر يبدأ بالتزايد إلي غاية بلوغه قيمة عليا في شهر ديسمبر.

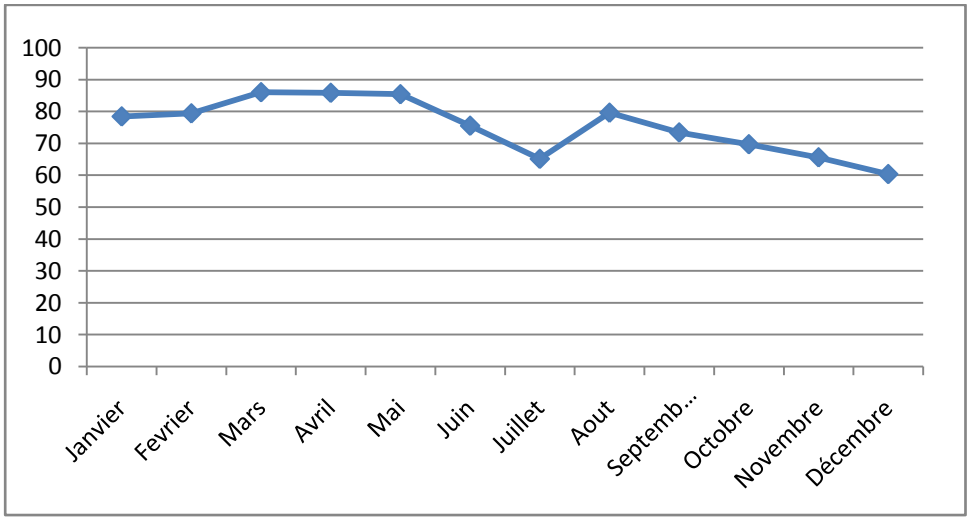
ب- الرطوبة القصوي:



الشكل 20:المنحني يمثل معدل الرطوبة القصوى (humidité) بدلالة مجموع الأشهر لعشر سنوات الأخيرة

الملاحظة:نلاحظ أن معدل الرطوبة القصوى يتناقص ابتداء من شهر مارس إلى غاية شهر سبتمبر يبدأ بالتزايد إلي غاية بلوغه قيمة عليا في شهر ديسمبر.

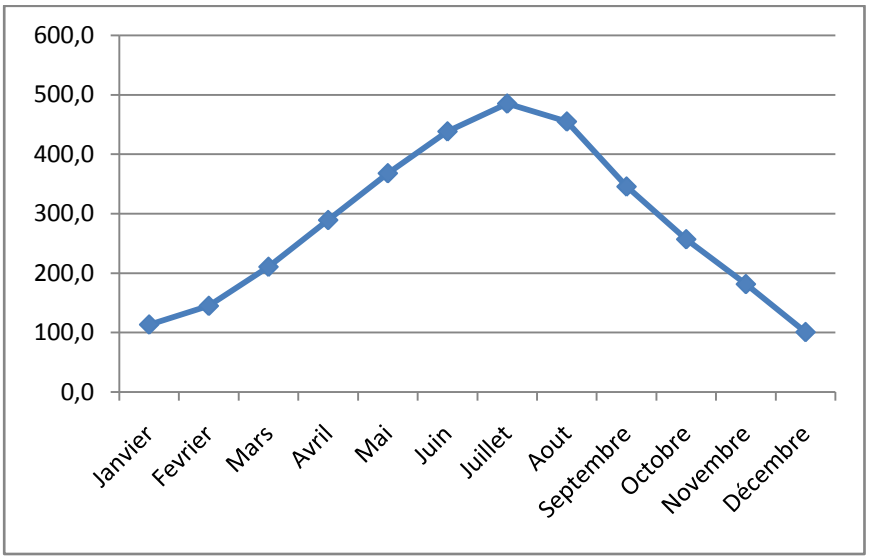
❖ **الرياح:(vent)**



الشكل 21:المنحني يمثل معدل الرياح القصوى (vent) بدلالة مجموع الأشهر لعشر سنوات الأخيرة

الملاحظة : تتزايد في شهر أفريل ومارس وتبدأ بتناقص ابتداء من شهر ماي مع وجود بعض التذبذب.

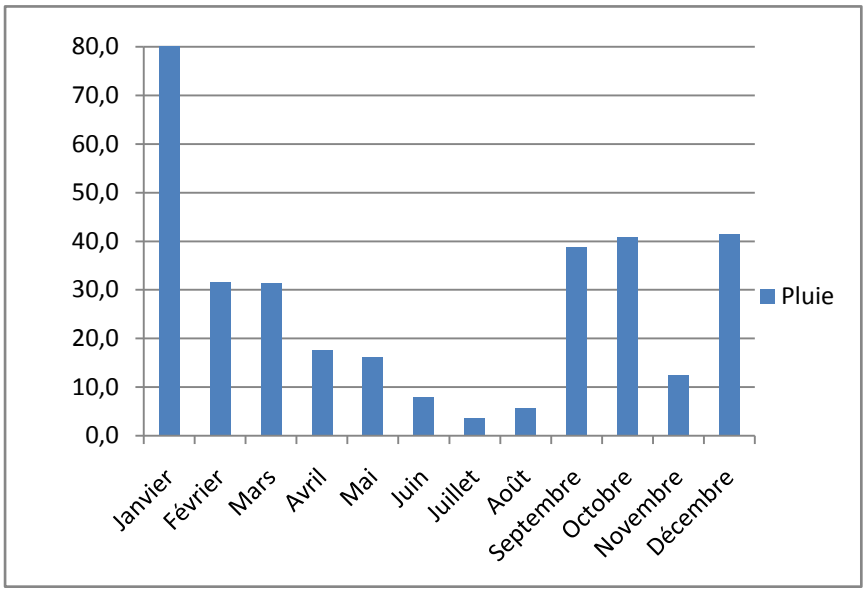
❖ **التبخر:(EVAPORATION):**



الشكل 22:المنحني يمثل معدل التبخر(EVAPORATION) بدلالة مجموع الأشهر لعشر سنوات الأخيرة

الملاحظة:نلاحظ أن نسبة التبخر تكون متناقصة في شهر جانفي و فيفري وتبدأ بالتصاعد إلى غاية بلوغها قيمة عليا في شهر جويليا ثم يتناقص إلى قيمة دنيا في شهر سبتمبر.

❖ **الأمطار: (PRECIPITATION):**



الشكل23: يمثل معدل تساقط الأمطار PRECIPITATION بدلالة مجموع الأشهر لعشر سنوات الأخيرة

الملاحظة: نلاحظ أن شهر ديسمبر و جانفي هذه الأشهر الأكثر تساقط بالإضافة إلي شهر فيفري الذي يعتبر شهر معتدل أما باقي الأشهر تكون كمية تساقط الأمطار قليلة.

إذن من خلال تتبعنا لهذه المنحنيات نلاحظ أنه توجد فترات ترتفع فيها درجة الحرارة تصل إلى 47 °مئوية خلال شهر جويلية و أوت ، كما أن سرعة الرياح تزداد خلال هاذين الشهرين أيضا إلى 80 كلم/سا و بالإضافة إلى الانخفاض في نسبة الرطوبة و الارتفاع في التبخر في تلك الفترة كل هذه العوامل تساعد و بشكل كبير في العملية الديناميكية للكبان الرملية.

1-1-2) العوامل التركيبية لتكون الرمال بالمنطقة

أجريت الدراسة على عينات من أماكن مختلفة بالمنطقة تم حساب أقطار حبيبات الرمل في الجدول التالي:

الجدول1:أقطار حبيبات الرمل بمنطقة حاسي مسعود (الجهة الشرقية)

اسم الحبيبات	حجارة	حصى	رمل خشن جدا	رمل خشن	رمل متوسط	رمل ناعم	رمل ناعم جدا	سلت	طين
القطر بالمليمتر	أكثر من 75	2 - 75	1 - 2	0.5 - 1	0.25 - 0.5	0.25 - 0.5	0.05 - 0.1	0.05- 0.1	أقل من 0.002

- المصدر: مخبر لشركة الوطنية للجيو فيزياء حاسي مسعود.

إن لحجم و كتلة حبيبات الرمل (النوعية) تلعب دور كبير في العملية المورفولوجية للكثبان الرملية فكلما زادت حجم و كتلة الحبيبات كلما تطلب اجهاد قص كبير لحركة الحبيبات و من هنا التغير المورفولوجي ، كمل لتماسك الحبيبات أيضا يلعب دور كبير في الحركة.

1-2) حساب حجم الكثيب الهلالي.

هناك أنواع متعددة للكثبان الرملية وتتنوع هذه الكثبان تبعاً لهبوب الريح. أهم أنواع الكثبان الرملية:

-الكثبان الهلالية (Barchan Sand Dune)

-الكثبان الطولية (Longitudinal Sand Dune)

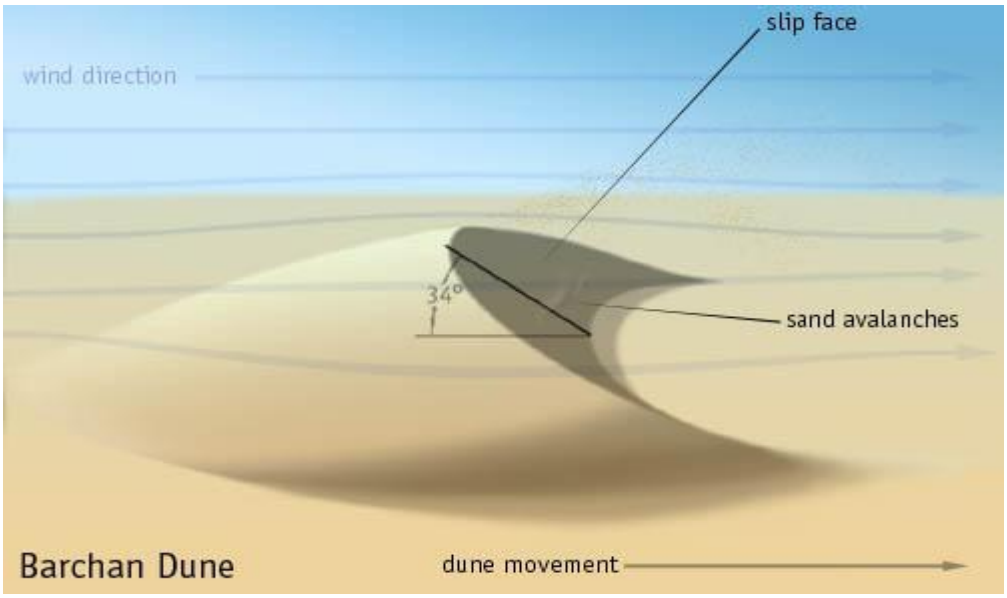
-الكثبان العرضية

-الكثبان النجمية (Star dune)

-الكثبان البيضاوية

تختلف أشكال الكثبان الرملية من حيث تباين انحداراتها، وأبعادها، ومظهر أسطحها، ونمطها العام، وتباين أحجامها. ومن أكثر أشكال الكثبان الرملية شيوعاً الكثيب الهلالي أو البرخان أو الغرد . ويتميز هذا النوع من الكثبان الرملية بشكله الهلالي وانحداره البسيط المواجه لاتجاه الرياح، الذي يُعرف باسم **الكساح**، بينما يتسم الانحدار المظاهر للرياح بشدته، ويُطلق عليه اسم **الصباب**، وله ذراعان جانبيان أقل ارتفاعاً من الكثيب، ويشيران إلى اتجاه منصرف الرياح السائدة. وتعمل الرياح على تغيير شكل الكثيب باستمرار، فقد يتحول شكله الهلالي إلى

أشكال مختلفة أخرى، منها الكثبان البيضاوية، والصغيرة الجنينية، والهلالية المركبة. أهم هذه الكثبان في منطقتنا هي الكثبان الهلالية، وعندما تهب الرياح القوية فإن هذه الكثبان تتحرك باتجاه الريح وكأنها كتلة واحدة.

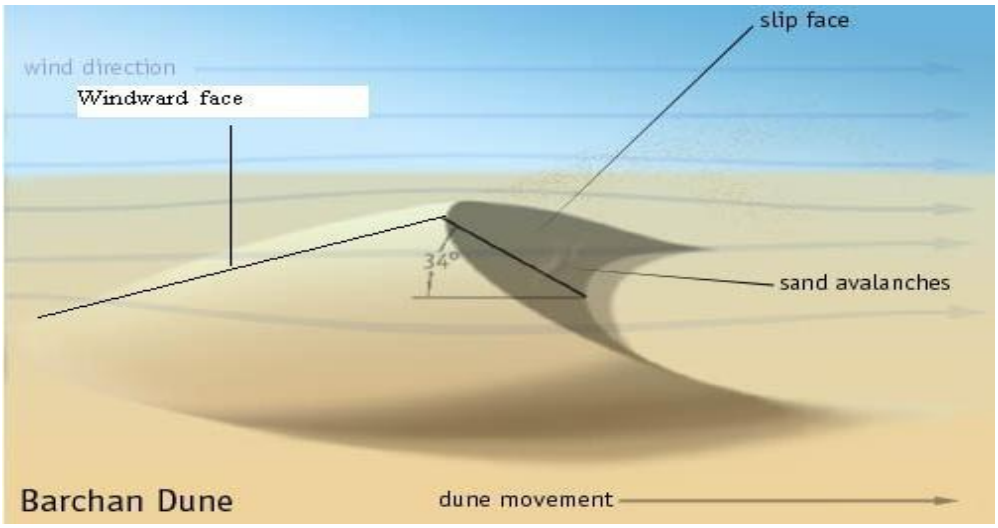


الشكل24: رسم توضيحي لكثيب البرخان(أ)

1-2-1) العوامل الرئيسية لتثبيت الرمال وعدم زحفها الى المناطق الحيوية.

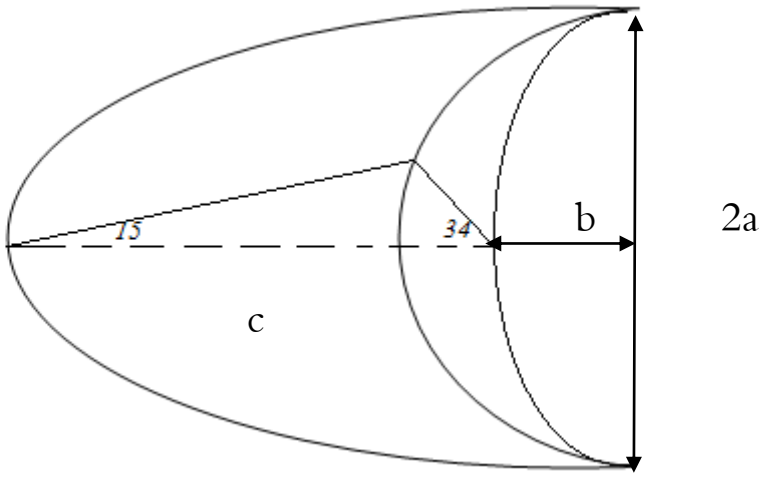
هناك عدة طرق لتثبيت حركة الكثبان الرملية مثل : زراعة النباتات، رش النفط الخام على الكثبان الرملية وإقامة الحواجز الصناعية.

من خلال الدراسة التطبيقية لتل رملي (كثيب هلالي) يزحف على منطقة حيوية ونريد إزالته، كيف نستطيع حساب حجم الكثيب؟ من الملاحظات المتكررة لهذا النوع من الكثبان نلاحظ أن الا نحدار البسيط المواجه لاتجاه الرياح، والذي يُعرف باسم **الكساح**، يصنع زاوية مقدارها 15°مع ألقاعدة، بينما يصنع الانحدار المظاهر للرياح والذي يُطلق عليه اسم **الصباب** زاوية مقدارها 34°مع القاعدة كما هو موضح بالشكل24 و الشكل 25 .



الشكل25: رسم توضيحي لمكونات الكثيب الهلالي(ب)

يمكننا إعادة رسمها و ملاحظة ثلاثة قطوع متكافئة كما هو موضح في الرسم التمثيلي التالي :



الشكل26: رسم تمثيلي يعرض أبعاد الكثيب هلالي.

الأبعاد التي نحتاج إليها لحساب حجم الكثيب الرملي نحتاج إلى معرفة:

(1) البعد بين الطرفين وليكن طول هذه المسافة 2a

(2) عمق القطع المكافئ الأول وليكن b

(3) المسافة بين رأسي القطعين المكافئين الذين يحدان القاعدة وهو الخط المقطع في الشكل وليكن c

من هنا نستطيع حساب الارتفاع من هذه المعلومات طبعاً إذا نظرنا إلى المثلث في الشكل والذي قاعدته c وزواياه 15°و 34° نستطيع حساب ارتفاع المثلث والذي يمثل أيضاً ارتفاع الكثيب.

يمكننا أن نتوصل إلى اقتراح طريقة لحساب حجم الكثيب بصورة تقريبية أي يمكننا استعمال طريقة التشريح أي تشريح الرسم إلى شرائح كما سنفعل مع هذا النموذج للكثيب الرملي.

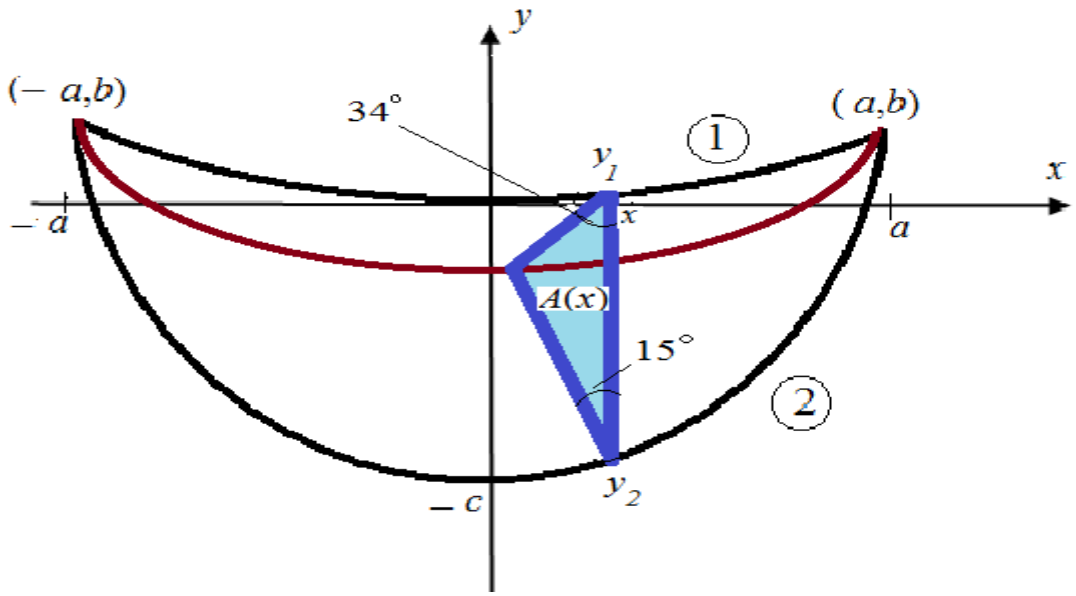
وتتلخص هذه الطريقة بتقطيع الجسم إلى شرائح متوازية بسماكة صغيرة حيث حجم كل شريحة يساوي مساحة المقطع مضروباً في سماكته. وعند جمع حجوم هذه الشرائح كلها نحصل على قيمة تقريبية لحجم الجسم. وكلما قلّت سماكة الشرائح تكون القيمة التقريبية أفضل.

لنفرض أن عندنا جسم محصور بين مستويين عموديين على محور السينات $x=a$ وَ $x=b$. إذا كانت الدالة $A(x)$ متصلة وتمثل مساحة مقطع للجسم عمودية على محور السينات عند النقطة x في داخل الفترة $[a,b]$ فإن حجم الجسم يساوي:

$$V=\int_a^b A(x)\,dx$$

(نقرأ المعادلة: V تساوي تكامل من a الى b ل A(x) مضروبة في dx.)

والآن سوف نستخدم هذه القاعدة في حساب قيمة تقريبية لحجم الكثيب الرملي. لنعد إلى الرسمة التوضيحية للكثيب الرملي ولنحاول وضعه في المستوى كالآتي:



الشكل 27:رسمة توضيحية

على فرض أن عند كل نقطة x داخل الفترة $[a,b]$ يكون المقطع العمودي على محور السينات عبارة عن مثلث قاعدته $(y_1 - y_2)$ وزاويتاه المجاورة لهذا الضلع هما 15° و 34° كما هو موضح في الشكل أعلاه. وحتى نحسب مساحة المقطع $A(x)$ نحتاج إلى:

أ/ إيجاد معادلة القطع المكافئ الأول

ب/ إيجاد معادلة القطع المكافئ الثاني

ج/ ارتفاع المثلث الأزرق في الشكل.

أ/ إيجاد معادلة القطع المكافئ الأول:

المعادلة العامة للقطع المكافئ هي $y_1 = Ax^2 + Bx + C$ وحيث أنها تمر بالنقاط $(-a,b), (a,b)$ وَ $(0,0)$ فإنه عند التعويض نحصل على ثلاث معادلات:

$$C = 0 \quad \text{وَ} \quad b = Aa^2 + Ba \quad \text{وَ} \quad b = Aa^2 - Ba$$

وعند حل هذه العادلات نحصل على $B = 0$ وَ $A = \frac{b}{a^2}$ وبالتعويض فإن معادلة القطع المكافئ الأول هي:

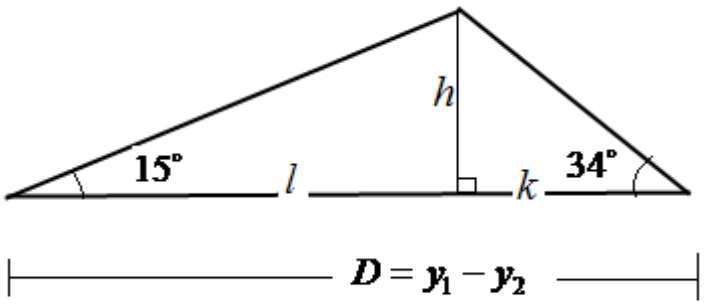
$$y_1 = \frac{b}{a^2} x^2$$

ب/ إيجاد معادلة القطع المكافئ الثاني:

بنفس الطريقة نعوض النقاط $(-a,b), (a,b)$ وَ $(0,-c)$ في المعادلة $y_2 = Ax^2 + Bx + C$ لنحصل على معادلة القطع المكافئ الثانية:

$$y_2 = \frac{b+c}{a^2} x^2 - c$$

ج/ إيجاد ارتفاع المثلث (للمقطع):كما هو موضح في الرسم التالي



شكل 28: رسم توضيحي لارتفاع مثلث المقطع

من المثلث الأيمن نلاحظ أن $h = k\tan 34$

ومن المثلث الأيسر نجد أن $h = l\tan 15$.

وبمساواة القيمتين نحصل على:

$$l = k\frac{\tan 34}{\tan 15}$$

ومن هنا نستنتج أن قاعدة المثلث تساوي:

$$\begin{aligned} D &= y_1 - y_2 \\ &= k + l = k + k\left(\frac{\tan 34}{\tan 15}\right) \\ &= k\left(1 + \frac{\tan 34}{\tan 15}\right) \\ &= k\left(\frac{\tan 15 + \tan 34}{\tan 15}\right) \end{aligned}$$

$$k = D\left(\frac{\tan 15}{\tan 15 + \tan 34}\right)$$

أي أن

وبما أن $h = k\tan 34$ فإن

$$h = k\tan 34$$
$$= D\left(\frac{\tan 15\tan 34}{\tan 15+\tan 34}\right)$$
$$= 0.19177D$$

حيث أن $D = y_1 - y_2$ تساوي طول قاعدة المثلث

❖ **إيجاد مساحة المثلث العمودي علىox عند النقطة x** :مساحة المقطع (المثلث) تساوي:

$$A(x) = \frac{1}{2}hD = \frac{1}{2}D(0.19177D)$$
$$= 0.095885\ D^2$$
$$= 0.095885(y_1 - y_2)^2$$
$$= 0.095885\left(\frac{b}{a^2}x^2 - \frac{b+c}{a^2}x^2 + c\right)^2$$
$$= 0.095885\left(c - \frac{c}{a^2}x^2\right)^2$$
$$= 0.095885\left(\frac{c^2}{a^4}\right)(a^2 - x^2)^2$$

❖ **حساب الحجم باستخدام مساحة المقطع**:إيجاد تكامل محدود لحساب حجم الكثيب الرملي

$$V = \int_{-a}^{a} A(x)dx$$
$$= \int_{-a}^{a} 0.095885\left(\frac{c^2}{a^4}\right)(a^2 - x^2)^2 dx$$
$$= \int_{-a}^{a} 0.095885\left(\frac{c^2}{a^4}\right)(a^4 - 2a^2x^2 + x^4)dx$$
$$= 0.095885\left(\frac{c^2}{a^4}\right)\left(a^4x - \frac{2}{3}a^2x^3 + \frac{x^5}{5}\right)_{x=-a}^{x=a}$$
$$= 0.095885\left(\frac{c^2}{a^4}\right)\left(\frac{16a^5}{15}\right)$$
$$= 0.10228c^2a \qquad (*)\textbf{[10]}$$

[10]–مجلة جامعة الملك سعود– العلوم الهندسية.

أي أننا نستطيع تقريب حجم الكثيب الرملي باستخدام المقدار: $\left(0.10228c^2a \right)$ حيث أن a نصف المسافة بين الذراعين الجانبيين وَ c تمثل المسافة العمودية بين رؤوس القطعين المكافئين اللذين يحدان قاعدة الكثيب الرملي.

ومن خلال الدراسة لبعض عينات من الكثبان الرملية من هذا النوع بالمنطقة تجريبيا في شهر أفريل 2017 قمنا بحساب الحجوم باستعمال العلاقة (*).

الجدول 2: حجوم الكثبان الرملية بالمنطقة خلال شهر أفريل

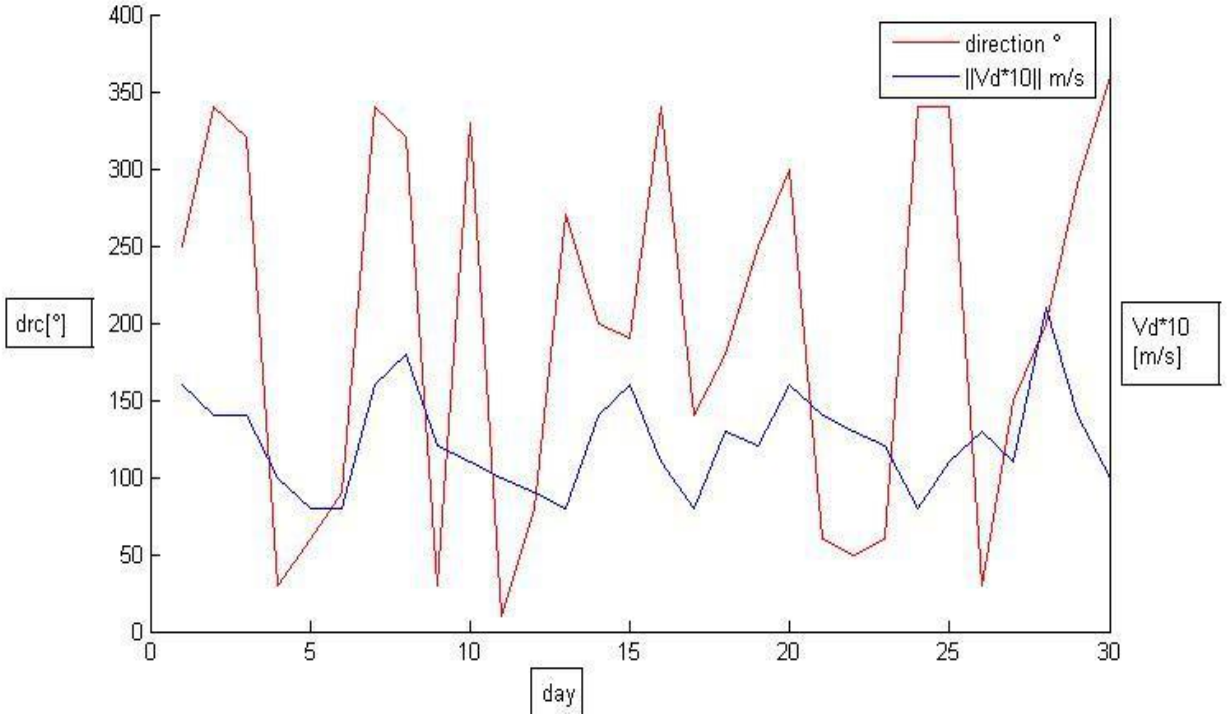
الأسبوع الأول	**h(m)**	2.53	3.45	3.60	3.75	3.70	3.82	3.77
	a (m)	5.93	22.56	24.35	28.70	30	39.35	39.56
	c(m)	11.16	37.5	42.12	45.63	47.20	50.5	50.78
	V(m^3)	**75.54**	**3244.83**	**4418.41**	**6111.86**	**6835.90**	**10264.03**	**10433.55**
الأسبوع الثاني	**h(m)**	2.70	3.30	3.35	3.50	3.70	3.80	3.53
	a (m)	5.60	20	20.35	25	30.20	35.15	35
	c(m)	10.20	32.85	40	45	45.36	45	45
	V(m^3)	**59.59**	**2207.45**	**3330.23**	**5177.92**	**6355.41**	**7280.16**	**7249.09**
الأسبوع الثالث	**h(m)**	2.70	3.33	3.40	3.56	3.65	3.85	3.50
	a (m)	5.62	20	20.30	25.20	20.15	35.15	33
	c(m)	10.25	33	45	45	45.40	45.10	45
	V(m^3)	**60.39**	**2227.65**	**4204.47**	**5219.34**	**4247.93**	**7312.55**	**6834.86**
الأسبوع الرابع	**h(m)**	2.80	3.40	3.55	3.70	3.83	3.96	3.59
	a (m)	6	23.12	25	28.30	25	39.24	35
	c(m)	11.30	33	47	45	50	51.10	49.80
	V(m^3)	**78.36**	**2575.17**	**5648.41**	**5861.41**	**6392.5**	**10480**	**88780.4**

من خلال حساب حجوم لبعض الكثبان الرملية بتطبيق العلاقة السابقة هناك تباين في الحجوم ، و هذه الحسابات يمكنها أن تدخل في معرفة مدة تنقل هذا الحجم من الكثيب باستعمال علاقات التدفقات و إجهادات القص و التي تتدخل فيه سرعة التدفقات الهوائية بالمنطقة و التي لها علاقة أيضا بالطبيعة المورفولوجية التي يتكون منها الكثيب الرملي أي طبيعة حبيبات الرمل المشكلة للكثيب الرملي الذي يمكن دراسته. و يرجع تغيرات الجحوم في الأسابيع الأربعة لعامل الضروف الجوية و خاصة الرياح حيث تتبعنا كل من سرعة الرياح و الجهة خلال الشهر لاحظ الجدول3 .

جدول3:يمثل سرعة و جهة الرياح خلال شهر أفريل

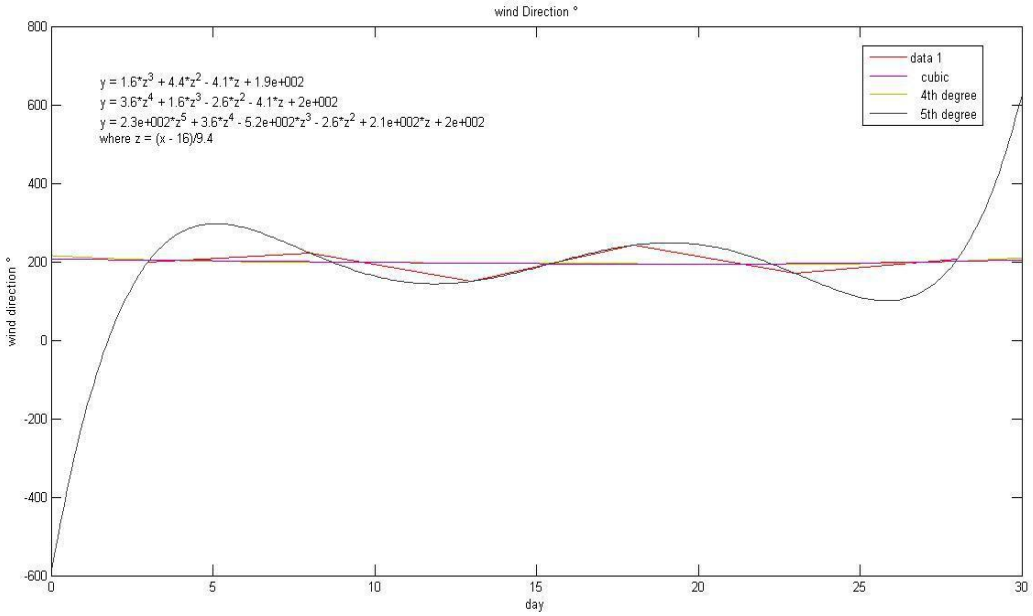
اليوم	الجهة بالدرجة	سرعة الرياح م/ثا	اليوم	الجهة بالدرجة	سرعة الرياح م/ثا
1	250	16	16	340	11
2	340	14	17	140	8
3	320	14	18	180	13
4	30	10	19	250	12
5	60	8	20	300	16
6	90	8	21	60	14
7	340	16	22	50	13
8	320	18	23	60	12
9	30	12	24	340	8
10	330	11	25	340	11
11	10	10	26	30	13
12	80	9	27	150	11
13	270	8	28	200	21
14	200	14	29	290	14
15	190	16	30	360	10

- المصدر: المركز الجهوي للأرصاد الجوية ورقلة



الشكل29: يمثل معدل تغيرات سرعة الرياح و الجهة

نلاحظ تغيرات سرع الرياح مع تغيرات الإتجاه أي يتوافقان أي كلما تنخفض السرعة تنخفض معها تغيرات الإتجاه و العكس و هذا التغير يؤثر على حركة الرمال و بالتالي على الحجم .

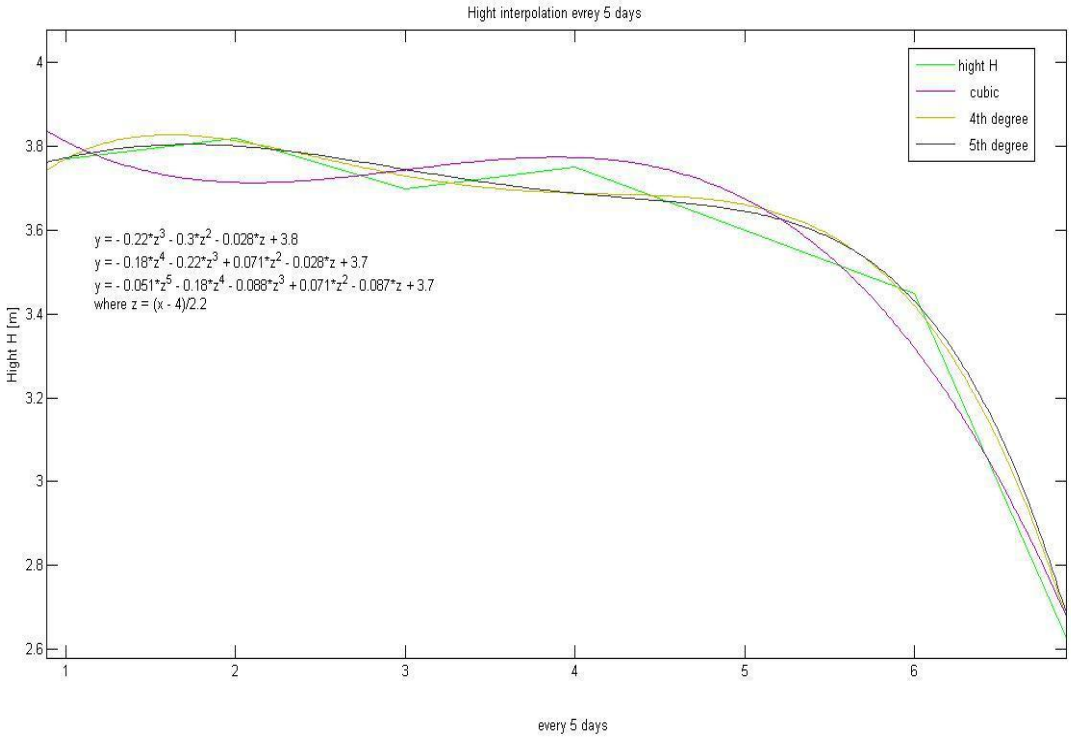


الشكل 30: يمثل منحنى معدل تغير جهة الرياح

ملاحظة: من خلال الشكل 30 نلاحظ توافق للمنحنيات التي تمثل تغيرات سرعة الرياح بالجهة اليومية والتي تعطى بالمعادل الأولى التي تتوافق مع النتائج . وهي دالة تكتب على الشكل

$$Y=3.6z^4+1.6z^3-2.6z^2-4.1z+2^e+0.02 \qquad (*)$$

وهي دالة كثير حدود من الدرجة الرابعة و تعطينا نتائج تغيرات السرعة بالجهة بدلالة الزمن .



الشكل31: منحنى معدل ارتفاع الكثبان بالنسبة للزمن كل 5أيام

نلاحظ من خلال المنحنى البياني توافق معدلات تغير الارتفاع للكثيب خلال الفترة الزمنية (شهر أفريل) و يمكننا إختيار المعادلة الأولى الموافقة للمنحنى الذي يعبر عن الارتفاعات و التي تكتب:

$$h=-0.22t^3-0.3t^2-0.008t+3.8 \qquad (^{**})$$

1-2-2) حساب مقدار تقدم الكثبان الرملية بالمنطقة.

من خلال نتائج الحجوم المتحصل عليها حسابيا يمكننا حسا مقدار تقدم الكثبان الرملية من خلا تطبيق العلاقتين (9.2) و العلاقة (2.8)

$$h\,dx = q\,dt/\rho_{sand} \qquad (8.2)$$ ـــــــــ $$D0.19177=h$$ / $$\rho_{sand}$$=2650 كغ . م$^{-3}$

$$D=(c/a^2)(a^2-x^2)$$ و منه تصبح العلاقة:

$$(a^2-x^2)dx=[q/(c/a^2)*0.19177*\rho_{sand}]*dt \qquad (10.2)$$

من خلال المعطيات القياسية للمركز الجهوي للرصد الجوي بورقلة تحصلنا على المعطيات التالية:

الجدول4: معدل سرعة الرياح في شهر أفريل

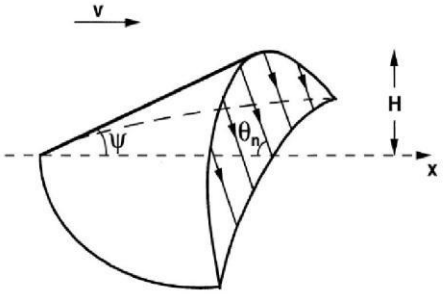
الأسابيع	01	02	03	04
معدل السرعة م/ثا	204,2857143	177,1428571	208,5714286	180

من خلا معطيات الجدول3 و لإيجاد مقدار تقدم الكثيب أي الإزاحة نستخدم العلاقة (8.2) نعوض المعادلة (**) في العمعادلة (8.2) باستعمال التكامل العددي بطريقة سيمسون 'Simpson' نجد الحد الخاضع للتكامل $\int_0^{30} \frac{dt}{h(t)}$ و منه نحصل على مقدار الإزاحة بالتقريب:

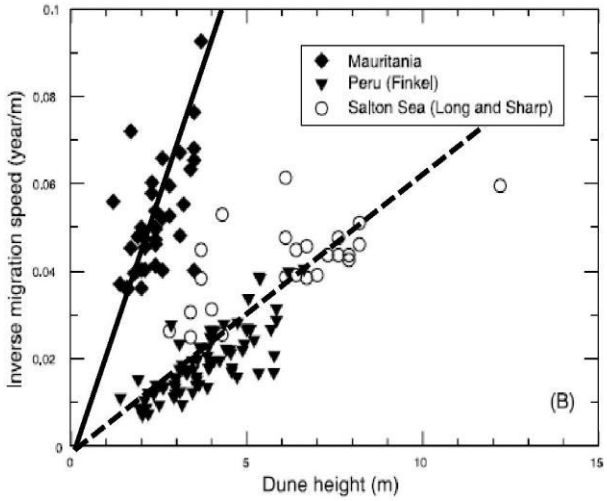
$$X=1.5940\ m$$

1-3) معدل هجرة الكثبان الرملية (البرخان).

1-3-1)حركية الكثيب برخان:

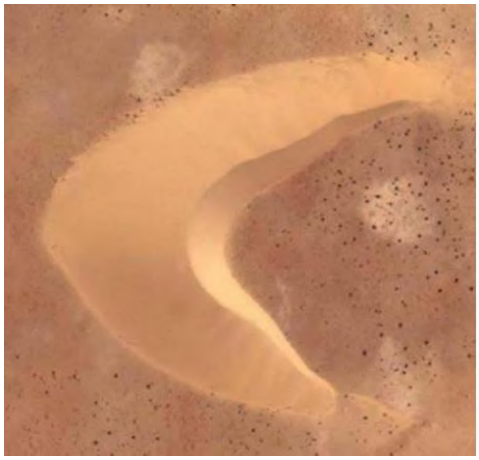


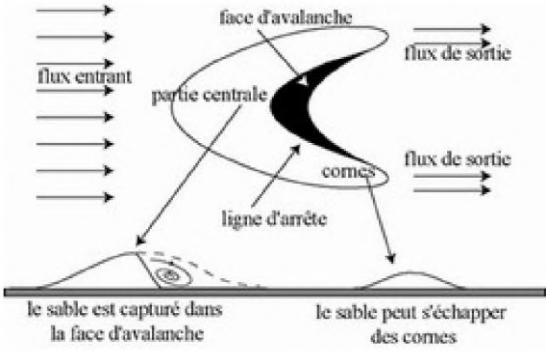
الشكل33: رسم تخطيطي لكثيب



الشكل32: البيانات الميدانية لحركية الكثيب برخان في بعض الدول

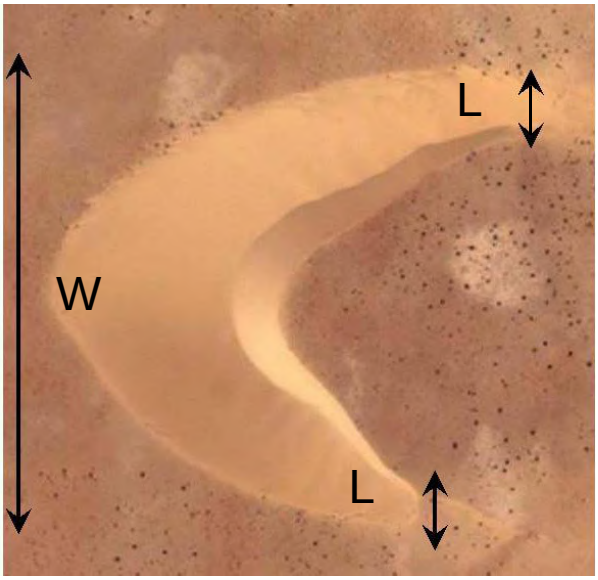
1-3-2)البنية الثلاثية لكثيب برخان.





الشكل 34: توضيح للبنية الثلاثية الأبعاد لبرخان.

1-3-3)العلاقة بين التدفقات الواردة و الصادرة.



$$\varphi_{out} = Q_{sat} \times 2L^{\alpha}$$

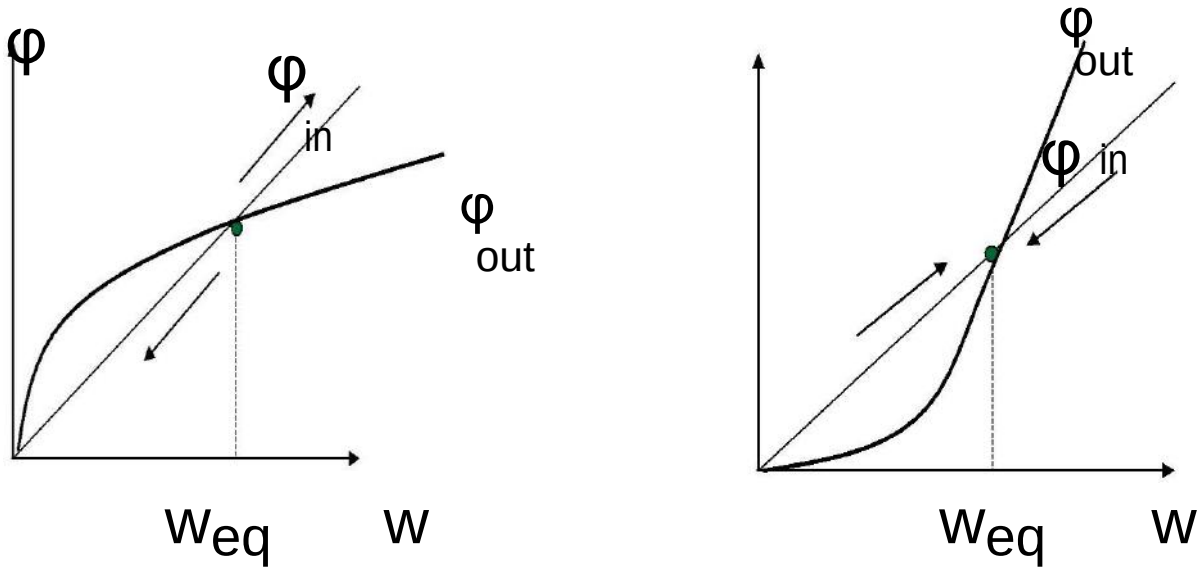
avec $L \propto w$

$$\varphi_{in} = Q_{in} w$$

أي تدفق الرمال بتناسب مع وحدة الزمن و عرض الكثيب

1-3-4) استقرار الكثيب برخان.

الوضع المستقر : $\alpha > 1$ **الوضع الغير مستقر: $\alpha < 1$**



الشكل 35: يمثل منحني الوضع المستقر و الغير مستقر للكثيب **[1]**

العلاقة بين التدفقات الداخل و الخارجة مرتبطة بالمعامل α فعندما يكون المعامل أكبر من 1 فالوضع مستقر أي عدم وجود الحركية ، و عندما يكون المعامل أقل من 1 فالوضع غير مستقر أي وجود الحركية للكثبان الرملية وخلاصة ذلك تم إيجاد قيمة تقريبية لحجم نوع واحد من الكثبان الرملية والذي يدعى الهلالي(البرخان) ، أي يمكن تطبيق هذه العلاقة على هذا النوع أبعاد : -المسافة بين الذراعين الجانبيين – و المسافة العمودية بين رؤوس القطعين العموديين اللذان يحددان القاعدة للكثيب الهلالي و كذلك الدراسة الحركية للكثبان الرملية

2- النتائج و التحليل المورفومتري للكثبان بالمنطقة.

2-1) التحليل المورفومتري لأبعاد الكثبان.

تم قياس أطوال الكثبان وعرضها من بيانات الفضائية و الدراسة الميدانية للتأكد من صحة القياسات بأخذ عينات و بتوفر مقياس رسم 1000/1 للبيانات للقمر ايكونوسو التعرف على ارتفاع الكثيب بتوفر بيانات الارتفاع الرقمية و قياس زاوية الانحدار ميدانيا ل 10 كثيبات أظهرت القياسات كما في الجدول2-1 .

[1]"Numerical modeling of the wind flow over a transverse dune", Ascânio D. Arau´jo1, Eric J. R. Parteli2, Thorsten Po¨schel2, Jose´ S. Andrade Jr1 & Hans J. Herrmann1,3 ,Scientific Reports 3, Springer Nature ,Article number: 2858 (2013).

-**الطول**: تباينت الأطوال للكثبان من 57 م إلى 1120 م وقد سجل متوسط الأطوال 376 م و بإنحراف معياري قدره 261 م و تركزت الأطوال عند منتصف المنطقة المخولة للدراسة .

-**العرض**:سجل أقل عرض 7.4 م و أقصى عرض 52.4 م و كان المتوسط العام لعرض مجمل الكثبان بالمنطقة 24.5 م و قد تركز أقصى عرض للكثبان عند المنطقة الجنوبية الشرقية.

الجدول 5:التحليل المورفومتري للكثبان الرملية بالمنطقة

ت	مستوى القاعدةم	الارتفاع م	طول الكثيب م	عرض الكثيب م	المساحة كم2	ت	مستوى القاعدة م	الارتفاع م	طول الكثيب م	عرض الكثيب م	المساحة كم2
1	65	6.5	315	27.51	6.2	36	91.5	7	223.3	19.08	3.1
2	67.5	2.5	139.5	17.35	2.1	37	104.5	9	207.5	24.96	5.1
3	68	5.5	565.5	17.67	10.2	38	112.5	7.5	187.8	29.71	4.7
4	67	5	349.1	22.6	7.5	39	114.5	14	758.2	29.03	14.2
5	65	10.5	875.5	34.82	27.1	40	95.5	9.5	255.2	19.46	4.6
6	70	15.5	1034.4	35.67	33.9	41	99.5	13	364.1	16.2	4.4
7	81.5	9.5	160.7	24.34	3.6	42	85.5	10	425.1	31.56	7
8	78	8.5	255.9	32.33	6.9	43	94.5	6.5	260.6	21.7	4.1
9	79	9.5	460.4	29.99	9.2	44	90.5	7	131.3	30.05	5.7
10	84.5	11.5	184.3	14.36	1.9	45	80	9.5	463.4	24.94	8.4
11	82.5	10.5	75.6	7.38	0.5	46	82.5	9.5	299.2	19.21	5.7
12	82.5	9.5	57.1	12.8	0.7	47	105	15	415.4	26.6	7.8
13	75.5	8.5	211.9	38.84	5.9	48	112.5	7.5	136.1	20.69	2.4
14	82.5	6	70.6	13.2	0.7	49	102	13	257.8	24.21	5
15	85.5	15	115.9	34.71	3.6	50	112	13	603.2	33.06	19.1
16	68.5	20	466.5	20.89	14.5	51	105	5	188.7	18.64	2.7
17	68	14.5	545.6	39.39	15.7	52	105.5	9.5	180.8	9.41	1.1
18	65	8.5	176.6	18.58	2.9	53	109.5	5.5	359.9	17.94	5.7
19	59.5	12.5	65.4	23.98	1.3	54	103.5	7.5	172.1	36.4	4.5
20	60.5	6.5	403	24.54	7.8	55	120.5	4	157.4	15.55	2.7
21	68.5	20	701.5	22.91	14.5	56	112.5	8.5	164.1	18.82	2.7
22	70.5	17	685.8	12.84	10.9	57	104.5	7.5	282.9	18.84	5.4
23	70.5	21	1062	27.51	26.2	58	67.5	8	91.7	16.06	1.4
24	78	11	543.1	19.74	11.6	59	86	4.5	141.2	37.78	5.7
25	78.5	10	516.6	23.45	7.2	60	98.5	6.5	337.5	51.97	11.3
26	68.5	20	718.8	19.73	15.6	61	95.5	7.5	98	22.71	2.3
27	73	26.5	1119.7	17.56	22.9	62	99.5	8	518.2	52.43	15.4
28	89.5	13	809.9	22.2	15.2	63	108.5	8	187.8	27.04	3.9
29	89.5	11	794.4	24.26	14.9	64	97.5	8.5	148.9	22.59	1.9
30	89.5	13.5	858.5	20.24	18.4	65	88.5	5.5	254.7	21.45	3.8
31	110.5	18	550.3	26.73	12.4	66	76.5	13.5	438.6	25.71	8.8
32	117.5	12.5	200.1	27.9	5.1	67	79.5	8.5	497.5	11.46	5.9

12.1	51.92	166.4	7.5	102.5	68	6.8	24.1	369.7	9.5	111.5	33
2	12.63	202	6	104	69	1.2	19.75	64.7	8.5	103.5	34
8.1	24.4	370.1	10.2	88.8	المعدل	9.8	23.17	437.7	4	109	35

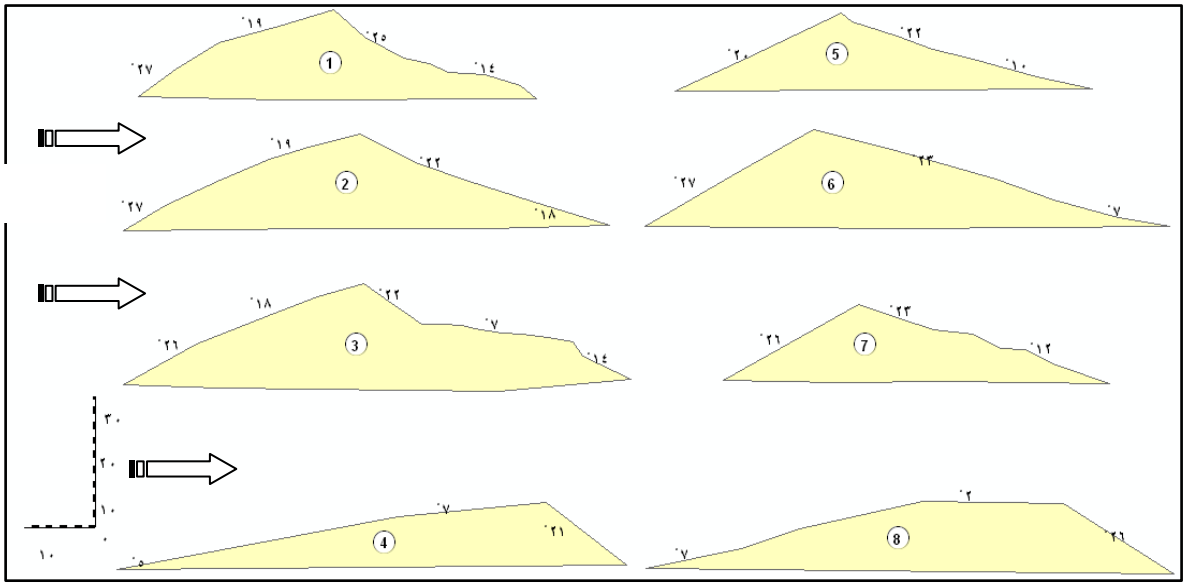
المصدر: قياسات الدراسة الميدانية لمخبر الشركة الوطنية للجيو فيزياء و بيانات القمر الصناعي iandsat tm5 و بيانات الارتفاعات الرقمية DEM و استخدام البرنامج ArcGis9.3 .

-**الارتفاع**:تباين الارتفاع بين 2.5 م و 26.5 م وبلغ متوسط الارتفاع 10.3 م لمجمل كثبان المنطقة توزعت بين أقلها عند أقصى الغرب و أعلاها عند أقصى الجنوب الشرقي.

-**مساحة الكثبان**:سجل المتوسط العام لمساحة كثبان المنطقة 8.3 كم ^{2}.

2-2) تحليل قطاعات منحدرات الكثبان الرملية.

تم أخذ نماذج من أشكال الكثبان الرملية و رسم قطاعات عرضية (لاحظ الشكل 11)، نلاحظ أن كل الكثبان و بجميع أشكالها تقسم إلى جانبين (جانب المواجه لاتجاه الرياح windward-slope و الجانب المظاهر للرياح leeward-slope و القمة crest) و قد تباينة الانحدارات لجميع الكثبان المقاسة عند الجانب المواجه للرياح كما نلاحظ قلة في انحدارات السطح نتيجة لبداية نشوئها و شملت الكثبان الهلالية في بداية تشكلها أما بقية الأنواع من الكثبان فقد زادت درجة انحدارها ، و قد تباينت درجة الانحدار عند الجانب المظاهر للرياح كما تنحدر الرمال من أعالي الكثبان بفعل الجاذبية الأرضية ، و تكون انحدارا شديدا تقل في الكثبان الهلالية و الطولية و تزداد عند الكثبان الميتة و تختلف درجة الانحدار بشكل كبير ،و هذا يعود إلى أساس تكوين الرمال حيث أن الرياح و بفقدان قوتها تذري الرمال و بفعل الحركة الأفقية تبنى هذه الأشكال من التجمعات الرملية و التي تختلف بأشكالها تبعا لقوة الرياح من جهة و المصدر الرملي من جهة أخرى ، فضلا عن العوامل الطبيعية الأخرى ، و يتجمع الرمال و ارتفاعها لتختلف درجة الانحدار مما يؤدي إلى زحف الرمال و قفزها نحو الجانب المظاهر فتتشكل القمة الحادة عند بداية تشكيل الكثيب الرملي و قلة في الانحدار في هذا الجانب.



الشكل 36: القطاعات العرضية لنمادج مختارة لمختلف أنواع الكثبان في منطقة البحث.

2-3) تحليل أحجام الرمال.

تم جمع و تحليل 12 نموذجا موزعة على مجمل منطقة الدراسة وفق أنواع الكثبان ، و كل نوع كثيب تأخذ منه ثلاث نماذج (المواجه للرياح- القمة- المظاهر للرياح)و تم إجراء التحليل الميكانيك باستخدام المناخل، و بينت النتائج في الجدول التالي:

الجدول6: جدول يبين تحليل أحجام الرمال بالمنطقة.

حجم الحبيبات	الحجم الحبيبي بالمايكرون	المساحة كم2	النسبة %
ناعمة	50	1646.7	28.6
متوسطة	150	2193.4	38
خشنة	250	1925.5	33.4

المصدر : مخبر الشركة الوطنية للجيو فيزياء انطلاقا من الدراسة الميدانية و بيانات القمر الصناعي landsat tm5 و نمدجتها ببرنامج ; erdas و arcGis9.3.

يتوزع الرمل الخشن بحجم (250 فأكثر) مايكرون في مناطق انتشار الكثبان الرملية عموما خاصة الكثبان القديمة التكوين و تمثل بنسبة 88% من الجهة المواجهة للرياح أما الرمال ذات الأحجام المتوسطة (150-250 مايكرون)فقد انتشرت في نهايات الكثبان الرملية و انتشرت في الكثبان الهلالية و الطولية ، أم حبيبات الرمل الناعمة و التي تتراوح أحجامها بين (50-150 مايكرون) فإنها تتحرك بحرية لذا تتواجد في مناطق بعيدة و عند نهايات الكثبان خاصة الكثبان الهلالية و التي تتغير مورفولوجيتها خلال الليل و النهار بفعل تأثرها بالرياح المحلية و طوبوغرافية المنطقة كونها ذرات سهلة الحركة و القفز و التدحرج.

الخلاصة

من خلال ما تطرقنا إليه في هذه الدراسة يعكس لنا الشكل المورفولوجي للتكوينات الرملية أي تعدد أشكال الكثبان الرملية (الهلالية–الطولية–الميته– النجمية) فضلا إلى أنها قد تطورت إلى كثبان عرضية، كما دلت الدراسة أن الإتجاه السائد لحركة الكثبان الطولية هو باتجاه حركة الرياح موازيا لخط القمة و تتحول الرمال جانبيا في الاتجاهين بشكل غير متساوي اعتمادا على تردد اتجاه الرياح السائدة على امتداد العرق الصحراوي الكبير بمنطقة الدراسة كما وجد تشابه في عناصر حجم حبيبات الرمل لكل المواقع عدا بعض الفروق عند نهايات جسم الكثبان من خلال تحليل البيانات الفضائية تم تمييز المظاهر الجيومورفولوجية الآتية(كثبان رملية سميكة– كثبان هلالية– انسياقات رملية–أراضي جرداء– رواسب ريحية — رواسب منحدرات).

إن عدم وجود النبات الطبيعي في المنطقة عزز من تأثير الرياح في المورفولوجية للكثبان الرملية بفعل الحركة المستمرة فضلا عن الانحدار ووفرة مصادر الرمال .

في ضوء ما سبق من عرض ظاهرة الكثبان الرملية بمنطقة الدراسة والتقنيات المستخدمة لمقاومة آثارها الضارة فإننا نوصى بما يلي:

1- أن تشغل برامج مقاومة زحف الرمال أولوية متقدمة في مخططات التنمية بمنطقة الدراسة؛ إذ أن مقاومة حركة الكثبان الرملية تشغل جانباً هاماً من مخطط مقاومة التصحر.

2- أن تتضمن أنشطة محاربة لزحف الرمال تحليلاً دقيقاً لجميع عوامل الانجراف الهوائي، مما يسهم في تحديد أولويات وخطة العمل المناسبة.

3- تشجيع مساهمة السكان في جميع مراحل مشروعات مقاومة زحف الرمال مع الأخذ في الاعتبار احتياجاتهم وآرائهم على أن تتضمن هذه المشروعات جانباً إرشاديا يرتكز على الإعلام وتنمية الخبرات المحلية.

4- الاهتمام بتدريب الكوادر العاملة في مجال مقاومة زحف الرمال على أن تتضمن ذلك تبادل الخبرات مع الدول ذات السبق في هذا المجال.

5- الاهتمام بالجوانب التطبيقية من حيث:

–العوامل التي تتحكم في ظاهرة زحف الرمال.

–وضع خرائط لبيئة الكثبان الرملية وزحف الرمال.

–البحث عن تقنيات جديدة ذات فعالية مرتفعة مع الأخذ في الاعتبار النواحي الاقتصادية والتركيز على الوسائل التقليدية وإظهار كفاءتها وتطويرها مثل وسائل الإزاحة عن طريق الطوب والعجلات المطاطية.

–التركيز على النباتات المحلية القادرة على تحمل الظروف المناخية الصعبة وتبادلها في إطار قيام بنك مشترك

للبذور مع محاولة إدخال أنواع مثمرة في تكامل مع النباتات الأخرى لتغطية تكاليف التثبيت.

–دعم البحوث التطبيقية وتمويلها وذلك بهدف تطوير التقنيات الخاصة في هذا المجال.

–التوسع من الاستفادة من التقنيات الحديثة مثل الاستشعار عن بعد وذلك لتحديد أولويات العمل في المشاريع، حيث ستسهم في تحديد اتجاه الرياح أثناء إقامة مشروع معين.

–إنشاء مواقع رائدة في المناطق التي تعانى من ظاهرة الكثبان الرملية بمنطقة الدراسة بحيث تعمل هذه المواقع كمواقع إرشادية لمختلف التقنيات التي ثبت نجاحها في مقاومة زحف الرمال وذلك للتوسع في تطبيقها.

–الاهتمام بالبحوث الخاصة بإدارة واستغلال المناطق التي تم تثبيتها بيولوجياً بما لا يؤثر على فعالية النباتات المزروعة في مقاومة زحف الرمال.

–البحث عن مصادر غير تقليدية للتمويل وذلك من أجل استمرار عملية البحث وعمليات المقاومة المختلفة.

المراجع

المراجـــع.

[1]''Numerical modeling of the wind flow over a transverse dune'', Ascânio D. Arau´jo1, Eric J. R. Parteli2, Thorsten Po¨schel2, Jose´ S. Andrade Jr1 & Hans J. Herrmann1,3 ,Scientific Reports 3, Springer Nature ,Article number: 2858 (2013).

[2] ''Physics and Modelling of Wind Erosion'': yaping Shoa université of Cologne Germany ,Springer science, 2008

[3] ''Rides et Dunes de Sable'',cours 'présentation':Alexandre Vacance Institut de Physique de Rennes(IPR) GdR EGRIN 2-4 Avril 2013.

[4] ''Vers une quantification de l'erosion eolienne des sols laboures dans le sud tunisien '':Mohamed taieb LABIADH Gilles BERGAMETTI Christel BOUT Housine KHATTELI et Mounir ABICHOU revue des Regions arides – numero –n 36 (1/2015).

[5] ''WIND EROSION CONTROL '':E. L. SKIDMORE ARS –USDA- Kansas state University –Manhattan –kansas 66506 U.S.A (1986),

[6]–أشكال التكوينات الرملية في منطقة سهل الباطنة بسلطنة عمان، دراسة جيومورفولوجية ، الجمعية الجغرافية الكويتية الكويت العدد 168. أحمد سالم صالح، 1994

[7]–، جيومورفولوجية الكثبان الطولية شمال شرق منخفض البحرية، مجلة الجمعية الجغرافية الكويتية العدد 34 الجزء الثاني. أحمد عبد السلام على، 1999

[8]– الإمكانيات المائية بشبه جزيرة سيناء وخطط تنميتها الأساسية والإقليمية خلال الخمسون عاما القادمة (1982-2032)، معهد بحوث الصحراء، وزارة الزراعة، المطرية، القاهرة إسماعيل محمود الرملى، 1982،

[9]–أكاديمية البحث العلمى والتكنولوجيا والمجالس النوعية، 1983، مجلس بحوث البيئة، الكثبان الرملية في مصر،

المجلات:

[10]–مجلة جامعة الملك سعود- العلوم الهندسية.

[11]–مجلة بيئتنا الهيئة العامة للبيئة العدد 89 **2013 ©** .

ملخص: يهدف هذا البحث الى الدراسة تأثير الطبقة الحدية للغلاف الجوي (CLA) بالقرب من السطح و بالأخص السطح الرملي و بتنوع لأنماط مختلفة من الرياح و ذلك لتأثيرها الكبير لمكونات السطح ، و من خلال خصائص سطح هذه المنطقة التي تتميز بوجود كميات كبيرة من الرمال على السطح ، يمكن لهذه الرياح أن تساهم في تكوين و تشكيل تجمعات كبيرة من الرمال و تختلف هذه التشكيلات و تتعدد ، و التي تعرف بالكثبان الرملية ، كما أنه تختلف فيما بينها من الناحية الشكلية (المورفولوجية) و من الناحية الحركية (الديناميكية) ، و هذه الدراسة خصصت لإثراء و إبراز العوامل الفيزيائية التي تدخل في تشكيل و حركية الكثبان الرملية و تأثير الطبقة الحدية السطحية (CLAs).

ومن أجل الوصول إلى هذا الهدف بدأنا بالجانب النظري بالتعرف التشكيلات الجغرافية السطحية التي تعرف بها المنطقة الجنوبية (حاسي مسعود) ، تم اختيارنا لنوع من أنواع الكثبان الرملية خصص للدراسة (النوع الهلالي) و من خلال دراسة مواصفات الطبقة الحدية على السطح و دراسة تغيراتها و بجمع المعطيات الميدانية (حاسي مسعود) و بإجراء مقاربات آلية حاولنا الحصول على نتائج تم مقارنتها بالجانب النظري و إعطاء تفسيرات فيزيائية .

وخلصت الدراسة إلى تحليل النتائج و من خلال البرمجة الآلية تم تفسير الظواهر المورفوديناميكية للكثبان الرملية بالمنطقة.

الكلمات المفتاحية :الطبقة الحدية – الطبقة الحدية السطحية – الكثبان الرملية – النوع الهلالي (البرخان) – الرياح السطحية – المقاربة الآلية .

Résumé :Cette recherche a pour but d'étudier l'effet de couche limite de l'atmosphère (CLA) à proximité de la surface, et en particulier la surface de sable et la diversité de différents types de vent et si grand pour l'impact des composants de la surface, et à travers la surface de cette région, qui est caractérisé par la présence de grandes quantités de sable sur les propriétés de surface, ces vents contribuent à la formation et la formation de grandes concentrations de sable et ces formations sont différentes et multiples, et connu sous le nom des dunes de sable, ils diffèrent aussi entre eux en termes de forme (morphologie) et de la cinétique (dynamique), et cette étude consacrée à l'enrichissement et mettant en évidence les facteurs physiques impliqués dans des gémissements Et les dunes de sable dynamique et l'effet marginal de la couche superficielle (CLAS).

Pour atteindre cet objectif, nous avons commencé côté de l'identification théorique de surface des formations géographiques appelées la région sud (Hassi Massoud), nous avons été sélectionnés pour le type de dunes de sable consacrées à l'étude (type Hilali) et en étudiant les spécifications de la couche limite sur la surface et d'étudier leurs changements et de recueillir les données sur le terrain (Hassi Messaoud) et un mécanisme permettant de faire des approches que nous avons essayé d'obtenir les résultats étaient comparables à ceux du côté théorique et donner des explications physiques.

L'étude a conclu que l'analyse des résultats et à travers le mécanisme de programmation a été interprété phénomènes morfo dynamique dunes de sable dans la région.

Mots-clés: couche limite - surface de la couche limite - dunes de sable - Type Hilali (Alberkhan) - vent de surface - mécanisme d'approche.