

جامعة قاصدي مرياح ورقلة

كلية الرياضيات وعلوم المادة

ميدان :علوم المادة

قسم :الفيزياء



تخصص: فيزياء الأرصاد الجوية

مذكرة ماستر أكاديمي

من إعداد الطالبة: بريكة عبلة

بعنوان:

## مقاربة عددية لمعامل الالتقاط على الوجه

### المظاهر لكثيب رملي

تناقش يوم : 2019/07/ 03

أمام لجنة المناقشة المكونة من:

رئيساً	ورقلة جامعة	أستاذ محاضر - أ -	بن مبروك لزهر
مناقشا	ورقلة جامعة	أستاذ محاضر - ب -	فقيه عبد العالي
مشرفا	ورقلة جامعة	أستاذ مساعد - أ -	بن بلقاسم خلف الله

الموسم الجامعي : 2019/2018

# إهداء

إلى أرق شمعة تحترق لتضيء من حولها بعطفها وحنانها أعظم امرأة في الكون

وأحلى كلمة في الوجود ... أمي الغالية

إلى سراج دنيائي مرشدي وسندي وعوني الذي رعاني بكل سخاء وأوصلني إلى

ما أطمح إليه ... أبي الكريم

إلى من تقاسمت معهم مشوار حياتي إخوتي وأخواتي الأعزاء

إلى الأساتذة المحترمين الذي بفضلهم يتم النجاح

وإلى جميع صديقاتي وزملائي وزميلاتي في الدراسة كل واحد باسمه

# شكر وتقدير

الحمد لله الذي وفقني على هذا العمل والذي بنعمته تتم الصالحات وبنوره

تنزل البركات.

أتوجه بالشكر للأستاذ المشرف بن بلقاسم خلف الله على توجيهاته وتصويباته

الرشيدة لهذا العمل.

كما أتقدم بالشكر لكل من الأستاذ: د. بن مبروك لزهري و الأستاذ: د. فقيه

عبد العالي أعضاء لجنة المناقشة على قبولهم تقييم هذا العمل.

كما لا أنسى أن أتقدم بالشكر الخاص لموظفي المديرية الجهوية للأرصاد

الجبوية بورقلة ، على المعلومات القيمة التي فادوني بها.

## الفهرس

رقم الصفحة	العنوان
	الإهداء
	الشكر و التقدير
I	الفهرس
IV	قائمة الجداول
V	قائمة الأشكال
VII	قائمة الرموز
أ	مقدمة عامة
<b>الفصل الأول: عموميات حول الكثبان الرملية</b>	
04	1-1) الطبقة الحدية الجوية
05	2-1) الرياح
06	3-1) الكثبان الرملية
06	1-3-1) الرمال
07	2-3-1) تنقل حبيبات الرمل
08	4-3-1) تكوّن الكثبان الرملية
10	5-3-1) مراحل تكوّن الكثبان الرملية
11	4-1) أنماط الكثبان الرملية
11	1-4-1) أشكال ناتجة عن اتجاه واحد للرياح
13	2-4-1) أشكال ناتجة عن اتجاهين للرياح
13	3-4-1) أشكال ناتجة عن اتجاهات متعددة للرياح
<b>الفصل الثاني: معامل التقاط الرواسب الرملية لكثيب رملي</b>	

15	(1-II) مرفوديناميكية الكثبان الرملية
17	(2-II) تدفق حبيبات الرمال على قمة الكثيب
17	(1-2-II) شروط التدفق
18	(2-2-II) معامل الالتقاط لكثيب رملي
20	(3-II) دراسة العلاقة التحليلية لمعامل الالتقاط
21	(4-II) تدفق حبيبات الرمل حول الكثيب
22	(5-II) الاستقرار الخطي لكثيب رملي
23	(6-II) البرخان
23	(1-6-II) مراحل تكون البرخان
24	(2-6-II) علاقة قيمة التقاط البرخان بارتفاعه
<b>الفصل الثالث: المقاربة العددية لمعامل الالتقاط في منطقتين (ورقلة-تقرت)</b>	
28	(1-III) التعرف على منطقتي الدراسة ورقلة-تقرت
28	(1-1-III) خصائص منطقة الدراسة
30	(2-1-III) معطيات سرعة الرياح في المنطقتين
32	(3-1-III) حساب متوسط السرعة خلال فترة الدراسة
33	(4-1-III) متغيرات معامل الالتقاط
36	(2-III) تغيرات معامل الالتقاط بدلالة السرعة خلال ارتفاعات مختلفة
38	(3-III) النتائج
38	(4-III) خلاصة
40	الخاتمة العامة
42	قائمة المراجع

## قائمة الجداول

الصفحة	عنوان الجدول
30	الجدول (1-III): تغيرات سرعة الرياح المتوسطة المسجلة لمحطتي الرصد الجوي ورقلة-تقرت خلال شهر مارس 2018.
32	الجدول (2-III): متوسط السرعة خلال كل أسبوع (تقرت ، ورقلة).
33	الجدول (3-III): تغيرات معامل الالتقاط بدلالة الارتفاع عند سرعات مختلفة نظريا.
34	الجدول (4-III): معاملات الالتقاط بدلالة ارتفاعات عند سرعات مختلفة.
34	الجدول (5-III): تغيرات معامل الالتقاط بدلالة الارتفاع عند سرعات مختلفة لمنطقة ورقلة.
34	الجدول (6-III): تغيرات معامل الالتقاط بدلالة الارتفاع عند سرعات مختلفة لمنطقة تقرت.
36	الجدول (7-III): تطورات دالة معامل الالتقاط لمنطقتي الدراسة عند ارتفاعين مختلفين.

## قائمة الأشكال

الصفحة	عناوين الأشكال
04	الشكل (1-1): بنية الطبقة الحديدية الجوية.
06	الشكل (2-1): رسم تخطيطي يوضح مختلف أصناف حبيبات الرمل.
07	الشكل (3-1): رسم تخطيطي يوضح محصلة القوى المأثرة على حبيبة الرمل.
08	الشكل (4-1): تغيرات سرعة العتبة بدلالة الحجم المميز لحبيبة الرمل.
10	الشكل (5-1): رسم تخطيطي يوضح طريقة تنقل حبيبات الرمل.
11	الشكل (6-1): رسم تخطيطي يوضح أهم مراحل تكون الكتلان الرملي.
12	الشكل (7-1): رسم تخطيطي يوضح كتيب رملي برخاني.
12	الشكل (8-1): رسم تخطيطي يوضح كتبان رملية موجه عرضية.
13	الشكل (9-1): رسم تخطيطي يوضح كتبان رملية سيفية طولية.
13	الشكل (10-1): رسم تخطيطي يوضح كتيب رملي نجمي.
16	الشكل (1-11): مقطع لكتيب يوضح تدفق الترسب للجهة المواجهة للرياح و المظاهرة لها وعلاقة تدفق الرواسب على قمة الكتيب بقيمة الالتقاط للجهة المظاهرة للرياح.
18	الشكل (2-11): يوضح علاقة قيمة التقاط الكتيب مع ارتفاعه من أجل نفس سرعة القص و نفس تدفق الرواسب على القمة.
19	الشكل (3-11): تغيرات قيمة التقاط الترسبات على الجانب المظاهر للرياح للكتيب $T_e$ بدلالة إرتفاعه $h$ من أجل سرعات قص مختلفة على قمة الكتيب $X$ على حسب تجربة Momiji et Warren 2000
19	الشكل (4-11): علاقة معامل الالتقاط $T_e$ بدلالة سرعة الرياح عند ارتفاعات مختلفة على حسب تجربة Momiji et Warren 2000.

21	الشكل (5-11): منحنيات بيانية لعلاقات مختلفة تتعلق بمعامل الالتقاط لكثيب بدلالة الارتفاع المخرج.
22	الشكل (6-11): مخطط يوضح التدفقات الجانبية المساهمة في كثيب رملي.
23	الشكل (7-11): مخطط يوضح مختلف أجزاء البرخان.
24	الشكل (8-11): مخطط يوضح اهم مراحل تكون البرخان.
29	الشكل (1-111): خريطة الكثبان الرملية لولاية ورقلة .
35	الشكل (2-111): تغيرات معامل الإلتقاط $T_e$ بدلالة ارتفاع الكثيب $H$ عند سرعات مختلفة خلال الأسابيع الأربعة الموافقة لمنطقة ورقلة.
35	الشكل (3-111): تغيرات معامل الإلتقاط $T_e$ بدلالة ارتفاع الكثيب $H$ عند سرعات مختلفة خلال الأسابيع الأربعة الموافقة لمنطقة تقرت.
37	الشكل (4-111): المنحنيات البيانية لتطور معامل الالتقاط $T_e$ بدلالة السرعة عند ارتفاعين $H=10m$ ، $H=5m$ منطقة تقرت.
37	الشكل (5-111): المنحنيات البيانية لتطور معامل الالتقاط $T_e$ بدلالة السرعة عند ارتفاعين $H=10m$ ، $H=5m$ منطقة ورقلة.



## قائمة الرموز

الرمز	التعريف بالرمز	الوحدة
$u_1$	سرعة قص الرياح.	m/s
$u_2$	سرعة تدفق الهواء على ارتفاع معين.	m/s
$K$	ثابت فون كارمن.	/
$Z_0$	ارتفاع مرجعي ثابت خشونة السطح.	m
$Z$	ارتفاع معين.	m
$d_m$	انصف قطر حبيبة الرمل.	m
$\rho_p$	الكثافة الحجمية لحبيبة الرمل.	kg/ m <sup>3</sup>
$m$	كتلة حبيبة الرمل.	kg
$f_d$	قوة سحب حبيبات الرمل.	N
$f_j$	قوة تماسك حبيبات الرمل.	N
$A$	مجال سقوط الحبيبات على السطح.	m
$C_x$	ثابت تابع لطبيعة الجسم وعدد رينولدز للمحور X.	/
$C_z$	ثابت تابع لطبيعة الجسم وعدد رينولدز للمحور Z.	/
$d$	انصف القطر المميز للحبيبة .	m
$v$	السرعة النسبية.	m/s
$\rho_{air}$	الكثافة الحجمية للهواء.	kg/ m <sup>3</sup>
$Re$	عدد رينولدز.	/
$\nu_{air}$	اللزوجة الديناميكية.	m <sup>2</sup> /s
$\eta_{air}$	اللزوجة المتكونة.	kg/ m.s
$C$	مقلوب عماد رينولدز.	/
$\rho_{sable}$	الكثافة الحجمية للرمل.	kg/ m <sup>3</sup>
$g$	ثابت الجاذبية الأرضية.	m/s <sup>2</sup>
$u$	سرعة تدفق الهواء.	m/s
$v_{grain}$	السرعة النسبية لحبيبات الرمل.	m/s
$\omega$	سرعة تدفق الرياح لحبيبات الرمل.	m/s
$t$	زمن طيران حبيبات الرمل بالهواء.	s
$l_{sat}$	مدى طيران حبيبات الرمل بالهواء.	m
$Z_{sat}$	ارتفاع طيران حبيبات الرمل بالهواء.	m
$t_{ent}$	زمن تسارع الحبيبات بفعل الرياح.	s
$\xi$	قيمة عددية.	/
$P$	قوة الثقل.	N
$R$	ورد الفعل.	N
$u_{st}$	سرعة انحراف الحبيبات بالرياح في لحظة زمنية معينة.	m/s
$d_{lim}$	الحجم المحدود لحبيبة الرمل.	m
$v_{reband}$	سرعة ارتداد الحبيبة بعد الاصطدام.	m/s
$v_{impact}$	سرعة تصادم الحبيبات.	m/s

m/s	سرعة العبة الديناميكية.	$u_{*i}$
/	ثابت تناسب سرعة العبة الديناميكية مع سرعة الرياح.	$\alpha$
°	زاوية الجانب المواجه للرياح للكتيب.	$\varphi$
°	زاوية الجانب المظاهر للرياح للكتيب.	$\theta$
m	وضعية قمة الكتيب.	$X$
m	الوضعية الخالية لمقطع الكتيب.	$Y$
/	ثوابت قياسية مميزة للكتيب.	$A, B, C$
m <sup>3</sup> /s	تدفق حبيبات الرمل على قمة الكتيب.	$Q$
m <sup>3</sup> /s	التدفق السائد على السطح.	$q_{sat}$
/	معامل إرجاع التابع لسرعة الرياح مع الارتفاع.	$\beta$
/	عدد شلدر اللواقح للتدفق على سطح مستوي.	$sh_0$
/	عدد شلدر المقاس عند بداية الحركة المميز للوسط الحبيبي.	$sh_c$
m <sup>3</sup> /s	تدفق ترسب مرصعي.	$Q_0$
/	قيمة التفاضل الكتيب.	$T_e$
m	الارتفاع المخرج للميز للكتيب المؤدي إلى قيمة التفاضل مشبعة.	$h_c$
m	ارتفاع الكتيب.	$h$
m <sup>3</sup> /s	التدفق الخاص بالجانب المظاهر للرياح.	$I_a$
m <sup>3</sup> /s	التدفق الخاص بالجانب المواجه للرياح.	$I_u$
/	معامل متجانس مميز لانتشار الترسب على الجانب المواجهة	$D_u$
/	معامل متجانس مميز لانتشار الترسب على الجانب المظاهر	$D_d$
m	الوضعية الأساسية قبل نشأة الكتيب	$x_f$
m <sup>2</sup>	مساحة مقطع الكتيب	$s$
m <sup>3</sup> /s	التدفق (الترسيبي) الخاص بالجانب المواجهة للرياح.	$f_{in}$
/	ثابت يظهر نتيجة الانتشار على الجانب المواجهة للرياح بالنسبة	$\sigma$
/	معاملات جيومترية.	$G_2, G_1, X$
/	كثافة النسبة للتدفق الحامي.	$\rho$
m <sup>-1</sup>	امواج الريحان بالنسبة للمحور $X$ .	$k_x$
m <sup>-1</sup>	امواج الريحان بالنسبة للارتفاع $h$ .	$k_h$
m	الارتفاع الاعظمي للريحان.	$h_B$
m	عرض الريحان.	$W$
m/s	سرعة تقدم الريحان.	$V_B$
m <sup>-1</sup>	الامواج الكلي للريحان.	$X_c$
/	قيمة الانقراض المتوسطة.	$\bar{T}$
/	تغير قيمة الانقراض للجهة المظاهرة للرياح بالكتيب مع	$\delta$
m	العدد الموجي المحدود.	$k_{max}$
m	العدد الموجي.	$k$

# المقدمة العامة

## المقدمة العامة

تعتبر الكثبان الرملية من أهم السمات المميزة للمنظر العام في المناطق الصحراوية، هذه الكثبان تتأثر و تؤثر بدورها على الجو و السطح من حولها بشكل مباشر أو غير مباشر، فمن خلال هذا التأثير المتبادل تنتج و تتنوع عدة أنماط و أشكال لهذه الكثبان، حيث يتميز كل نوع من هذه الأخيرة بفترة حياة خاصة، بداية بمرحلة التكوين ثم التنقل و في الأخير مرحلة الاندثار. إن كل مرحلة من حياة الكتيب يمكن وصفها و التمييز بينها بخصائص و معاملات قياسية نظرا للعلاقة الوطيدة بين نمط الرياح السائد في المنطقة و مورفولوجيا الكتيب، فالشكل الهندسي للكثيب و موقعه يؤثران بقوة على ديناميكيته و تطوره. يعبر عن قدرة الكثيب في التقاط و تجميع الرمال بمعامل الالتقاط الرملي للكثيب، في هذا الصدد قمنا بهذه الدراسة لمحاولة تقييم مدى تطابق بعض القيم النظرية لمعامل الالتقاط بقيمة محسوبة من خلال إجراء الاستقطاب لقيم مقاسه ميدانيا في منطقتين مختلفتين، و قريبتين نوعا ما من بعضهما البعض في نفس الوقت، المنطقة الأولى هي منطقة ورقلة، أما المنطقة الثانية في نفس الولاية و هي منطقة تقرت، لاستيفاء هذا العمل و إنجازها بشكل منهجي، قسمنا الدراسة إلى ثلاث فصول أو مراحل.

في الفصل الأول، نظرا لاعتبار الطبقة الجوية الحدية محالا حديا لمعظم التغيرات الجوية و الظواهر الجوية السطحية، خصصنا جزءا هاما للتذكير بها، و التعرف عليها. بعد ذلك تطرقنا إلى الدراسة و التعرف على بعض أنماط الكثبان الرملية، حيث ركزنا على تعدد أنواع الكثبان الرملية وعلاقتها بنمط الرياح السائدة، إضافة إلى تأثيرها المباشر على تحرك الكثبان الرملية و مراحل تشكيلها، أي مرفوديناميكيته بشكل عام.

أما في الفصل الثاني، فبعد التعرف بمعامل الالتقاط الرملي للكثيب، تطرقنا إلى دراسة العوامل المؤثرة عليه، من خلال تحليل بعض النتائج المحصل عليها من دراسات مخبرية سابقة، و ذلك من اجل إعطاء فكرة شاملة على هذا المعامل و مدى أهميته في حالات مماثلة من مجال الدراسة.

حاولنا في الفصل الثالث، والأخير، إجراء مقارنة عددية لمعامل الالتقاط الرملي للكثيب في منطقتين، هما ورقلة و تقرت، بدلالة سرعة الرياح المأخوذة عن مصلحة الأرصاد الجوية لولاية ورقلة، ثم تحليلها. بعد ذلك و بالاستعانة ببرنامج

حاسوبي، قمنا بإجراء استقطاب لاغرانج للدالة لكل من قيم السرعة المتعلقة بالرياح في المنطقتين و مجال ارتفاع الكثبان الرملية في هذه المنطقة المحسوبة ميدانيا، حيث كان هدفنا هو؛ مقارنة الشكل العام لتغير دالة معامل الالتقاط الناتجة ميدانيا بالشكل النظري لتغير هذه الدالة في كل منطقة، و من ثم إعطاء مقارنة عددية تقريبية لهذا المعامل المهم.

أخيرا، ختمنا الدراسة بملخصة أوجزنا فيها أهم النتائج التي تحصلنا عليها، مع ذكر معيقات الدراسة الميدانية إلى جانب تقديم بعض الآفاق المستقبلية لمواصلة البحث في هذا الموضوع.

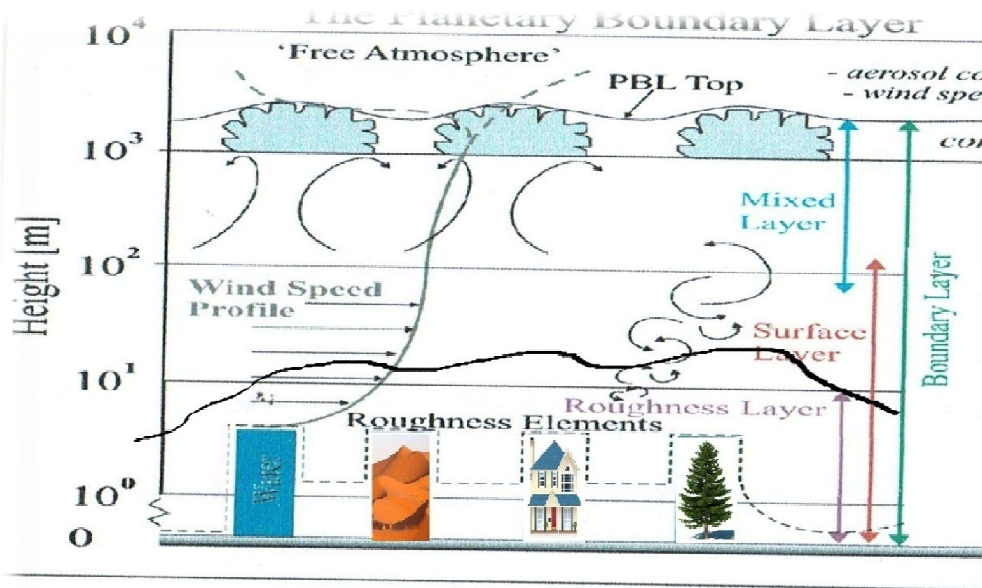
# الفصل الأول:

عموميات حول الكشبان الرملية

يحيط بكوكب الأرض غلاف جوي مكون من خليط متجانس من الغازات بنسب مختلفة. أين تعرف الطبقة الدنيا من هذا الغلاف بالتروبوسفير، في هذه الطبقة يحدد سمك لطبقة حدية من مئات الأمتار إلى بعض الكيلومترات (حوالي 3 كلم) وذلك من خلال التفاعل المباشر مع سطح الأرض في مدى زمني قدره الساعة. تعتبر هذه الطبقة الأهم من ناحية تنوع الظواهر الجوية و اختلافها، هذه الطبقة تعرف بالطبقة الحدية الجوية.

## 1-1 الطبقة الحدية الجوية

من المعلوم في الدراسات الجوية أن الغلاف الجوي ينقسم إلى أربع طبقات متباينة و متموضعة فوق بعضها البعض، أين تحدد الطبقة الحدية الجوية في الطبقة الأولى منه (التروبوسفير) ويمكن توضيح بنيتها بالمخطط التالي:



الشكل (1-1): بنية الطبقة الحدية الجوية [2].

تتواجد الطبقة الحدية الجوية في الطبقة الدنيا من التروبوسفير وتنقسم بذاتها إلى أربعة أقسام مختلفة :

- أ- **طبقة الاحتكاك المباشر:** سمكها لا يتعدى السنتيمترات بحيث تتأثر بشدة بعوامل السطح، وهي طبقة ذات تبادل جزئي وسرعة قص معتبرة [3].
- ب- **الطبقة السطحية:** سمكها حوالي 100 متر، تتميز بأنها لا تتأثر بقوة الكوريوليس (تُهمَل)، تسيطر عليها بشدة الرياح السطحية، كما تتميز بتدفق ثابت، و تخضع لقوانين مونن - اوبيكوف وتأخذ بعين الاعتبار تقريب بوسنسيك [4].
- ج- **طبقة اوكمان :** تكون في قمة الطبقة الحدية الجوية، سمكها غير ثابت و تتواجد على ارتفاع يقدر بحوالي 200 متر من سطح الأرض، تتميز كذلك بأنها طبقة امتزاج تام، بما تظهر الاضطرابات وتأخذ بعين الاعتبار تقريب بوسنسيك، بهذه الطبقة يكون الاحتكاك مهملاً، هناك توازن بين قوى الضغط وقوة الكوريوليس وقوة رينولدز، كما أنها تخضع لقوانين روسي وزيلنكيفيش - ديردوف [3].
- د- **طبقة الجو الحر:** تكون في قمة الطبقة الحدية الجوية على ارتفاع 10000 متر من سطح الأرض، تتميز بأنها لا تتأثر بعوامل احتكاك السطح، تحتوي على تركيز عالي من عوالق الجو كما تتميز بتوازن جيوستروفي، وتوازن بين قوى الكوريوليس وقوة الضغط وقوة احتكاك مهملة [3].

## 2-1) الرياح:

تعرف الرياح على أنها حركة الهواء فوق سطح الأرض ، نتيجة للاختلاف الضغط الجوي بين منطقتين حيث تهب من منطقة الضغط المرتفع إتجاه منطقة الضغط المنخفض فتكون أحيانا بطيئة لدرجة عدم الإحساس بها، وقد تكون بالسرعة و العنف الكبيرين حيث تجعلها تدمر المباني، يتأثر اتجاه الرياح بعدة عوامل حسب الارتفاع على مستوى سطح البحر، حيث تتأثر بالتضاريس و حالة السطح عند الارتفاعات الضعيفة، و دوران الكرة الأرضية (كوريوليس) عند ارتفاعات أعلى [5].

تحدد الرياح بقيمتين أساسيتين هما (السرعة والاتجاه) هاتين القيمتين تتأثران بعدة عوامل من أهمها [5]:

- أ- انحدار الضغط الجوي، وهو سرعة تناقص الضغط الجوي نحو مركز الضغط.
- ب- قوة الاحتكاك بالسطح الذي تهب عليه الرياح.
- ج- قوة الطرد المركزية حول المنخفض الجوي.



د- قوة الكوربوليس.

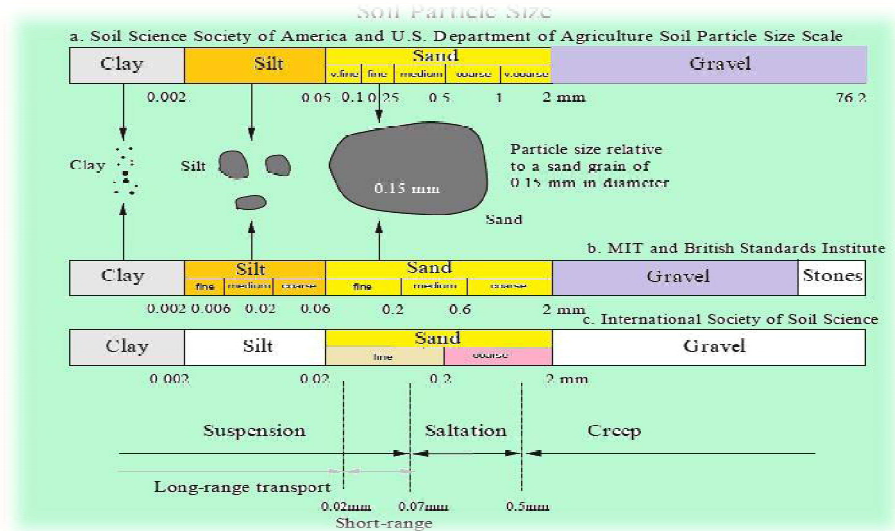
### 3-1 الكثبان الرملية

الكثبان هو جمع كثيب و هو عبارة عن تجمع كمية كبيرة جدا من حبيبات الرمل في مكان واحد من خلال تدخل عوامل السطح و نمط الرياح السائدة في تلك المنطقة، مصدر هذه الرمال إما أن يكون ذا منشأ صحراوي أو ذا منشأ ساحلي [6].

### 1-3-1 الرمال

من وجهة النظر الجيولوجية، الرمل مادة طبيعية عبارة عن خليط من الحبيبات غير المتماسكة، أبعادها عموما بين 0.062 و 2 mm، يطلق على الجسيمات الفردية حبة رمل. تتكون رمال الكثبان بشكل رئيسي على معدن الكوارتز  $SiO_2$ ، ويحتوي على كميات قليلة من الشوائب والمعادن الثقيلة ونسبة معتبرة من أكسيد الحديد الثلاثي  $FeO_3$ ، كربونات الكالسيوم  $CaCO_3$  ونسبة أكبر من أكسيد الألمنيوم  $Al_2O_3$ ، أما بالنسبة إلى الحجم يمكن تصنف حبيبات الرمال إلى [7]:

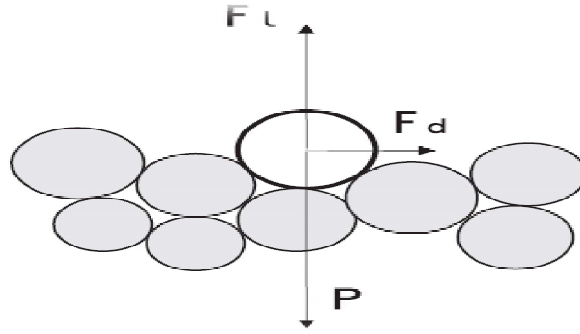
- أ- الرمل الناعم جدا ← 1/16 – 1/8 mm
- ب- الرمل الناعم ← 1/8 – 1/4mm
- ج- الرمل المتوسط ← 1/4 – 1/2 mm
- د- الرمل الخشن ← 1/2 - 1 mm
- هـ- الرمل الخشن جدا ← 1 - 2 mm



الشكل (1-2): رسم تخطيطي يوضح مختلف أصناف حبيبات الرمل [10].

## 1-3-2) حركة حبيبات الرمل

تخضع حبيبة الرمل وهي على السطح إلى قوة الثقل  $P$ ، قوة رد الفعل  $R$ ، وقوة التجاذب مع الحبيبات المجاورة لها، بالإضافة إلى قوة الرياح بمركبتها  $F_1$  و  $F_d$ ، حين تتساوى قوة الثقل ورد الفعل وقوة الرياح تكون حبيبات الرمل في حالة استقرار وحين تتغلب إحدى هذه القوى على الأخرى فإنها حتما ستكون في حالة اضطراب [8].



الشكل (1-3): رسم تخطيطي يوضح محصلة القوى المأثرة على حبيبة الرمل [8].

باعتبار أننا في طبقة الرمل الناعم فإنه من الصعب اقتلاع حبة الرمل بهذه الطبقة والشرط الأساسي لاقتلاعها هو التوازن

بين قوة الثقل  $P$  والقوة  $L$  والتي تعطى كشرط لسرعة قص الرياح وعبارتها من الشكل [8].

$$u_{*t} \sim \sqrt{\frac{\rho_{sable} dg}{\rho_{air}}} \quad (1-1)$$

من أجل قوة الجاذبية ذات القيمة المعتبرة لا يمكننا إهمال قوة الطفو، لكن في حالة النقل الريحي تحمل قوة الطفو في حالة

فقط إذا كانت  $\rho_{sable} \gg \rho_{air}$ .

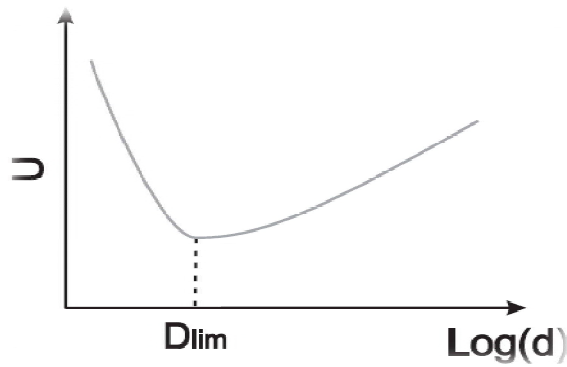
$u_{*t}$ : هي سرعة انحراف الحبيبات بالرياح وهي تتعلق بـ:  $\sqrt{d}$  وتكون هذه العلاقة غير صالحة في حالة الحبيبات

الدقيقة جدا فمن أجل الحبيبات الدقيقة جدا يلعب ترابطها ببعضها البعض دورا هاما ولا يمكن إهماله للأسباب التالية [8]:

- سطح التبادل لوحدة الحجم يكون كبيرا جدا.

- المسافات القصيرة تفضل قوى التجاذب الكيميائية أو الالكتروستاتيكية الضعيفة.
- العدد المتوسط للحبيبات المجاورة يكون كبيرا جدا.
- تتأثر بشدة بالعوامل المحيطة بما كالرطوبة على سبيل المثال، ففي هذه الحالة قوة الرياح يجب أن تتعادل قوة الارتباط أولا مع قوة الجاذبية.

عموما القوة تتعلق بـ:  $1/d^3$ ، إذن من اجل الحبيبات الصغيرة السرعة تتعلق بالقانون التالي [8]:  $u_{*t} \propto d^{-5/2}$



الشكل (4-1): تغيرات سرعة العتبة بدلالة الحجم المميز لحبيبة الرمل [8].

من اجل تعريف الحجم المحدود للحبيبات يجب أولا تبيان كيفية تصرفها وهو ما يعني سيطرة قوة الجاذبية أو قوة الترابط فيما بينها وتحديد العلاقة المضبوطة بين هاتين القوتين، وهو ما يعني اخذ الحجم المحدود: عدة ميكرومتر  $d_{lim} \sim$ ، هذا الحد يبين بوضوح طبيعة الرمل وخصائصه [8].

### 4-3-1) تكوّن الكثبان الرملية

من المعروف أن مصدر الرمل إما أن يكون ذا منشأ صحراوي أو ذا منشأ ساحلي، و الرمال ذات المنشأ الصحراوي تتكون أساسا من حبيبات الرملية مختلفة الحجم و الشكل، سهولة النقل و الحركة بفعل الرياح، تتميز باحتفاظها بالرطوبة لمدة أطول من الرمال ذات المنشأ البحري، حيث تتكون الكثبان الرملية من حبيبات الرمل بنسبة 95%، و النسب المتبقية تمثل حبيبات السلت، يتراوح حجم حبيبات الرمل ما بين 0.02 إلى 2 ملم، و هي مكونة كيميائيا من نفس المكونات الكيميائية للصخور التي نشأت منها. إن الكثبان الرملية إما أن يكون لونها أصفر فاتح بوجود معدن الكوارتز و عدم وجود المواد العضوية أو بني احمر

لوجود أكاسيد الحديد، قد تكون الكثبان الرملية متجانسة أو غير متجانسة، و عليه فإن منشأ الكثبان الرملية يكون نتيجة عوامل التعرية و هي تفاعل الصخور الصحراوية مع درجات الحرارة القسوة و هبوب الرياح المتواصلة، مما يؤدي إلى تفكيك الصخور و تفتيتها إلى حبيبات رملية مختلفة الحجم والشكل، وتجمعها في مناطق معينة [11].

توجد مجموعة من العوامل التي تساعد على تكوين الكثبان الرملية و تطورها، من أهمها نذكر ما يلي [11]:

أ- **الرياح** : التي تعتبر العامل الرئيسي في انحراف التربة فحبيبات الرمل تبدأ حركتها عندما تتراوح سرعة الرياح ما بين 9 إلى

12 كم /ساعة [11]، حيث تتم عملية انتقال الحبيبات الرملية بفعل الرياح بثلاث ميكانيزمات :

• **الندحرج** : يتم هذا النوع من النقل على سطح الأرض و يخص الحبيبات ذات الحجم الأكبر من 5 ملم، بحيث

يتم فيه انتقال الحركة كذلك بالتصادم، و تكون ذات فعالية أكبر في حالة ما إذا تمت فوق طبقة جرداء وجافة [6].

• **القفز** : تنتقل حبيبات الرمل على مسافة ما بين بعض الديسمترات إلى 2 م، و ترتفع عن سطح الأرض بمسافة

تتراوح ما بين (0.5 - 2م)، عند سقوطها فإنها تصطدم بحبيبات أخرى، و هذا ما يجعل الحركة تنتقل من الحبيبات

القافزة إلى الحبيبات المصطدم بها [6].

• **التطاير** : هو ارتفاع الرياح بالحبيبات الرملية نحو الأعلى و حملها في الهواء إلى أن تسقط بعد ضعف الرياح، تختلف

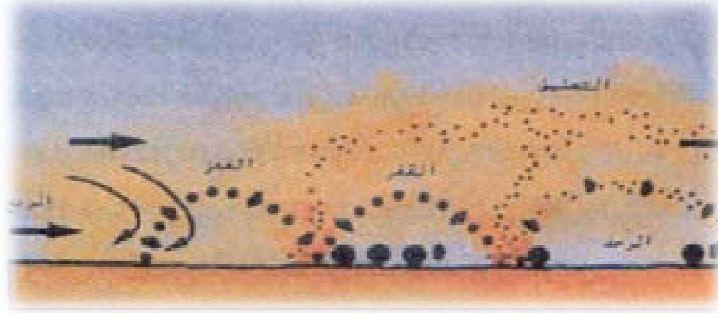
مسافة الانتقال و مدتها حسب حجم الحبيبات، حيث تميز نوعين من التطاير [6].

\* **النوع الأول** : انتقال الحبيبات الرملية إلى مسافة عدة أمتار و ذلك في حالة الزوايح أين تسقط الجزيئات بعد ضعفها،

و تخص هذه العملية الحبيبات ذات القطر الأكبر من 0.08 ملم و الأصغر من 0.15 ملم [6].

\* **النوع الثاني** : يخص الجزيئات ذات الأقطار من 0.05 ملم إلى 0.08 ملم، حيث تتواصل عملية التطاير في شكل

غبار عالق بالهواء و قد تستمر هذه العملية لمدة تصل إلى أيام و أسابيع [6].



الشكل (1-5): رسم تخطيطي يوضح طريقة تنقل حبيبات الرمل [11].

ب- **توافر مصادر الرمال** : كلما كانت كميات الرمال متواجدة بكثرة على سطح الأرض كلما زاد احتمال تكوين الكثبان

الرملية، هذه الرمال التي تتميز سطح الأرض مصدرها الأساسي هو أنواع الرواسب التي نذكر منها [11]:

- الرواسب المفككة وتتضمن الرواسب الشاطئية والرواسب التي جلبتها السيول.

- الرواسب المتماسكة وتشمل الأحجار الرملية، وهي المصدر الأساسي في عمليات الحث للسلاسل العملاقة [11].

ج- **خصائص طبوغرافية** : تمهيدا لتكوين الكثيب يلعب شكل السطح دورا مهما، حيث توجد أماكن ذات طبيعة خاصة

من القشرة الأرضية مهيأة لحركة الرمال و أكثر احتمالا لاستقرارها، فنجد أن المناطق المنخفضة ذات البقايا الصخرية و

الأعشاب والشجيرات المتفرقة يمكنها حجز الرمال لتكوين كثبان رملية خاصة عندما تقل سرعة الرياح [11].

### 1-3-5 مراحل تكوين الكثبان الرملية

إن عملية تكون الكثبان الرملية تبدأ عندما يكون هناك تغير في طبوغرافية سطح الأرض، أو تكون خالية من الغطاء

النباتي أو يكون الغطاء النباتي محدودا من حيث النوع والكمية، ومن ثم يؤدي إلى نوع معين من الترسيب. ويمر تكوّن الكثيب

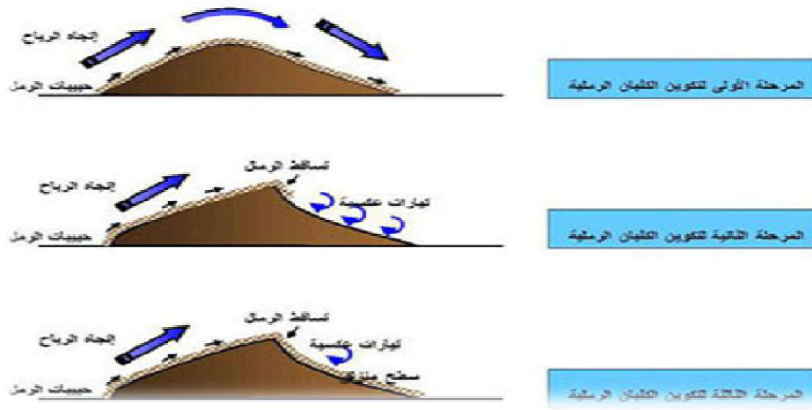
الرملية بالمراحل التالية [11]:

**المرحلة الأولى** : عندما تضعف قوة الرياح، تتساقط حمولتها من الرمال المتجمعة فوق بعضها وتتراكم عادة على

الجانب المواجه لاتجاه الرياح، و يتبقى بعضها في أعالي الكثيب، ويتدحرج بعضها الآخر على الجانب المظاهر للرياح.

**المرحلة الثانية :** تنحدر الرمال من أعالي الكثيب بفعل الجاذبية الأرضية على سطح الجانب المظاهر للكثيب ، وتكون انحداراً شديداً بفعل التيارات العكسية، إذا ما قورن بدرجة انحدار السطح المواجه لاتجاه الرياح.

**المرحلة الثالثة :** يظهر الاختلاف واضحاً بين كل من الانحدار البسيط المواجه للرياح والانحدار الشديد المظاهر لها، إذ تتجمع الرمال، وتنحدر تدريجياً بفعل الجاذبية على الجانب الآخر، الذي يتميز بتأثره بفعل الدوامات الهوائية، (التيارات العكسية، التي تسهم بدورها في ارتكاز بعض حبيبات الرمال فوق قمة الكثيب، وتحول دون هبوطها تحت تأثير الانحدار المظاهر لاتجاه الرياح.



الشكل (1-6): رسم تخطيطي يوضح أهم مراحل تكون الكثبان الرملية [11].

## 4-1 أنماط الكثبان الرملية

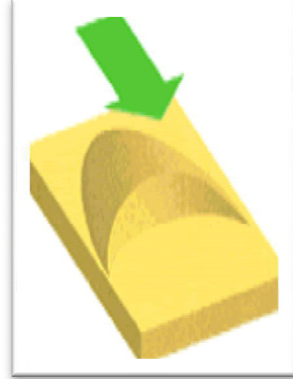
إن العوامل البيئية التي تعمل على ترسيب الرمال وخاصة سرعة واتجاه الرياح، القرب أو البعد عن مصدر الرمال، حالة الغطاء النباتي ووجود الحواجز الطبيعية من صخور وبقايا النباتات تحدد الشكل الهندسي العام للكثبان الرملية [11].

### 1-4-1 أشكال ناتجة عن اتجاه واحد للرياح

في هذا النمط للرياح ذات الاتجاه الواحد السائد تتشكل الكثبان الرملية التي تعرف باسم البرخان التي تكون هلالية الشكل ومحدبة، لها شكل ثنائي السطح في مقطعه يكون سطحه المقابل للرياح ذو انحدار متدرج، في حين أن سطحه المعاكس للرياح فإن انحداره شديد بحيث تتكون هذه الكثبان على عدة مراحل، كما يوضح الشكل (1-7).



(ب)

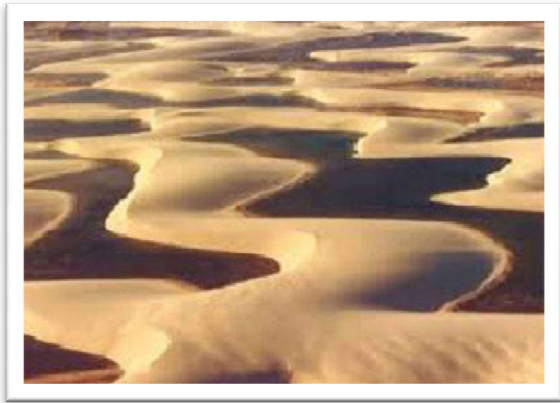


(أ)

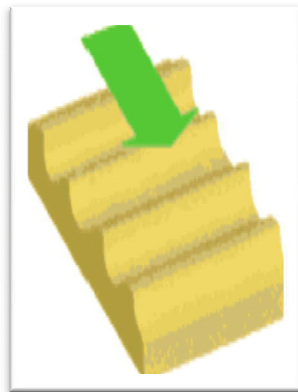
الشكل (1-7) : (أ) رسم تخطيطي يوضح كتيب رملي برخاني [9].

(ب) صورة لبرخان حقيقي [11].

كما يمكن أن تظهر لنا الكثبان العرضية المموجة وهي كثبان رملية هلالية الشكل ولكنها محدبة في اتجاه الرياح، تتكون على الأسطح المستوية مكونة نوعين أو شكلين، إما ترسيبية أو انجرافية، أي ناتجة عن الانجراف وبالتالي تكون الكثبان العرضية المموجة التي تحل محل البرخانات، أنظر الشكل أدناه :



(ب)



(أ)

الشكل (1-8) : (أ) رسم تخطيطي يوضح كثبان رملية مموجة عرضية [9].

(ب) صورة حقيقية لكثبان رملية مموجة عرضية [11].

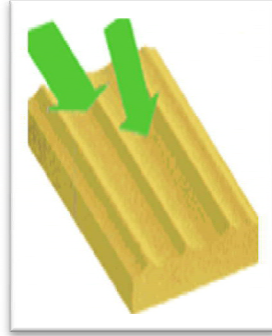
## 1-4-2) أشكال ناتجة عن اتجاهين للرياح

في هذا النمط تتشكل ما يعرف بالكثبان السيفية الطولية بحيث تكون بشكل يشبه حد السيف ممتدة باتجاه الرياح و

تعد أطول أنواع الكثبان الرملية و يصل طولها من 5 إلى 11 كلم [11].



(ب)



(أ)

الشكل (1-09): (أ) رسم تخطيطي يوضح كثبان رملية سيفية طولية [9].

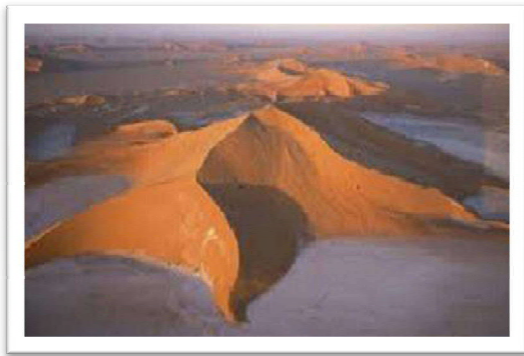
(ب) صورة حقيقية لكثبان رملية سيفية طولية [11].

## 1-4-3) أشكال ناتجة عن اتجاهات متعددة للرياح:

في حالة الرياح ذات ثلاث أو أكثر من اتجاه مختلف تتشكل الكثبان التي تعرف بالنجمية أو الهرمية المتميزة بالأذرع

الواضحة تكون ثلاثة على الأقل، يشير وجود هذا الشكل من الكثبان النجمية إلى عدم ثبات النوع السائد من الرياح في هذه

المنطقة، تصل هذه الكثبان إلى ارتفاعات حتى 300 م و تعطي شكلا هرميا ثابتا أحيانا [11].



(ب)



(أ)

الشكل (1-10): (أ) رسم تخطيطي يوضح كثيب رملي نجمي [9].

(ب) صورة حقيقية لكثيب رملي نجمي [11].



## الفصل الثاني:

معامل التقاط الرواسب الرملية لكثيب رملي

لدراسة معامل الالتقاط لكثيب رملي يجب علينا الفهم والتعرف أكثر على مرفوديناميكية الكثبان الرملية.

## 1-11 مرفوديناميكية الكثبان الرملية

نقصد برفوديناميكية الكثيب الرملي هي دراسة الشكل العام للكثيب وحركته من خلال تأثره بالعوامل الخارجية، لهذا النوع من الدراسات اقترحت عدة نماذج نظرية لتبسيط الظاهرة، اعتمدت معظم الدراسات السابقة على نماذج رياضية لتبسيط الظاهرة الديناميكية و المرفولوجية للكثبان الرملية.

من أهم هذه النماذج التي تعالج هذا الموضوع على حسب النمط السائد للرياح وشكل الكثيب نجد ثلاث نماذج

أساسية [12]:

أ- **النموذج المستمر** : اقترح من طرف مجموعة من العلماء من بينهم (Andreotti et al, 2002) هذا النموذج يعالج أساسا دراسة إستقرار الكثبان أو ما يعرف بخاصية عدم الاستقرار.

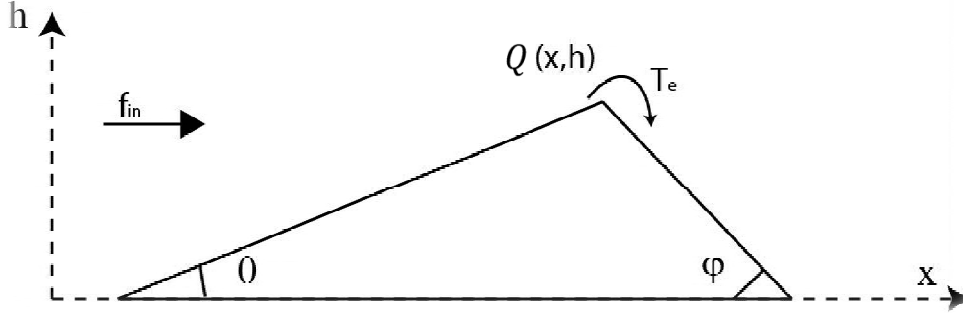
ب- **النموذج المتقطع** : اقترح من طرف (Nishimori et Ouchi 1993) لأول مرة وذلك لتدقيق خاصية في الديناميكا المتعلقة بحركة الكثبان الرملية.

ج- **النموذج المتناوب** : في حالة حركة الكثبان الرملية (نمط البرخان) يمكن لهذه البرخان أن تتصادم مع بعضها البعض و الالتحام بشكل أو بآخر مما يظهر شكل متموج، لدراسة هذه الكثبان وخصائص الشكل المتعلق بها، يجب الاعتماد على نموذج يقرب الصورة ويبسطها بشكل أكبر، في هذه الحالات يؤخذ النموذج المتناوب لدراساتها كأحسن نموذج يصف هذه الحالات. هذا النموذج الذي اقترح من طرف، (Katsuki et al 2005) هو موضوع عملنا هذا، وذلك لأننا نحاول أن نعطي تقريبا رقميا لمعامل التقاط كثيب من نوع البرخان في الحالة الطبيعية ميدانيا.

النموذج المتناوب يحاكي الحالة الثلاثية الأبعاد من طرف (Katsuki et al سنة 2005 ولكن لتبسيط الدراسة أكثر اعتمدنا

على نموذج ذو بعدين والذي اقترح من طرف، (Niiya et al 2010) الشكل أسفله يوضح الرسم المبسط لبرخان مع أهم المقادير

الفيزيائية المتعلقة به [12].



الشكل (1-11): مقطع لكثيب يوضح تدفق الترسيب للجهة المواجهة للرياح و المظاهرة لها وعلاقة تدفق الترسيب على قمة الكثيب بقيمة الالتقاط للجهة المظاهرة للرياح [12].

حيث:

$F_{in}$ : تدفق الرمال على الكثيب تتعلق بوجود مصادر الرمال في الوجه المقابل.

$Q$ : كمية الرمال المتدفقة على قمة كثيب رملي.

$\varphi$ : الزاوية المحصورة بين المستوى الأفقي والوجه المظاهر.

$\theta$ : الزاوية المحصورة بين المستوى الأفقي والوجه المقابل.

$T_e$ : معامل الالتقاط.

$h$ : ارتفاع الكثيب.

$x$ : موقع الكثيب (فاصلة الكثيب).

## 2-II) تدفق حبيبات الرمال على قمة الكثيب

### 1-2-II) شروط التدفق

إن تدفق الرمال من أعلى قمة الكثيب له علاقة مباشرة بسرعة واتجاه الرياح وخصائص الوجه المقابل، حسب الدراسات السابقة التي قام بها Jackson et Hunt (1975)، فإن كمية الرمال المتدفقة في قمة الكثيب تتعلق أساساً بسرعة الرياح وزاوية الوجه المقابل تعطى بالعلاقة التالية [12]:

$$q = q_{sat} (1 + \beta \tan \theta) \quad (1-II)$$

في نماذج أخرى تؤخذ فقط فرضية ثبات انحدار الجانب المواجه للرياح وأن التدفق على قمة الكثيب  $q$  لا يتعلق بالوسط الحبيبي ولا بسرعة قص الرياح على السطح المستوي على الجانب المواجه للرياح ولا بإرتفاع الكثيب [12].  
حيث:  $q_{sat}$  كمية الرمال المتدفقة في الحالة المشبعة للسطح أفقياً ولها علاقة مباشرة بالقيمة الحرجة لنقطة تحرك حبيبة الرمل، تعطى بهذه العلاقة:

$$q_{sat} = Q_0 (sh_0 - sh_c) \quad (2-II)$$

حيث:

$Q_0$ : هو التدفق الكلي للرواسب (غبار + رمال).

$sh_0$ : معامل شلندز لتدفق على مستوى أفقي.

$sh_c$ : معامل شلندز الحرج على مستوى خشن ذو حبيبات مميزة.

$\beta$ : هي معامل إرجاع التابع لسرعة الرياح مع الانحدار.

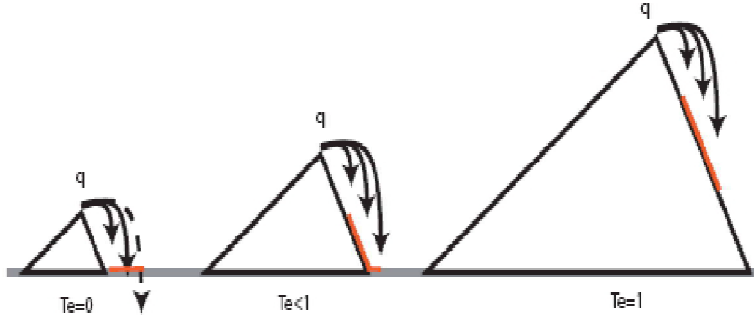
## II-2-2) معامل الالتقاط لكثيب رملي

إن الرواسب التي تتمكن من الصعود إلى أعلى قمة الكثيب يمكن أن تسقط في فح الوجه المظاهر عند تجاوزها القمة، فعالية

هذا الفخ للالتقاط الرواسب العابرة لقمة الكثيب تعرف بمعامل التقاط الكثيب  $T_e$ ، ومنه يمكن التعبير عنه بما يلي [12]:

$T_e = 1$  : بأنها حالة سقوط كل الرواسب في الفخ للوجه المظاهر.

$T_e = 0$  : عند تجاوز هذه الرواسب (الرمال) الوجه المظاهر لهذا الكثيب أي تغادر الكثيب تماما.



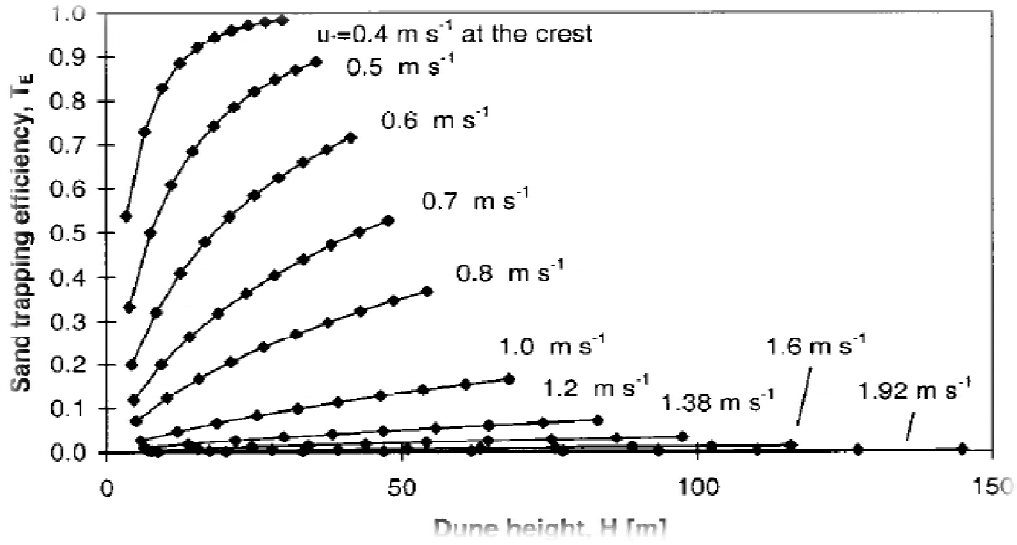
الشكل (II-2) : يوضح علاقة قيمة التقاط الكثيب مع ارتفاعه من أجل نفس سرعة القص و نفس تدفق الترسيب على القمة [12].

من خلال الدراسات التي قام بها العالم Momiji et Warren سنة 2000 أظهرت أن معامل الالتقاط يتعلق

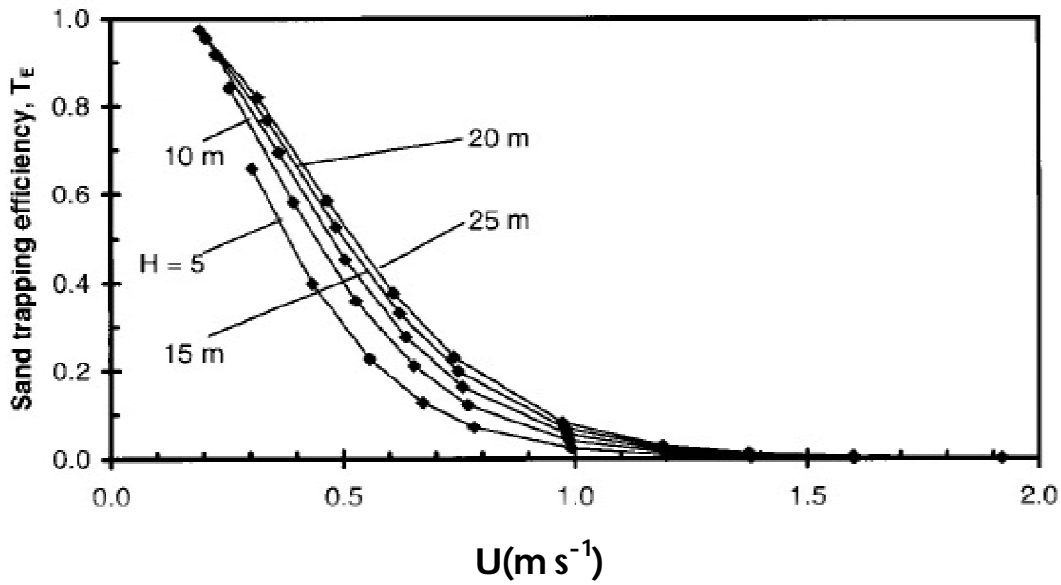
بسرعة الرياح على الوجه المقابل للكثيب وارتفاع الكثيب لإعطاء علاقة تحليلية لقيمة معامل الالتقاط قام Anderson

(1988) بتحليل نتائج تموضع حبيبات الرمل على الوجه المظاهر في السلم الحبيبي لحبات الرمل، النتائج الرقمية بينت أن معامل

الالتقاط يزداد بسرعة ويتناسب طرديا مع الإرتفاع  $(h)$  [12].



الشكل (II-3) : تغيرات معامل الالتقاط للكثيب  $T_e$  بدلالة إرتفاعه  $h$  من أجل سرعات قص مختلفة على قمة الكثيب  $X$  على حسب تجربة Momiji et Warren 2000 [12].



الشكل (II-4) : علاقة معامل الالتقاط  $T_e$  بدلالة سرعة الرياح عند ارتفاعات مختلفة على حسب تجربة Momiji et Warren 2000 [13].

باعتبار النموذج المطور (Niiya et al (2010) تعطى العبارة التحليلية لمعامل الالتقاط كما يلي [12]:

$$T_e(h) = \frac{h}{h_c + h} \quad (3 - II)$$

حيث:  $h$ : ارتفاع الكتيب.  $h_c$ : الارتفاع المميز للكتيب المؤدي إلى قيمة التقاط مشبعة و هناك حالتين حديتين

مميزتين له [12].

من اجل ارتفاعات ضعيفة:

$$T_e(h) = \frac{h}{h_c} = 0 \quad (4 - II)$$

من اجل ارتفاعات كبيرة:

$$T_e(h) = 1 \quad (5 - II)$$

من هذه العلاقة التحليلية يمكن استخدام نتيجتين حديتين بسيطتين تعبر عن العلاقتين الخطيتين بالتجزئة على الشكل

التالي [12]:

$$T_e(h) = \frac{h}{h_c} ; \forall h > h_c \quad (6 - II)$$

$$T_e(h) = 1 ; \forall h < h_c \quad (7 - II)$$

### 3-II دراسة العلاقة التحليلية لمعامل الالتقاط:

انطلاقا من العلاقة:

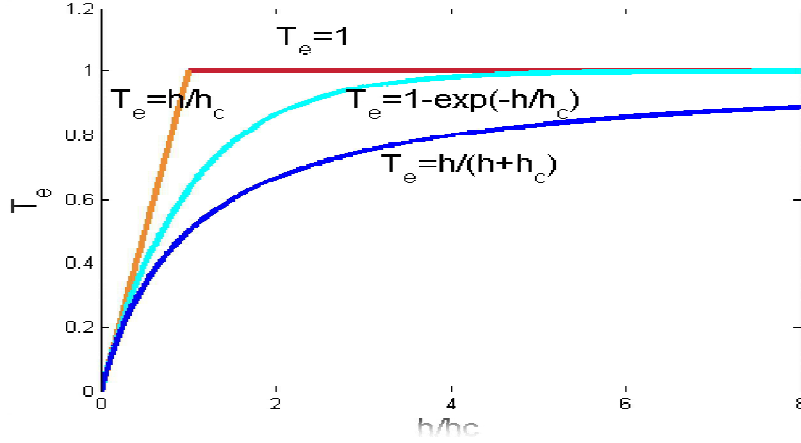
$$T_e(h) = \frac{h}{h_c + h} \quad (3 - II)$$

والقيمتين:

$$T_e(h) = \frac{h}{h_c} ; \forall h > h_c \quad (6 - II)$$

$$T_e(h) = 1 ; \forall h < h_c \quad (7 - II)$$

يمكن رسم المخطط البياني التالي:



الشكل (II-5): منحنيات بيانية لعلاقات مختلفة تتعلق بمعامل الالتقاط الكثيب بدلالة ارتفاع الكثيب على الإرتفاع الحرج [12].

يبين هذا الشكل أن التدفق عند القمة يزداد بإزدياد زاوية الإنحدار الوجه المقابل ( $\theta$ ) ومعامل الالتقاط ينقص بفعل سرعة القص عند القمة.

إذن: نتيجة لتدفق ثابت عند القمة نجد أن معامل الالتقاط يتزايد بتزايد الإرتفاع ومنه وفقا لزاوية إنحدار الوجه المقابل ( $\theta$ ) يمكن من خلال الشكل أعلاه إعطاء علاقة تقريبية أكثر دقة لمعامل الالتقاط حيث تحقق العلاقات الحدية للمعادلة (2) وذلك بالشكل التالي [12]:

$$Te(h) = 1 - \exp(-h/h_c) \quad (8 - II)$$

## II-4) تدفق حبيبات الرمل حول الكثيب

زيادة على تدفق حبيبات الرمل من أعلى قمة الكثيب يساهم نوع آخر من التدفق في هذه الظاهرة حيث تعرف  $J_d$  و  $J_u$  تدفقات الجانوية المحلية لكلا الوجهين المقابل و المظاهر على التوالي.

يأستغلال نتائج فرضية (Niiya et al (2010)، التدفقات الجانوية متناسبة مع الفرق في الإرتفاعات (الإنحدارات المتجاورة)،

تعطى قيمة هذه التدفقات المتجاورة بالعلاقات التالية [12]:

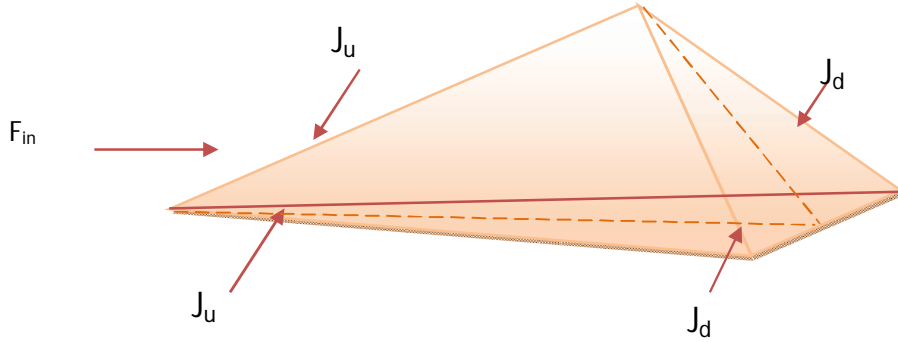


$$J_u = \frac{B}{A} D_u \left( -h \frac{\partial h}{\partial y} + \frac{B}{A} h \frac{\partial x}{\partial y} \right) \quad (9 - II)$$

$$J_d = \frac{C}{A} D_d \left( -h \frac{\partial h}{\partial y} - \frac{B}{A} h \frac{\partial x}{\partial y} \right) \quad (10 - II)$$

وتعرف  $A$  ،  $B$  ،  $C$  بالثوابت الجيومترية المتعلقة بالزوايا  $\theta$  و  $\varphi$  وتعرف كما يلي:

$$A = \frac{\tan\theta \tan\varphi}{\tan\theta + \tan\varphi}; \quad B = \frac{\tan\varphi}{\tan\theta + \tan\varphi}; \quad C = \frac{\tan\theta}{\tan\theta + \tan\varphi}$$



الشكل (6-II) : مخطط يوضح التدفقات الجانبية المساهمة في كتيب رملي [12].

## 5-II الاستقرار الخطي لكتيب رملي

عند تحرك كتيب رملي يغير موقعه  $x_0$  إلى  $x_1$  و إرتفاعه من  $h_0$  إلى  $h_1$  حيث تغير الفاصلة بدلالة الزمن كما يلي [12]:

$$x(y, t) = x_0(t) + x_1(y, t) \quad (11 - II)$$

$$h(y, t) = h_0 + h_1(y, t)$$

تقريب الاستقرار الخطي للكتيب يعطى بالعلاقة التالية:

$$T_e(h) = T_e(h_0) + h_1(y, t) T_e'(h_0) \quad (13 - II)$$

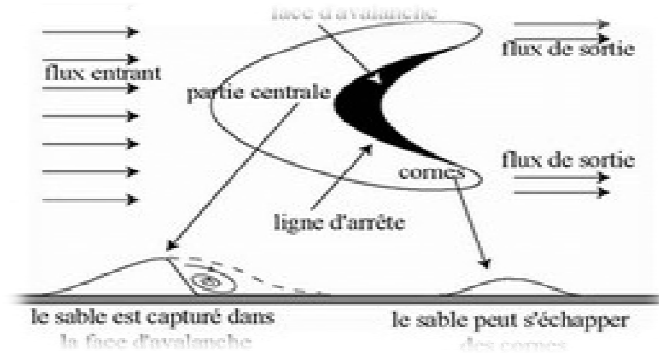
حيث:

$$T_e'(h_0) = \frac{dT_e}{dh} |_{h_0} \quad T_e'(h_0) = \frac{dT_e}{dh} |_{h_0} \quad (14 - II)$$

## 6-II) البرخان

هو نوع من الكثبان الرملية الهلالية الشكل المتشكلة بفعل الرياح ذات الاتجاه الواحد كما تتميز بذراعين ممتدين باتجاه التدفق

(الرياح) وعدم تأكلها وقيمة ترسب قليلة خاصة في مواسم نشاط الرياح [12].



الشكل (7-II): مخطط يوضح مختلف أجزاء البرخان [12].

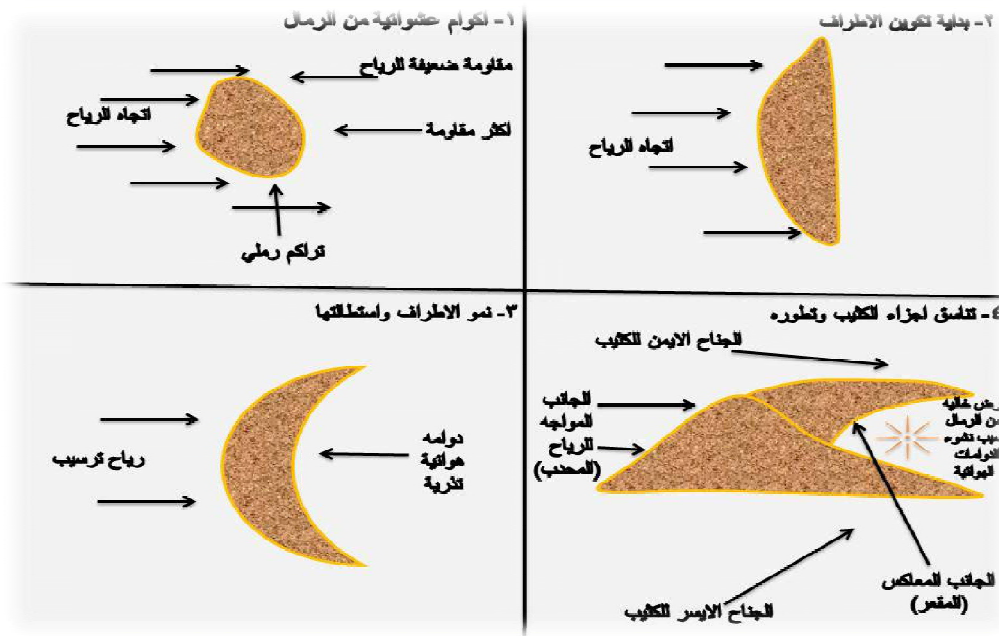
## 1-6-II) مراحل تكون البرخان:

تتكون الكثبان الرملية الهلالية عندما تصل أكوام الرمال أو التجمع الرملي إلى مرحلة النضج، ثم تبدأ بالتحرك مع اتجاه الرياح

إذ تبدأ بتكوين أطراف الكثيب النحيفة التي تكون أقل مقاومة من وسط الكثيب على هيئة جناحين يصل طولهما وتقوسهما إلى

الدرجة التي تحقق فيها مقاومة الرياح تساوي درجة مقاومة الجزء الأوسط من الكثيب وعندما يتكون الكثيب الهلالي يبقى على شكله

ما بقيت الرياح السائدة في الاتجاه نفسه [14].



الشكل (8-II) : مخطط يوضح اهم مراحل تكون البرخان [13].

## 2-6-II) علاقة قيمة التقاط البرخان بارتفاعه

نعتبر أن قيمة الالتقاط تتعلق بارتفاع البرخان ونبحث عن حل لبرخان آخر على الشكل التالي :

$$x(y, t) = k_x y^2 + V_B t \quad (15 - II)$$

$$h(y, t) = h_B \left( 1 - \frac{y^2}{W^2} \right) = h_B - k_h y^2 \quad (16 - II)$$

بحيث  $k_h = \frac{h_B}{W^2}$ ، و  $V_B$  هي سرعة تقدم البرخان وهي ثابتة،  $k_x$  و  $k_h$  هما على الترتيب اعوجاج البرخان بالنسبة

للمحور  $x$  و الارتفاع  $h$ ، إما  $h_B$  هي الارتفاع الاعظمي للبرخان و  $W$  هي عرض البرخان [12].

لما نثبت ارتفاع البرخان يبقى هناك 4 متغيرات فقط هي  $W, V_B, k_x, k_h$  تعرف للوصف الكلي للبرخان ندخل هذه

المعادلات على النظام فيأخذ الشكل المصفوفي التالي :

$$M_0 X_c = \frac{1}{6\sigma q} G V_B \quad (17 - II)$$

معادلة إنحفاظ المادة من الشكل التالي :

$$(f_{in} - q)G_1 + qT_e G_2 = \frac{2}{3}k_h W^2 G V_B \quad (18 - II)$$

$$X_c = \begin{pmatrix} k_x \\ -k_h \end{pmatrix}; \quad G V_B = \begin{pmatrix} V_B \\ 0 \end{pmatrix} \text{ بحيث}$$

المصفوفة  $M_0$  و المعاملات  $G_2, G_1$  معرفة سابقا، المعادلة الاولى تحلل على معكوس المصفوفة  $M_0$  وتكون قابلة

لانعكاس الا اذا كانت معرفة وغير مهملة حيث  $\det(M_0) = \rho$ ، وعليه يصبح النظام على الشكل التالي [12]:

يقدر اعوجاج البرخان في الاتجاه  $x$  بالمعادلة التالية :

$$k_x = \frac{V_B}{6\sigma q} \left( B \frac{1}{\rho} + C \right) \quad (19 - II)$$

يقدر اعوجاج البرخان في الاتجاه  $h$  بالمعادلة التالية :

$$k_h = \frac{V_B}{6\sigma q} A \left( 1 - \frac{1}{\rho} \right) \quad (20 - II)$$

يقدر تدفق الترسب للجهة المواجهة للرياح بالبرخان ب :

$$f_{in} = q(1 - T_e) \quad (21 - II)$$

تحدد سرعة تقدم البرخان بالمعادلة التالية [12]:

$$V_B = \frac{3qT_e}{2h_B} \quad (22 - II)$$

أما عرض البرخان فيقدر بالعلاقة التالية:

$$W = \sqrt{\frac{6D_u}{qA}} h_B h_c \quad ; h_B < h_c \quad (23 - II)$$

$$W = 2 \sqrt{\frac{D_u \rho}{qA(\rho - 1)}} h_B \quad ; h_B \gg h_c \quad (24 - II)$$

ومنه نستخلص أن هناك علاقة عكسية بين اعوجاج وسرعة تقدم البرخان مع ارتفاعه وذلك من اجل قوة رياح معطاة بحيث  $\rho$  تأخذ قيمة ثابتة، بالإضافة إلى قيمة انتشار معتبرة على الجانب المواجه للرياح للبرخان وبه يكون اعوجاجه ضعيف، أما شكله فيعتمد على قيمة النسبة  $\rho$ .

حيث  $\rho = D_a/D_u$ : إن تناقص  $\rho$  ميزة تزيد من قيمة الاعوجاج على  $x$  و  $h$  والتناقص على الارتفاع  $h$  من اجل نفس العرض للبرخان [12].

## الفصل الثالث:

المقارنة العددية لمعامل الالتقاط للكثيب في منطقتين

(ورقلة- تقرت)

من البديهي أن معامل الالتقاط يتغير من منطقة إلى أخرى، في نفس الحقل (حقل الرمال)، و لكن يمكن إعطاء متوسط أو مقارنة القيمة المتوسطة لكل حقل بقيمة خاصة تميزه عن غيره.

في دراستنا التالية نحاول إعطاء بعض قيم معاملات الالتقاط في منطقتين مختلفتين ورقلة و تقرت و المقارنة بينهما.

من خلال إجراء استقطاب لبعض القيم المقاسة سابقا ميدانية في مذكرات سابقة [16] وقيم أخرى نظرية وذلك بعد

تحليلها رقميا ببرنامج حاسوبي و تحويلها الى معطيات بيانية [13].

### III-1) التعرف على منطقتي الدراسة ورقلة-تقرت

#### III-1-1) خصائص منطقة الدراسة

##### أ) موقع مدينة ورقلة

تقع مدينة ورقلة في الجزء الجنوبي من جمهورية الجزائر، على خط عرض  $31^{\circ} 58'$  شمالاً، وخط طول  $5^{\circ} 20'$  شرقاً،

تبعد عن العاصمة حوالي 820 كم، وترتفع ورقلة عن سطح البحر حوالي 219 م وتبلغ مساحتها الإجمالية 2887 كلم<sup>2</sup>.

##### ب) حدود ورقلة

تحد مدينة ورقلة الجزائرية من الجهة الشمالية ولايتي الخلفة والوادي، ومن الجهة الشرقية جمهورية تونس الخضراء، ومن

الجهة الجنوبية ولايتي تمنراست واليزي، وأخيراً تحدها من الجهة الغربية ولاية غرداية [17].



الشكل (III-1): خريطة الكثبان الرملية لولاية ورقلة [17]

### ج) مناخ ورقلة

مناخ منطقة ورقلة، صحراوي جاف، ودرجات الحرارة بما مرتفعة صيفا حيث تتجاوز ( $42^{\circ}$ ) في المتوسط، وتنخفض شتاء، و لاسيما أثناء الليل، فالمناخ هنا قاري يتميز بفوارق حرارية، (يومية وفصلية) معتبرة، تصل إلى حدود ( $30^{\circ}$ ) مئوية.

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

تهب على ورقلة عواصف رملية موسمية بين شهري (فبراير وأفريل)، و تبلغ ذروتها في شهر مارس، وغالبا ما تتسبب في خسائر فادحة تصيب الزرع والماشية، ويبدأ الجو في التحسن ابتداءً 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 [17].



### III-1-2) معطيات سرعة الرياح في المنطقة

أخذنا لهذه الدراسة تغيرات سرعة الرياح في منطقتين مختلفتين (ورقلة، تقرت) من محطة الرصد الجوي خلال الفترة الزمنية

من 2018/03/01 إلى 2018/03/31 حسب الجدول الموالي.

الجدول (III-1) تغيرات سرعة الرياح المتوسطة المسجلة لمحطتي الرصد منطقة ورقلة ومنطقة تقرت على التوالي خلال شهر مارس 2018.

/	ورقلة	تقرت
اليوم	السرعة m/s	السرعة m/s
01/03/18	07,125	07,000
02/03/18	02,875	02,250
03/03/18	03,500	03,125
04/03/18	06,000	06,375
05/03/18	04,125	04,875
06/03/18	04,125	05,000
07/03/18	03,625	05,125
08/03/18	05,250	03,250
09/03/18	03,375	02,250
10/03/18	04,500	04,000
11/03/18	05,000	05,000
12/03/18	03,500	03,875
13/03/18	01,625	02,375
14/03/18	02,250	02,250
15/03/18	06,625	07,125
16/03/18	07,500	06,625
17/03/18	06,375	07,625
18/03/18	06,625	06,250

05,125	03,875	19/03/18
06,375	06,000	20/03/18
06,500	07,500	21/03/18
05,000	04,500	22/03/18
04,500	05,125	23/03/18
06,125	08,000	24/03/18
06,250	05,750	25/03/18
03,500	04,250	26/03/18
03,250	03,625	27/03/18
01,000	02,500	28/03/18
03,375	03,625	29/03/18
02,750	03,000	30/03/18
05,875	04,375	31/03/18

### III-1-3) حساب متوسط السرعة خلال فترة الدراسة

قسمنا فترة الدراسة إلى أربع أسابيع حيث قمنا بحساب متوسط سرعة الرياح خلال كل أسبوع ثم حساب السرعة

السطحية بإستعمال القانون اللوغارتمي لتطور الرياح الذي يعطى بالعلاقة :

$$u = \frac{u_*}{K} \ln \left( \frac{z}{z_0} \right) \quad (1 - III)$$

حيث:

K: هو ثابت فون كارمن قيمته محصورة بين (0.35-0.42).

u: السرعة عند الارتفاع Z.

Z<sub>0</sub>: الارتفاع عند السرعة معدومة.

u<sub>\*</sub>: السرعة عند السطح الخشن.

حصلنا على الجدول التالي:

الجدول (III-2): متوسط السرعة خلال كل أسبوع (تقرت ، ورقلة)

منطقة تقرت		منطقة ورقلة		
U*	السرعة المتوسطة منطقة	U*	السرعة المتوسطة منطقة	
00,6369	04,19	00,6536	04,30	1
00,7038	04,63	00,6962	04,58	2
00,8983	05,91	00,8679	05,71	3
00,9029	05,94	00,9120	06,00	4

### III-1-4) تغيرات معامل الالتقاط

تعطى تغيرات معامل الالتقاط بدلالة الإرتفاع وعند سرعات مختلفة في الجدول أدناه، النتائج أدناه نتائج يمكن اعتبارها

نتائج نظرية حسب [13] وهي نتائج لتجارب مخبرية لدراسة سابقة.

الجدول (III-3): تغيرات معامل الالتقاط بدلالة الإرتفاع عند سرعات مختلفة نظريا.

U=0.8 m/s		U=0.6 m/s		U=0.4 M/S	
H(m)	Te	H(m)	Te	H(m)	Te
04,8026	00,0705	04,6053	00,2008	03,4868	00,5443
10,3947	00,1262	08,4211	00,3213	06,4474	00,7320
15,7895	00,1680	12,5000	00,4090	09,4737	00,8287
21,1184	00,2057	16,9079	00,4803	12,3684	00,8861
26,7763	00,2402	20,8553	00,5393	15,5263	00,9213
32,0395	00,2705	25,0658	00,5869	18,2895	00,9426
37,6974	00,2992	29,0790	00,6295	21,1842	00,9598
43,2895	00,3254	33,2895	00,6623	24,1447	00,9721
48,7500	00,3475	37,5658	00,6926	27,0395	00,9787
54,6053	00,3721	41,6447	00,7172	29,8026	00,9861

حسب الجدول يمكن أخذ هذه القيم واستخدام استقطاب لاغرانج للحصول على قيمة إضافية في كل مرة لحساب دالة

تابع لاغرانج الموافق لسرعة جديدة إختيارية بإعتبار السرعات السابقة، نحاول رسم المنحنيات الموافقة لدوال الإستقطاب لاغرانج

الموافقة لإرتفاعات مختلفة الجداول أدناه يبين القيم العددية لكل من منطقتي الدراسة، التي من خلالها تحصلنا على هذه الدوال، القيم

العددية والنتائج المحصل عليها تم حسابها من خلال استعمال البرمجة الآلية. حيث في كل مرة نحصل على معاملات التقاط لكثيب

رملي من أجل ارتفاعات مختلفة حسب الجداول الموالية.

الجدول (4-III): معاملات الالتقاط بدلالة ارتفاعات عند سرعات مختلفة.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Te(0.4)	0,5443	0,7320	0,8287	0,8861	0,9213	0,9426	0,9598	0,9721	0,9786	0,9860
Te(0.6)	0,2009	0,3213	0,4090	0,4803	0,5393	0,5869	0,6295	0,6623	0,6926	0,7172
Te(0.8)	0,0705	0,1262	0,1680	0,2057	0,2402	0,2705	0,299	0,325	0,3475	0,3721

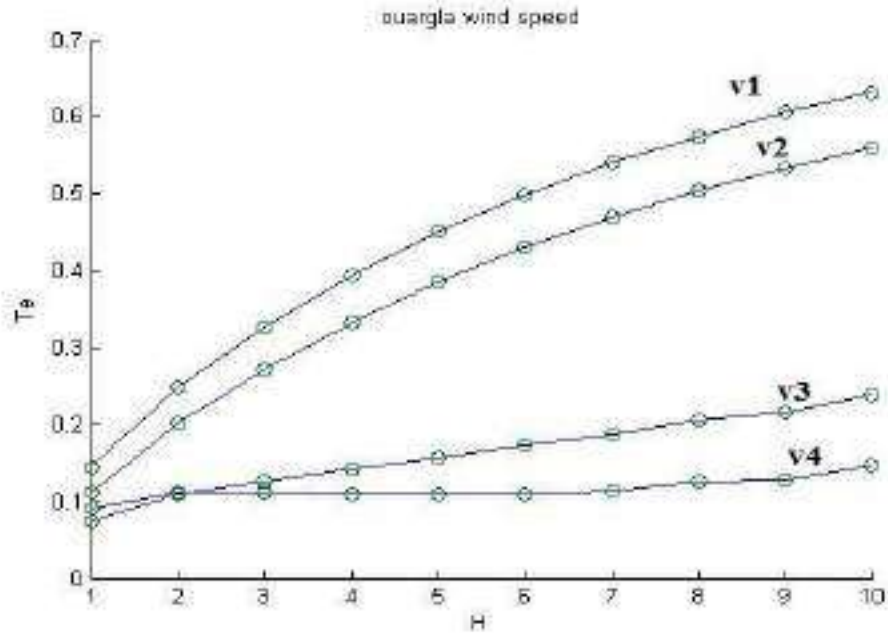
الجدول (5-III): تغيرات معامل الالتقاط بدلالة الإرتفاع عند سرعات مختلفة لمنطقة ورقلة

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Te(v1)	00,1450	00,2479	00,3269	00,3939	00,4510	00,4982	00,5410	00,5747	00,6059	00,6322
Te(v2)	00,1116	00,2006	00,2708	00,3319	00,3852	00,4299	00,4707	00,5037	00,5341	00,5608
Te(v3)	00,0747	00,1090	00,1268	00,1423	00,1574	00,1720	00,1870	00,2049	00,2169	00,2376
Te(v4)	00,0906	00,1111	00,1111	00,1093	00,1088	00,1105	00,1142	00,1249	00,1285	00,1456

الجدول (6-III): تغيرات معامل الالتقاط بدلالة الإرتفاع عند سرعات مختلفة لمنطقة تقرت

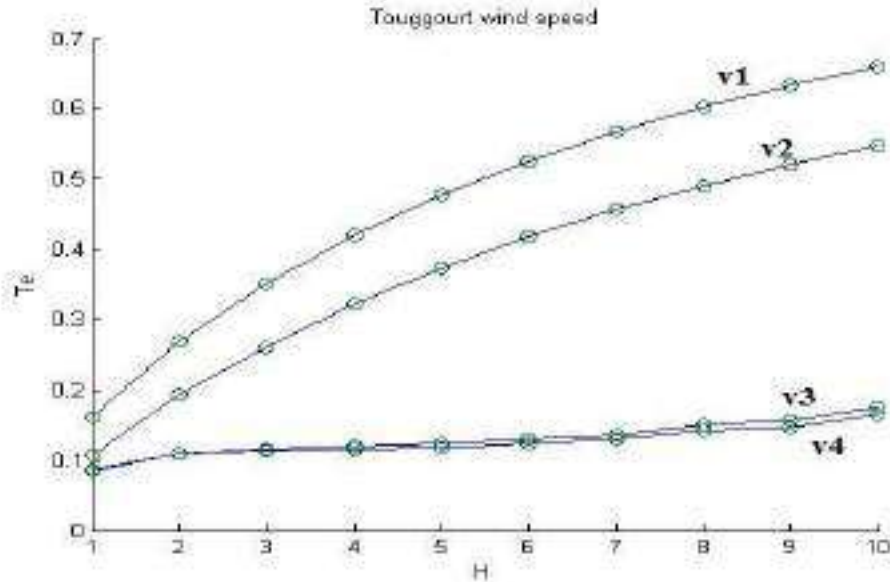
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Te(v1)	00,1608	00,2691	00,3511	00,4198	00,4779	00,5256	00,5686	00,6022	00,6334	00,6593
Te(v2)	00,1066	00,1932	00,2617	00,3215	00,3738	00,4178	00,4581	00,4909	00,5210	00,5477
Te(v3)	00,0846	00,1094	00,1151	00,1188	00,1234	00,1294	00,1368	00,1499	00,1563	00,1745
Te(v4)	00,0865	00,1098	00,1137	00,1156	00,1185	00,1231	00,1293	00,1416	00,1470	00,1649

رسم المخططات البيانية لمنطقتين الدراسة ورقلة تقرت الموافقة للحدولين (5-III) و (6-III).



الشكل (2-III): تغيرات معامل الإلتقاط  $T_e$  بدلالة ارتفاع الكتيب  $H$

عند سرعات مختلفة خلال الأسابيع الأربعة الموافقة لمنطقة ورقلة.



الشكل (3-III): تغيرات معامل الإلتقاط  $T_e$  بدلالة ارتفاع الكتيب  $H$  عند سرعات

مختلفة خلال الأسابيع الأربعة الموافقة لمنطقة تقرت.

بصفة عامة من خلال المنحنيات (2-III) و (3-III) نلاحظ أن الشكل العام للمنحنيات متماثل، حيث تتناقص

قيمة  $T_e$  بتزايد السرعة بإنحدار كبير في السرعات الصغيرة وإنحدار أقل في السرعات الكبيرة وهذا ما نلاحظه من الميل في المنحنيين كما يوضحه الشكلان.

النقاط العشرة المؤشرة في المنحنيات تدل على قيم  $T_e$  معامل الإلتقاط عند ارتفاعات موافقة لنفس الارتفاعات

لحساب النظري السابق حسب الجدول (4-III).

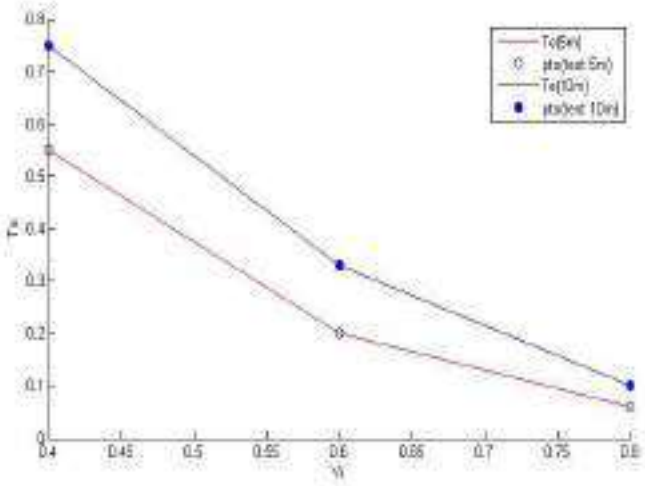
### 2-III) تغيرات معامل الإلتقاط بدلالة السرعة خلال ارتفاعات مختلفة

وباستعمال الإستقطاب لثلاث نقط مختارة 0.4 ، 0.6 ، 0.8 السابقة نحصل على الجدول أدناه في كل منطقة.

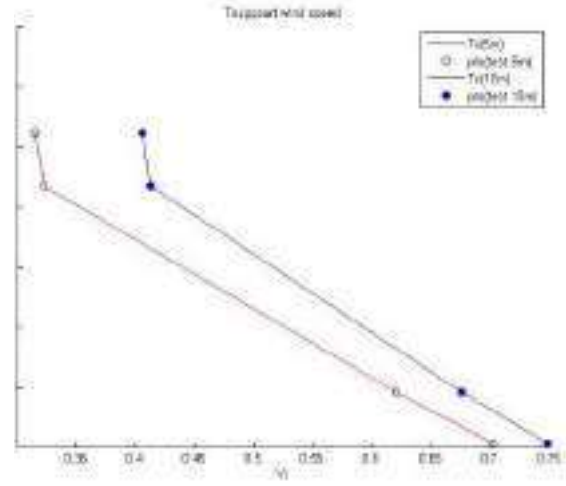
الجدول (7-III) تطورات معامل الإلتقاط لمنطقتي الدراسة عند ارتفاعين مختلفين (ورقلة - تقرت)

Vi (تقرت)	Te (H=5m)	Te (H10m)	Vi (ورقلة)	Te (H=5m)	Te (H10m)
0.40	00,5500	00,7500	0.40	00,5500	00,7500
0.60	00,2000	00,3300	0.60	00,2000	00,3300
0.80	00,0600	00,1000	0.80	00,0600	00,1000
4.19	00,7037	00,7489	4.30	00,6840	00,7317
4.63	00,6210	00,6765	4.58	00,6309	00,6852
5.91	00,3229	00,4133	5.71	00,3752	00,4596
5.94	00,3149	00,4062	6.00	00,2987	00,3919

من خلال الجدول يمكننا الحصول على المنحنيات التالية:



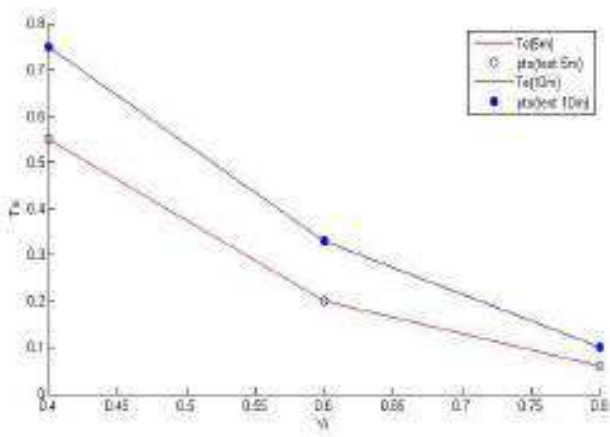
ب -



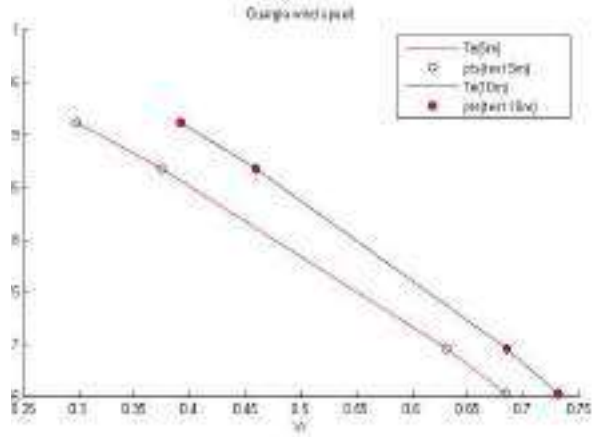
أ -

الشكل (4-III) المنحنيات البيانية لتطور معامل الالتقاط بدلالة السرعة عند ارتفاعين  $H=10m, H=5m$  منطقة

أ - منطقة تقرت - ب : المخطط النظري



ب -



أ -

الشكل (5-III) المنحنيات البيانية لتطور معامل الالتقاط بدلالة السرعة عند ارتفاعين  $H=10m, H=5m$



### III-3) النتائج :

من خلال المنحنيات السابقة نلاحظ أن المنحنيات في كل من منطقتي ورقلة وتقرت تصف وبوضوح علاقة تغيير معامل الالتقاط بدلالة السرعة عند الارتفاعات المختلفة، يتغير معامل الالتقاط بدلالة الارتفاع عند سرعات مختلفة حيث:

نجد أن الخط الأزرق يمثل تغيير معامل الالتقاط بدلالة الارتفاع عند 10 م في كل الأشكال يكون في مستوى أعلى وذلك مطابق للقيمة النظرية ولكن الميل يكون ضعيف في الحالة التجريبية الميدانية، على العكس في المنحنى النظري نرى أن الميل كبير نوعا ما في السرعات الضعيفة أما بالنسبة للارتفاع 5م الذي يمثله الخط الأحمر يكون في الأسفل في كل الأشكال بنفس الملاحظة عن الميل حيث يكون ضعيف مقارنة بالنظري.

في الشكل (III-4) الموافق لمنطقة تقرت النقطتين الأوليتين من المنحنى التجريبي تكونا أكثر دقة مقارنة مع النقاط الأخرى.

### III-4) خلاصة :

بينت النتائج أن معامل الالتقاط يتناسب طرديا مع الارتفاع وعكسيا مع السرعة وذلك ما توضحه النتائج في كلتا المنطقتين على الرغم من أن النتائج في منطقة تقرت تعتبر أقرب إلى النظري منها عن منطقة ورقلة.

التغيير الأسي لمعامل الالتقاط بدلالة الارتفاع لا يظهر صريحا في النتائج الميدانية حيث أظهرت النتائج بالتقريب تعتبر خطيا بدلالة الارتفاع.

من خلال النتائج يمكن اعتبار معامل الالتقاط كخاصية مميزة لمنطقة معينة على الرغم من أن النتائج لم تؤخذ ميدانيا، وقريبة من بعضها البعض، حيث من الواضح أن معامل الالتقاط يتغير في نفس المنطقة من مكان لآخر ولكن كنتيجة إحصائية لمنطقة ما حيث توفر الرمال والرياح يمكن أن تزيد أو تنقص من قيمة معامل الالتقاط النظري.

الخاتمة العامة

## الخاتمة العامة:

من هذه الدراسة نستخلص أنه :

- ❖ يمكننا أن نتكلم عن معامل الالتقاط لمنطقة معينة كخاصية مميزة لهذه المنطقة، بدلا من التكلم عن توافر الرمال وسرعة الرياح لمنطقة ما.
- ❖ الدراسات التي أجريت في المختبر تعتبر إلى حد ما صحيحة على حدود التجارب المعتمدة، ولكن الواقع الميداني من الممكن أن يفرض شروط إضافية على تغيير معامل الالتقاط وذلك ما ترجمه المعادلة التفاضلية التي تصف مساهمة التدفق الجانبي للكثيب  $J_L$  و  $J_H$ .
- ❖ يمكن تحسين دراسة مماثلة وذلك بالقياس اللحضي لمعامل الالتقاط، و ذلك بحساب كمية الرمال المترسبة على الوجه المظاهر للكثيب وأخذ قياسات لسرعة الرياح في نفس الوقت، عند ارتفاعين مختلفين على الأقل.
- ❖ لوصف تدرج السرعة عند قمة الكثيب، يمكن لهذه الاعتبارات إعطاء نتائج من الممكن أن تكون أفضل ومباشرة ميدانيا.
- ❖ إن تحديد معامل الالتقاط لمنطقة معينة مهم جدا وذلك لأنه يصف سهولة تجمع الرمال لهذه المنطقة وتأثيرها على المناطق المجاورة، ومن خلال معرفة مناطق تجمع الرمال وحركتها يمكن التعامل معها واستغلالها، مثلاً عند إنشاء الطرق، حماية المحاصيل الزراعية و النباتات، و المنشآت الصناعية.

# قائمة المراجع

## قائمة المراجع:

- [1] Richard Wilson '*Une introduction à la physique de la couche limite planétaire*' M2 Océan, Atmosphère, Climat et Observations Spatiales. Parcours dynamique & Environnement.
- [2] B. Legras 2017 '*Physique de l'atmosphère*' L3 et DENS, COURS 4 *la couche limite atmospherique*.
- [3] Hadjira Schmitt-Foudhil 20 octobre 2009 '*Météorologie de la couche limite atmosphérique*' Module environnement atmosphérique et qualité de l'air.
- [4] Jean-Martial Cohard '*Couche Limite Atmosphérique*' Echange à l'interface terre-atmosphère .
- [5] عبد العزيز طريح 14 نوفمبر 2010 'الجغرافيا المناخية والنباتية' دار المعرفة الجامعية.
- [6] سنوسي سميرة '2006 التصحر في الزيان و انعكاساته على التهوية ولاية بسكرة' جامعة منتوري-قسنطينة.
- [7] سميحة بضياف ' (2011/2012) دراسة التركيب الجزئي لرمل كثبان منطقة ورقلة باستخدام مطيافية الامتصاص ما تحت الأحمر حيو الأشعة السينية' جامعة ورقلة.
- [8] adeline pons fevrier 2007 '*le sable et le vent*' projet bibliographique encadré par Stéphane Douady.
- [9] Alexander Valance GdR EGRIN 2-4 Avril 2013 '*Rides et Dunes de Sable*' Institut de Physique de Rennes (IPR), CNRS UMR 6251 Université de Rennes 1, 35042 Rennes Cedex.
- [10] yaping Shoa 2008 '*Physics and Modelling of Wind Erosion*' university of Cologne Germany Springer science.
- [11] مشري محمد العيد (2016/2015) 'دراسة اثر المعالجة الحرارية على تركيب رمل كثبان وعلى ناقلته الكهرايية باستخدام الطرق الطيفية' جامعة ورقلة.
- [12] Lucie Guignier 2014. Français. '*Analyse physique du transport sédimentaire et morphodynamique des dunes*' Université Rennes 1.
- [13] hiroshi momiji\* and andrew warren " *relations of sand trapping efficiency and migration speed of transvers dunes to wind velocity* "Earth surf .process.landforms25,1069-1084(2000)
- [14] وفيق حسين الخشاب وعبد الوهاب الدباغ، أشكال سطح الأرض، مطبعة دار الزمان، بغداد، 1964، ص336.
- [15] علي الشيب، الكثبان الرملية، برنامج جغرافية التخطيط، قسم الجغرافية، كلية الآداب، جامعة قطر، 2011، ص5.
- [16] مذكرة ماستر "نمذجة تأثير الرياح السطحية على تشكيل الكثبان الرملية (ولاية ورقلة)" ه. قحف، ع، برقي جامعة قاصدي مرياح ورقلة 2018.
- [17] ولاية ورقلة - ويكيبيديا، الموسوعة الحرة. على الساعة 10.05 ص يوم 2019/04/05.
- [18] د/ محمد إبراهيم شرف 'كتاب خرائط الطقس والمناخ' دار المعرفة الجامعية الإسكندرية.

**ملخص:** تتعدد مظاهر الرمال وأشكالها في المناطق الصحراوية إثر تدخل مجموعة من العوامل، من أهمها نمط الرياح السائد كعامل خارجي ومعامل التقاط الكثيب كعامل متعلق بشكل كثيب في حد ذاته. باستعمال مقارنة عددية من خلال معادلات الانتشار ونقل المادة، بالإضافة إلى الشكل الرياضي لمعامل الالتقاط. حاولنا في هذه الدراسة مقارنة فعالية بعض قيم معامل الالتقاط لكثيب رملي من نمط البرخان ومعرفة مدى التقريب الذي يمكن اعتماده في دراسات تتعلق بديناميكية الكثبان الرملية ومورفولوجيتها. في الأخير، باستعمال برنامج للمحاكاة نحاول تقريب هذه الظاهرة الطبيعية وهي تحرك الكثبان الرملية إلى نموذج رقمي يمكن من خلاله تبسيط هذه الحركات واستغلالها في دراسات أخرى مستقبلية.

**الكلمات المفتاحية:** كثبان رملية، أنماط الرياح، معادلات الانتشار، معامل التقاط الكثيب، البرخان.

**Abstract :** The vast variation of sand dunes and its forms in the desert areas, is following the intervention of many factors, the most important of it, is the prevailing wind pattern as an external factor, and the sand trapping efficiency as a related factor to the form of the dune itself. Using a numerical approach, through the propagation equations, and mass transfer equations, as well as the mathematical form of the sand trapping efficiency. We attempted, In this work to compare the effectiveness of some values of the dune capture factor coefficient and the sand trapping efficiency in barchans case, an aim to determine an approximation that we can used in studies related to sand dunes morphodynamics in simulation program, to bring this natural phenomenon closer to simplified and exploited in other future studies.

**Keywords:** sand dunes, wind patterns, propagation equations, sand trapping efficiency, Barchan.