

جامعة قاصدي مرباح ورقلة

كلية الرياضيات و علوم المادة

ميدان: علوم المادة

قسم: الفيزياء



مذكرة ماستر أكاديمي

تخصص: فيزياء الأرصاد الجوية

من إعداد الطالبتين:

- غطاس سميرة. - لكحل الحاجة.

بعنوان:

## مساهمة التدفقات الجانبية في حساب معامل الالتقاط الرملي لكثيب

نوقشت يوم: 2021/09/12م.

أمام اللجنة المتكونة من:

رئيسا	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	أ- محاضر- أ -	تليلي صالح
مناقشا	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	أ- مساعد	هبال بالخير
مؤطر	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	أ- محاضر- ب-	بن بلقاسم خلف الله
مؤطر مساعد	مركز البحث غرداية	أ- باحث - قسم -أ-	قدور عبد المجيد

الموسم الدراسي: 2021/2020

## الإهداء

أشكر الله عز و جل على إتمام مذكرتي هذه.

لو كان السجود لغير الله لسجدت لـ \*أمي\* و \*أبي\* .

❖ يا معطف الأمان و السلام و يا من أحمل إسمك بكل فخر و وئام و يا من لا يعوضه فلان

و لا يكرره الزمان: **أبي حياتي**.

❖ إلى اللؤلؤة و الجوهرة الثمينة التي لا تقدر بثمن و لا تقارن بأحد و لقوله سيد الخلق -الجنة

تحت أقدام الأمهات-: **أمي جنتي**.

❖ إلى رفيق دربي و أملي في هذه الحياة: **زوجي الطيب و الحنون**.

❖ إلى كل من أشعر معهم بالثقة و الأمان و الحب و الحنان: **إخوتي الغوالي و أبنائهم كل**

**واحد بإسمه**.

❖ إلى الروح الطاهرة الزكية: -**أخي الأكبر رحمه الله**-.

❖ إلى الروح الطاهرة المنيرة و النقية إبنتي الحبيبة: -**رحمة**- جعلها الله طائر من طيور الجنة.

❖ إلى كل من علمني حرف في هذه الحياة.

❖ إلى كل عائلة (**غطاس، قاشي، بوهلال، بلعيد**).

غطاس سميرة

الحمد لله وكفى والصلاة على الحبيب المصطفى وأهله ومن وفى أما بعد: نشكر المولى عز وجل الذي وفقني لتثمين هذه الخطوة في مسيرتي الدراسية.

أهدي ثمرة جهدي ونجاحي :

- إلى من جرع الكأس فارغا ليسقيني قطرة حب إلى من حصد الأشواك عن دربي ليمهد لي طريق العلم أبي الحنون وأمي الحبيبة التي ربنتني رحمها الله وجعل جنة الفردوس مثواها، أُمِّي الغالية التي أنجبتني لهذه الحياة أطال الله في عمرها ورعاها ....

- إلى كل أفراد العائلة الكريمة الذين رافقوني وشجعوا خطوتي عندما غالبتها الأيام ....

- إلى أروع من جسد الحب بكل معانيه زوجي العزيز ....

- إلى من ساعدتني في كتابة هذه المذكرة ....

- إلى صديقاتي العزيزات كل واحدة باسمها، وزملاء الدراسة متمنية لهم التوفيق....

- إلى كل الأشخاص الذين أحمل لهم المحبة و التقدير.....

- إلى كل من علمني حرفا في مشواري الدراسي...

لكحل الحاجة

## الشكر والعرفان

نحمد الله عز و جل الذي ألهمنا الصبر و الثبات و أمدنا بالقوة والعزم على مواصلة مشوارنا الدراسي و توفيقه لنا في إنجاز هذا العمل، فنحمدك اللهم و نشكرك على نعمتك و فضلك و نسألك البر و التقوى، و من العمل ما ترضى و سلام على حبيبه و خليله الأمين عليه أزكى الصلاة و السلام.

نتقدم بجزيل الشكر و التقدير للأستاذ بن بلقاسم خلف الله، أستاذ محاضر -ب- (جامعة قاصدي مرباح ورقلة) بالإشراف على هذا العمل، نسأل الله أن يجزيه عنا كل الجزاء، و النصائح و التوجيهات العظيمة، جعل الله ذلك في ميزان حسناته يوم الدين. كما نشكر الأستاذ قدور عبد المجيد، أستاذ باحث قسم-أ- (وحدة البحث غرداية) على تأطير هذا العمل.

نتقدم بجزيل الشكر كذلك إلى كل من الأساتذة: تليلي صالح، أستاذ محاضر -أ- (جامعة قاصدي مرباح ورقلة) على ترأسه لجنة المناقشة، الأستاذ هبال بلخير (جامعة قاصدي مرباح ورقلة) على قبوله مناقشة وإثراء هذا العمل.

كما نتقدم بجزيل الشكر و الإمتنان إلى الإدارة و أساتذة قسم الفيزياء و كل من ساعدنا في إتمام هذا العمل من قريب أو بعيد.

## الفهرس

الصفحة	العنوان	الرقم
	الإهداء.	
I	التشكر.	
II	الفهرس.	
IV	قائمة الأشكال.	
V	قائمة الرموز.	
أ	المقدمة العامة.	
<b>الفصل الأول: النماذج النظرية لدراسة الكثبان الرملية.</b>		
1	مقدمة.	1 -I
1	تأثير الرياح السطحية على تشكل الكثبان الرملية.	2 -I
3	أنماط الكثبان الرملية.	3 -I
4	نمط البرخان.	1-3 -I
4	نمط الكثبان الطولية.	2 -3 -I
4	نمط الكثبان النجمية.	3 -3 -I
5	النماذج النظرية المقترحة لتحليل حركة الكثبان الرملية.	4 -I
5	النموذج المستمر.	1 -4 -I
6	النموذج المتقطع.	2 -4 -I
6	النموذج المتناوب.	3 -4 -I
6	الدراسة النظرية للبرخان.	5 -I
<b>الفصل الثاني: دراسة الإستقرار للكثيب و تأثير التدفقات الجانبية <math>J_d</math> و <math>J_u</math>.</b>		
10	مقدمة.	1-II
10	شروط تدفقات تدفق حبيبات الرمل.	2-II
10	على قمة الكثيب.	1-2-II
11	التدفقات الجانبية.	2-2-II
13	معامل الالتقاط لكثيب رملي.	3-II
15	الإستقرار الخطي لكثيب رملي.	4-II
15	علاقة معامل إلتقاط البرخان بارتفاعه.	5-II
19	دور معامل الالتقاط في الإستقرار الخطي.	6-II
20	دور الإنتشار الجانبي.	7-II
20	دور زوايا الوجه المظاهر والمقابل للكثيب.	8-II
<b>الفصل الثالث: الدراسة العملية للنموذج الرياضي للكثيب البرخاني.</b>		
21	مقدمة.	1 -III
21	طريقة النقطة الثابتة.	2 -III

21	مبدأ طريقة النقطة الثابتة.	1-2 -III
22	تقارب العملية التكرارية.	2-2 -III
23	إختيار النموذج الرياضي.	3 -III
25	النتائج والمناقشة.	4 -III
27	الخلاصة العامة	
28	قائمة المراجع	
	ملخص	

## قائمة الأشكال

الرقم	العنوان	الصفحة
<b>الفصل الأول</b>		
الشكل (1-I)	طرق نقل الرياح لحبيبات الرمل.	2
الشكل (2-I)	رسم تخطيطي يوضح مختلف أصناف حبيبات الرمل.	3
الشكل (3-I)	كثبان رملية ناتجة عن اتجاه واحد للرياح، نمط البرخان.	4
الشكل (4-I)	كثبان رملية ناتجة عن اتجاهين للرياح، نمط الكثبان الطولية.	5
الشكل (5-I)	كثبان رملية ناتجة عن إتجاهات متعددة للرياح، نمط الكثبان النجمية.	5
الشكل (6-I)	رسم تخطيطي لهجرة الكثبان الرملية.	9
<b>الفصل الثاني</b>		
الشكل (1-II)	أ) مخطط يوضح التدفقات الجانبية المساهمة في الكثيب الرملي. ب) رسم تخطيطي لمقطع من الكثبان المعرضة لتدفق الرواسب من المنبع.	12
الشكل (2-II)	يوضح العلاقة بين إرتفاع الكثيب ومعامل إلتقاطه.	14
الشكل (3-II)	العلاقة المختلفة لمعامل الإلتقاط الرملي لكثيب بدلالة الإرتفاع والإرتفاع الحرج.	18
<b>الفصل الثالث</b>		
الشكل (1-III)	رسم تخطيطي لمقطع من الكثبان المعرضة لتدفق الرواسب من المنبع.	24
الشكل (2-III)	تأثير التدفقات الجانبية $J_u$ و $J_d$ على $T_e$ باستعمال الدالة الخطية.	25
الشكل (2-III)	تأثير التدفقات الجانبية $J_u$ و $J_d$ على $T_e$ باستعمال الدالة اللوغريتمية.	26

## 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
$d_m$	نصف 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
$f_1$	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 $Z$ .	/
$d$	النصف 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 المكونية.	kg/ m.s
$C$	مقلوب عدد 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 قذف الرياح لحبيبات الرمل.	m/s
$t$	زمن طيران حبيبات الرمل بالهوا.	s
$l_{sat}$	مدى طيران حبيبات الرمل بالهوا.	m
$z_{sat}$	ارتفاع طيران حبيبات الرمل بالهوا.	m
$t_{ent}$	زمن تسارع الحبيبات بفعل الرياح.	s



m/s	سرعة العبة الديناميكية.	$u_{dt}$
/	ثابت تناسب سرعة العبة الديناميكية مع سرعة الرياح.	$a$
°	زاوية الجانب للتوجه للرياح للكليب.	$\varphi$
°	زاوية الجانب للمظاهر للرياح للكليب.	$\theta$
m	وضعية قمة الكليب.	$X$
m	الوضعية الجانبية لقطع الكليب.	$Y$
/	نوابت قياسية ممرة للكليب.	$A, B, C$
m <sup>3</sup> /s	تدفق حبيبات الرمل على قمة الكليب.	$Q$
m <sup>3</sup> /s	التدفق السائد على السطح.	$q_{sat}$
/	معامل إرجاع التابع لسرعة الرياح مع الإلتفات.	$\beta$
/	عدد شلدر المواضع للتدفق على سطح مستوي.	$sh_0$
/	عدد شلدر القاس عند بداية الحركة للميز للوسط الحبيبي.	$sh_c$
m <sup>3</sup> /s	تدفق ترسب مرجعي.	$Q_0$
/	قيمة التفاضل الكليب.	$T_e$
/	قيمة عددية.	$\xi$
N	قوة النقل.	$P$
N	ورد الفعل.	$R$
m/s	سرعة انحراف الحبيبات بالرياح في لحظة زمنية معينة.	$u_{dt}$
m	الحجم المحدود لحبيبة الرمل.	$d_{lim}$
m/s	سرعة ارتداد الحبيبة بعد الاصطدام.	$v_{reband}$
m/s	سرعة تصادم الحبيبات.	$v_{impact}$

m	الارتفاع المرح للميز للكتيب المؤدي إلى قيمة التقاط مشبعة.	$h_c$
m	ارتفاع الكتيب.	$h$
$m^3/s$	التدفق الخاص بالجانب المظاهر للرياح.	$J_a$
$m^3/s$	التدفق الخاص بالجانب المواجه للرياح.	$J_u$
/	معامل متجانس يميز لانتشار الترسب على الجانب للواجهة	$D_{ae}$
/	معامل متجانس يميز لانتشار الترسب على الجانب المظاهر	$D_a$
m	الوضعية الاساسية قبل نشأة الكتيب	$x_f$
$m^2$	مساحة مقطع الكتيب	$s$
$m^3/s$	التدفق (الترسي) الخاص بالجانب المواجه للرياح.	$f_{in}$
/	ثابت يظهر نتيجة الانتشار على الجانب المواجه للرياح بالنسبة	$\sigma$
/	معاملات جيومترية.	$G_2, G_1, X$
/	كثافة النسبة للتدفق الحائلي	$\rho$
$m^{-1}$	اعوجاج الريحان بالنسبة للمحور $x$ .	$k_x$
$m^{-1}$	اعوجاج الريحان بالنسبة للارتفاع $h$ .	$k_h$
m	الارتفاع الاعظمي للريحان.	$h_B$
m	عرض الريحان.	$W$
m/s	سرعة تقدم الريحان.	$V_B$
$m^{-1}$	الاعوجاج الكلي للريحان.	$X_c$
/	قيمة الالتقاط المتوسطة.	$\bar{T}$
/	تغير قيمة الإنتقاط للحجة للمظاهرة للرياح بالكتيب مع	$\delta$
m	العدد الموجي المحدود.	$k_{max}$
m	العدد الموجي.	$k$

# المقدمة العامة

## المقدمة العامة

الكثبان الرملية ظاهرة طبوغرافية صحراوية ذات منشأ ريحي، ناتجة عن تنقل حبيبات الرمل الغير متماسكة مع بعضها البعض، تتجمع هذه الحبيبات على شكل تلال صغيرة من الرمال، فتنمو وتتحرك من مكانها بفعل سرعة و اتجاه الرياح بطرق متعددة، حيث يمكنها أن تتطور إلى أشكال و أحجام مختلفة حسب الظروف الخارجية المتاحة و أنماط الرياح السائدة في المنطقة.

تبدأ أول مراحل تكوين الكثيب بتجمع الرواسب على الجانب المواجه للرياح أكثر منه فوق الجانب المظاهر لها وبالتالي يزداد ارتفاع الكثيب تدريجيا.

هناك عدة عوامل تؤثر على شكل الكثيب و سرعة نموه، من أهمها معامل الالتقاط الذي يمثل قدرة الكثيب على تجميع حبيبات الرمل المتدفقة و التقاطها، إضافة إلى تأثير التدفقات الجانبية التي بدورها تساهم في استقرار الكثيب و مورفوديناميكته. هذا التأثير ما سنعرضه في موضوع مذكرتنا سيكون نقطة الإشكالية و محل المناقشة، لهذا قسمنا العمل إلى ثلاث فصول مكملة لبعضها البعض.

سنتناول في الفصل الأول النماذج النظرية لدراسة الكثبان الرملية، بالإضافة إلى دراسة تأثير الرياح وحجم حبيبات الرمل على مورفوديناميكية واستقرار الكثيب.

في الفصل الثاني؛ المعنون لدراسة استقرار الكثيب وتأثير التدفقات الجانبية  $J_u$  و  $J_d$  حاولنا إعطاء فكرة عن دراسة استقرار الكثيب ومدى تأثير التدفقات الجانبية على خصائص الكثيب نظريا.

أما في الفصل الأخير اخترنا نموذجاً رياضياً ملائماً لحالة الدراسة، وذلك بعد تحديد النمط والأبعاد الخاصة للكثيب، ثم اخترنا طريقة النقطة الثابتة من أجل بناء نمط تكراري لحل المعادلات الرياضية عددياً، التي من خلالها حصلنا على نتائج مهمة قابلة للتحليل و المناقشة. في الأخير قدمنا خلاصة عامة حول الموضوع و أهم النتائج المتحصل عليها في هذا العمل.

فماهي النماذج النظرية لدراسة الكثيب؟ ما تأثير التدفقات الجانبية  $J_u$  و  $J_d$  في دراسة الكثيب؟ كيف يتغير معامل الإلتقاط  $T_e$  بدلالة التدفقات الجانبية؟

## الفصل الأول:

النماذج النظرية لدراسة الكتيب.

## 1-I ( مقدمة

الرياح هي إحدى الظواهر الطبيعية التي لا يمكن رؤيتها، بل يمكن فقط الشعور بقوتها. بمفهومها الشامل تعبر الرياح عن إنتقال الكتل الهوائية أو تحركها في الاتجاه الأفقي، وتتحرك الرياح حركة تسارعية من أماكن الضغط المرتفع إلى أماكن الضغط المنخفض نتيجة فروقات الضغط الجوي، كما يحدث إنحراف في حركتها نتيجة دوران الأرض، تتمتع الرياح بخصائص عدة أهمها السرعة، القوة و الاتجاه، حيث تقاس سرعة الرياح بوحدة متر على الثانية (الوحدة المتداولة)، أما اتجاهها فيحدد تبعا لمصدرها. تمثل قوة الرياح في قدرتها على تحريك الأجسام لمسافة معينة، حيث تبدأ من النسيم الخفيف إلى الأعاصير القوية ذات السرعة العالية [1].

عندما تفقد الرياح سرعتها فجائيا أو بالتدريج، يتعرقل تأثيرها فتوصف كعامل نحت في بعض الحالات أو يتوقف تأثيرها نهائيا في حالات أخرى لترسب حمولتها من المفنتات الصخرية و العوالق الجوية المختلفة لتشكل بذلك ظواهر جيومورفولوجية متنوعة، من أهمها الكثبان الرملية بأشكالها المختلفة [2].

## 2-I ( تأثير الرياح السطحية على تشكل الكثبان الرملية

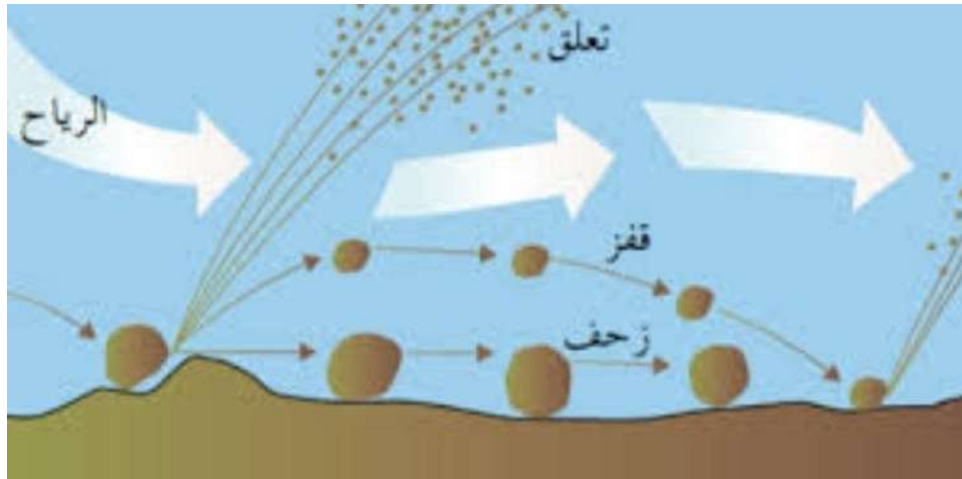
تعد الرياح السبب الرئيسي في حركة الحبيبات الرملية على سطح الأرض، فكلما زادت سرعة الرياح زادت في تحريك ذرات رمال أكثر، فضلا عن وجود علاقة بين سرعة الرياح و حجم الحبيبات، إذ تختلف السرعة اللازمة لحركة حبيبات الرمل باختلاف حجم الحبيبات، كما توجد علاقة طردية بين حركة الحبيبات و سرعة الرياح [3].

تتحرك الحبيبات و الرواسب الرملية بثلاثة طرق و هي كما يأتي:

(أ) **الزحف**: تنتقل بهذه الطريقة الحبيبات الخشنة التي لا تستطيع الرياح حملها فتتدرج الحبيبات متحركة على سطح الأرض لمسافات قصيرة، و عند تحركها قد تصطدم بحبيبات أخرى تؤدي إلى حركتها هي الأخرى، يتراوح قطر الحبيبات التي تنتقل بهذه الطريقة من (1-2مم) [4].

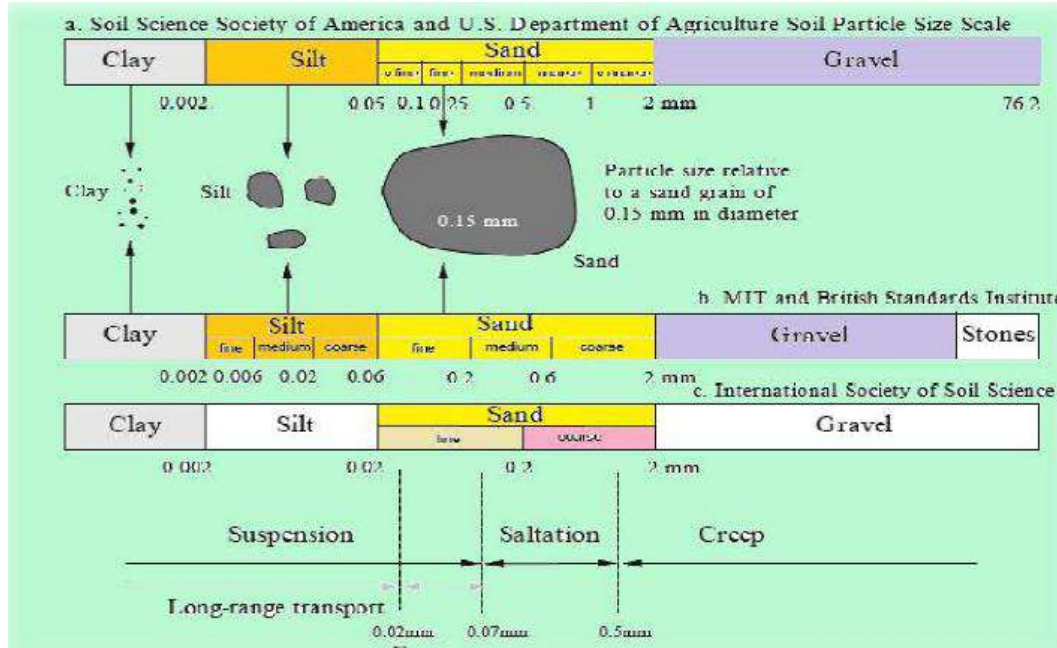
(ب) **القفز**: تتحرك الحبيبات بهذه الطريقة لمسافات قريبة من سطح الأرض، و ذلك بفعل ضغط الرياح المباشر على الحبيبات، إذ ترتفع الحبيبات إلى الأعلى ثم إلى الأسفل ثم إلى الأعلى مرة ثانية بعد هبوب هواء جديد مرة ثانية. إن قطر الحبيبات التي تنتقل بهذه الطريقة يتراوح بين (0.05-1مم) [5].

(ج) **التعليق**: تتحرك بهذه الطريقة الحبيبات الرملية التي تكون ناعمة جدا التي يقل قطرها عن (0.05مم)، إذ تعلق هذه الحبيبات في طبقات الجو العليا و تنتقل إلى مسافات بعيدة جدا تصل إلى (3000-4000كم)، تبقى متعلقة بالهواء لمدة طويلة ثم تنسحب بعد أن تضعف سرعة و قوة الرياح بسبب إنخفاض الضغط الجوي [6].



الشكل (1-1): طرق نقل الرياح لحبيبات الرمل [11].





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

من أهم نتائج هذه الطرق حركة حبيبات الرمل تكون الكثبان الرملية، التي تعرف بأنها تراكم لحبيبات الرمل على شكل سلسلة أو تلال، حيث يحدث ذلك بفعل عاملين أساسيين سرعة الرياح و تأثير الجاذبية الأرضية. تتوزع الكثبان الرملية على نطاق واسع في الصحاري و على الشواطئ و في بعض المناطق المتآكلة وشبه قاحلة [7].

### I-3) أنماط الكثبان الرملية

تتواجد الكثبان الرملية على أنماط مختلفة لكل منها خصائص معينة، تعتمد على عوامل عدة منها سرعة الرياح واتجاهها، بالإضافة إلى توفر مصادر الرمال. من أهم هذه الأنواع نجد:

**I-3-1) نمط البرخان:** يعرف بالكثبان الرملية الهلالية وهو كثيب على شكل هلال، ينشأ هذا النمط من اتجاه واحد للرياح السائدة في منطقة ما، مع إمداد محدود لمصادر الرمال، في حالة

زيادة كمية الرمال المتوفرة تتشكل كثبان هلالية متواصلة مع بعضها البعض، تسمى بالكثبان العرضية في هذه الحالة.

**I-3-2) نمط الكثبان الطولية:** هي عبارة عن تلال كبيرة الحجم من الرمال تكون متوازية مع اتجاه الرياح، يتطلب حدوثها رياح قوية من اتجاهين مختلفين ، مما يؤدي إلى إنشاء خطوط طويلة و مستقيمة من التلال الرملية [8].

**I-3-3) نمط الكثبان النجمية:** هذا النوع الناتج عن عدة اتجاهات للرياح السائدة في المنطقة، وهي كثبان لها عدة أوجه على شكل نجمة وقمة عالية في الوسط.



الشكل (I-3): كثبان رملية ناتجة عن اتجاه واحد للرياح، نمط البرخان [12].



الشكل (I-4): كثبان رملية ناتجة عن اتجاهين للرياح، نمط الكثبان الطولية [13].



الشكل (I-5): كثبان رملية ناتجة عن اتجاهات متعددة للرياح، نمط الكثبان النجمية [14].

#### ملاحظة

ارتفاع الكثبان الرملية يعتمد على مدى ارتفاع الطبقة الحدية، التي تمثل الطبقة الدنيا

من الغلاف الجوي، فكلما زادت سماكة هذه الطبقة زاد ارتفاع الكثبان الرملية [5].

### I-4) النماذج النظرية لدراسة الكثبان الرملية

اعتمدت معظم الدراسات السابقة على نماذج رياضية لتبسيط الظاهرة الديناميكية

والمورفولوجيا للكثبان الرملية. من أهم النماذج التي تعالج هذا الموضوع على حسب النمط السائد

للرياح و شكل الكتيب نجد ثلاث نماذج أساسية هي [9]:

#### I-4-1) النموذج المستمر

هذا النموذج يفيد في وصف دراسة حالة الاستقرار للكثبان الرملية، اقترح من قبل عدة

علماء من بينهم أندريوتي، روي (2002)، هارسن (2004) [10].

## I-4-2) النموذج المتقطع

نموذج مهم في معاينة و تحليل ديناميكية الكثبان الرملية، اقترح من طرف تيسيموري،

أوننتشي (1993) و تارتو (2006) [10].

## I-4-3) النموذج المتناوب

يمكننا هذا النموذج الرياضي في دراسة الحركة والاستقرار في آن واحد للكثبان الرملية،

حيث يمكن في هذا النموذج من معرفة التأثير المتبادل بين البرخانات، اقترح من طرف كاتسوكي

وآخرون (2005) نيبا (2010) [10].

## I-5) الدراسة النظرية للبرخان

تعتبر ميكانيزمات التدفق (نقل الرمال و ترسبها) مهمة جدا لفهم ديناميكية الكثبان الرملية.

كثبان البرخان صغيرة نسبيا و معزولة، يمكنها أن تهاجر لمسافات كبيرة في اتجاه الرياح دون

تغيير كبير في شكلها و حجمها، حيث تنتقل حبيبات الرمل الموجودة على الوجه المقابل للرياح

وتترسب على الجانب المظاهر، سرعة انتقال البرخان مرتبطة بمعدل انتقال حبيبات الرمل فوق

القمة و تتناسب عكسيا مع الارتفاع [10].

أظهر باجنولد (1941) أن سرعة انتقال البرخان هي:

$$V_m = \frac{Q_c}{h_c \rho_b} \quad (1-I)$$

حيث:

$Q_c$ : هو التدفق حبيبات الرمل فوق القمة.

$\rho_b$ : هي الكثافة الظاهرية لحبيبات الرمل.

$h_c$ : هي ارتفاع البرخان.

أظهرت النتائج أن البرخان يمكنه أن يتقدم بسرعة بين 5 إلى 30 متر في السنة عندما يكون إمداد الرمال كافياً، عند ترابط البرخانات الفردية تشكل سلسلة من التلال المتوازية المتموجة والمتعامدة مع الاتجاه السائد للرياح، التي تشكل الكثبان الرملية المستعرضة عندما يكون الإمداد بالرمل كبير [10].

هناك حالتين لدراسة البرخان:

### أ) دراسة البرخان المعزول

يمكننا اشتقاق المعادلة (1-I) بسهولة للكثبان المعزولة في حالة الاستقرار، أما في حالة الكثبان الغير المستقرة أو الكثبان المستقرة في حقل من الكثبان الرملية فإنها تتطلب بعض التعديلات. في ظل ظروف معينة من إمدادات الرمال و الرياح، يمكن أن تهاجر في اتجاه الكثبان البرخانية في حالتها المستقرة، أي أنها تهاجر في اتجاه الرياح دون تغيير شكلها و حجمها (الكتلة محفوظة). هذا يدل أن مورفوديناميكية البرخان في حالة مستقرة، تهاجر الكثبان الرملية بسرعة موحدة الاتجاه  $\times [10]$ .

لدينا بالنسبة للكثبان الرملية المعزولة ( $Q_u = 0$ ) حيث  $Q_u$  هو تدفق حبيبات الرمل

من المنبع.

### ب) دراسة البرخان في حقل من الكثبان الرملية

في حقل من الكثبان الرملية  $Q_u$  بشكل عام لايساوي الصفر، ومنه الكثيب إذا كان في

حالة استقرار تكون  $Q_u$  مساوية لـ  $Q_d$ ، تنتقل الرمال باتجاه المصب أي [15]:

$$Q_u = Q_d \quad (2 - I)$$

كما هو موضح في الشكل أدناه،  $Q_u$  و  $Q_d$  يمكن أن تكون مرتبطة بـ  $Q_c$  (معامل الجودة) من خلال إدخال معامل الالتقاط الرملي  $T_e$ ، بينما يتم انتقال حبيبات الرمل عبر قمة الكثب، حيث يترسب جزء منها على الوجه المظاهر. حسب التعريف لمعامل الالتقاط هو نسبة كمية الرمال المترسبة إلى تلك المنقولة على القمة، ومنه يمكننا استنتاج أن [15]:

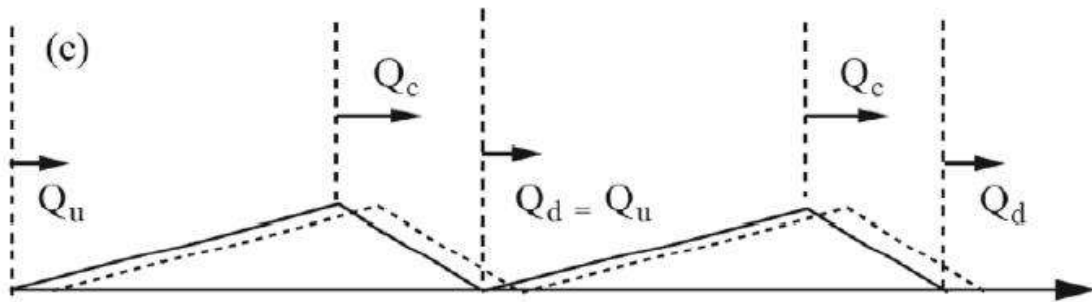
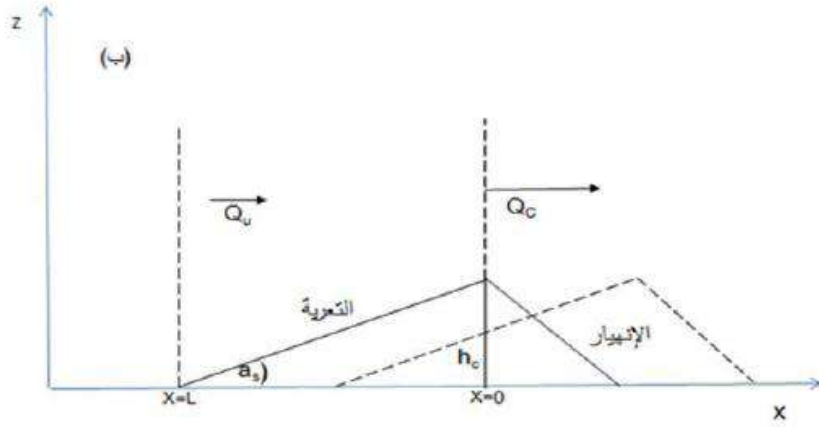
$$Q_d = Q_u = Q_c(1 - T_e) \quad (3-I)$$

ومنه يجب التعبير عن سرعة الكثبان الرملية في حقل من الكثبان الرملية على أنها:

$$V_m = \frac{T_e Q_c}{\rho_b h_c} \quad (4 -I)$$

بما أن  $T_e$  محصور بين صفر (0) و واحد (1)، فإن الكثيب الرملي في حقل من الكثبان الرملية يهاجر بسرعة أقل من الكثيب الرملي المعزول، هذا التباطؤ يحدث بسبب معدل التعرية الريحية على الوجه المقابل للرياح، نتيجة ترسب الرمال الزائدة و المستقلة من المنبع [15]. يرتبط معامل الالتقاط الرملي  $T_e$  بحركة حبيبات الرمل، تشير القياسات الميدانية للكثبان ذات الأحجام المختلفة ونسب الأبعاد المختلفة، إلى أن حبيبات الرمل التي يتم نفضها في القمة تقع بشكل عام على الوجه المظاهر، تظهر الدراسات التي قام بها نيكلينج و آخرين (2002)، أندرسون (1988) حول مسارات حبيبات الرمل التي يتم رفعها إلى القمة، أن  $T_e$  يمكن التعبير عنه كدالة لسرعة الإحتكاك في قمة الكثيب  $u_c^*$ ، ارتفاع الكثيب  $h_c$  و حجم حبيبات الرمل  $d$  إذا:

$$T_e = f(u_c^*, h_c, d) \quad (5-I)$$



الشكل (I-6): رسم تخطيطي لهجرة الكثبان الرملية [15].

## الفصل الثاني:

دراسة الإستقرار للكثيب و تأثير التدفقات

الجانبية  $J_d$  و  $J_u$ .



## 1-II المقدمة

الكثبان الرملية تحتوي على نسبة متوسطة قد تصل لحوالي 60% من حبيبات الرمل، في حين تكون النسب المتبقية عبارة عن خليط من حبيبات السلت، إضافة إلى جزء من البقايا العضوية [12].

## 2-II شروط تدفق حبيبات الرمل

### 1- 2-II على قمة الكثيب:

إن كمية الرمال المتدفقة من قمة الكثيب تتعلق أساساً بسرعة الرياح و زاوية الوجه المقابل، حسب دراسات سابقة قام بها جاكسون وهانت (1975)، يعطى تدفق الرمال من أعلى قمة الكثيب بالعلاقة التالية [10]:

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

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

في نماذج أخرى تؤخذ فقط فرضية ثبات انحدار الجانب المواجه للرياح و أن التدفق على قمة الكثيب  $q$  لا يتعلق بالوسط الحبيبي و لا بسرعة الرياح على السطح المستوي على الجانب المواجه للرياح ولا بارتفاع الكثيب [10].

كمية الرمال المتدفقة في الحالة المشبعة  $q_{sat}$  للسطح أفقياً لها 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 شيلدز لتدفق على مستوى أفقي.

$Sh_c$ : معامل شيلدز الحرج على مستوى خشن ذو حبيبات مميزة.

## II - 2 - 2) التدفقات الجانبية

زيادة على تدفق حبيبات الرمل من أعلى قمة الكثيب يساهم نوع أخرى من التدفق في هذه

الظاهرة حيث تعرف  $J_u$  و  $J_d$  تدفقات الجانبية المحلية لكلا الوجهين المقابل و المظاهر على التوالي.

باستغلال نتائج فرضية نيليا وأل (2010)، تعطى قيمة هذه التدفقات المجاورة المتناسبة مع

فرق في الارتفاع بالعلاقات التالية [10]:

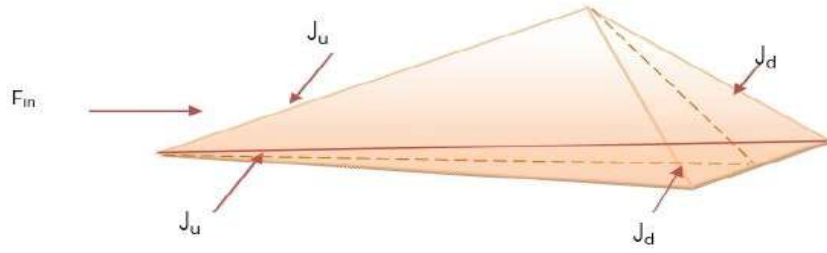
$$\begin{cases} J_u = \frac{B}{A} D_u \left( -h \frac{\partial h}{\partial y} + \frac{B}{A} h \frac{\partial x}{\partial y} \right) \\ J_d = \frac{C}{A} D_d \left( -h \frac{\partial h}{\partial y} - \frac{C}{A} h \frac{\partial x}{\partial y} \right) \end{cases} \quad (3-II)$$

حيث تعرف A، B، C كما يلي:

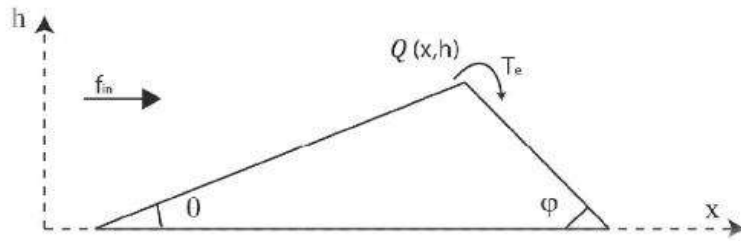
$$A = \frac{\tan \theta \tan \varphi}{\tan \theta + \tan \varphi}; \quad B = \frac{\tan \varphi}{\tan \theta + \tan \varphi}; \quad C = \frac{\tan \theta}{\tan \theta + \tan \varphi}$$

و هي الثوابت الجيومترية للكثيب المتعلقة بالزوايا  $\theta$  و  $\varphi$  جهين المظاهر و المقابل على الترتيب.

(أ)



(ب)



الشكل 1-II (أ): مخطط يوضح التدفقات الجانبية المساهمة في الكثيب الرملى [10].  
 (ب): رسم تخطيطي لمقطع من الكثبان المعرضة لتدفق حبيبات الرمل من المنبع [10].

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 و الوجه المظاهر .

$\theta$  : الزاوية المحصورة بين المستوى الافقي و الوجه المقابل .

$T_e$  : معامل الالتقاط .

$h$  : ارتفاع الكثيب .

$x$  : موقع الكثيب ( فاصلة الكثيب).

### 3 - II) معامل الإلتقاط لكثيب رملي

إن حبيبات الرمل التي تتمكن من الصعود إلى أعلى قمة الكثيب يمكن أن تسقط في فح الوجه المظاهر عند تجاوزها القمة، فعالية هذا الفح للإلتقاط هذه الحبيبات العابرة لقمة الكثيب تعرف

بمعامل الإلتقاط للكثيب  $T_e$ ، الذي يمكن التعبير عنه بما يلي [10]:

$$T_e(h) = \frac{h}{h_c+h} \quad (5-II)$$

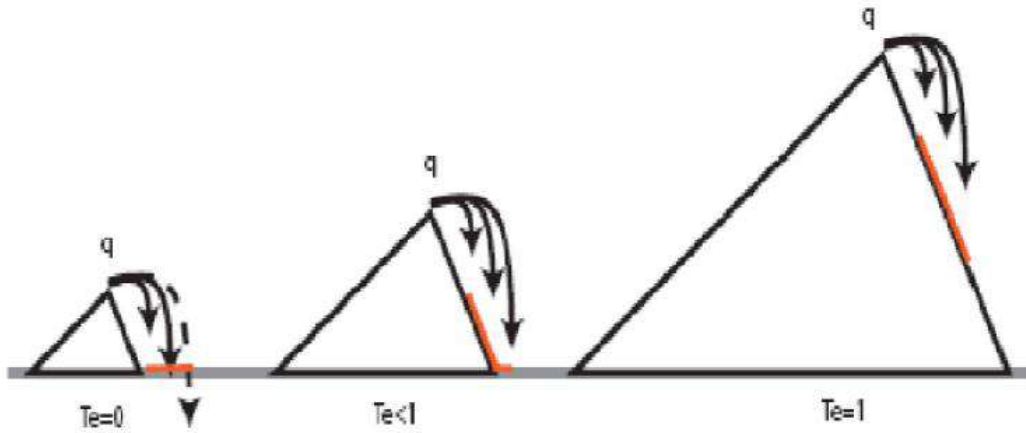
حيث:

$h$  : هي ارتفاع الكثيب.

$h_c$  : هي الارتفاع الحرج المميز للكثيب المؤدي إلى قيمة الإلتقاط مشبعة.

أين نجد الحالات التالية:

- ❖  $T_e = 1$  : حالة سقوط كل الحبيبات في الفح للوجه المظاهر.
- ❖  $T_e = 0$  : عند تجاوز هذه الحبيبات للوجه المظاهر لهذا الكثيب أي تغادر الكثيب تماما.



الشكل II-2): يوضح العلاقة بين ارتفاع الكثيب و معامل التقاطه [11].

من خلال الدراسات التي قام بها العالم ميموجي و واران (2000) أظهرت أن معامل الإلتقاط يتعلق بسرعة الرياح على الوجه المقابل للكثيب وارتفاع الكثيب، لإعطاء علاقة تحليلية لقيمة معامل الإلتقاط قام أندروسون (1988) بتحليل نتائج تموضع حبيبات الرمل على الوجه المظاهر في السلم الحبيبي لحبات الرمل، النتائج الرقمية بينت أن معامل الإلتقاط يزداد بسرعة ويتناسق طردياً مع الارتفاع  $(h)$  [7].

هناك حالتين حديتين مميزتين لمعامل الإلتقاط :

- من أجل ارتفاع ضعيف :

$$T_e(h) = \frac{h}{h_c} \approx 0 \quad (6-II)$$

- من أجل ارتفاع كبير :

$$T_e(h) \approx 1 \quad (7-II)$$

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

$$T_e(h) = \frac{h}{h_c}; \quad \forall h > h_c \quad (8-II)$$

$$T_e(h) = 1; \quad \forall h < h_c \quad (9-II)$$

## 4-II الإستقرار الخطي لكثيب رملي

عند تحرك كثيب رملي يغير موقعه  $x_0$  إلى  $x_1$  و إرتفاعه من  $h_0$  إلى  $h_1$  حيث تغير

الفاصلة بدلالة الزمن كما يلي [10] :

$$x(y, t) = x_0(t) + x_1(y, t) \quad (10-II)$$

$$h(y, t) = h_0 + h_1(y, t) \quad (11-II)$$

تقريب الإستقرار الخطى للكثيب يعطى بالعلاقة التالي:

$$T_e = T_e(h_0) + h_1(y, t)T'_e(h_0) \quad (12-II)$$

$$T'_e(h_0) = \left. \frac{dT_e}{dh} \right|_{h_0} T'_e(h_0) = \left. \frac{dT_e}{dh} \right|_{h_0} h_0 \quad (13-II)$$

## 5-II) علاقة معامل إلتقاط البرخان بإرتفاعه

نأخذ أن قيمة الإلتقاط تتعلق بإرتفاع البرخان و نبحت عن حل لبرخان آخر على الشكل

التالي:

$$x(y, t) = k_x y^2 + V_B t \quad (14-II)$$

$$h(y, t) = h_B \left(1 - \frac{y^2}{w^2}\right) = h_B - k_h y^2 \quad (15-II)$$

بحيث:

$$k_h = \frac{h_B}{w^2}$$

$$k_h = \frac{h_B}{W^2}$$

$V_B$  : سرعة تقدم البخان.

$k_x$  : إوجاج البرخان بالنسبة للمحور  $x$ .

$k_h$  : إوجاج البرخان بالنسبة للارتفاع  $h$ .

$h_B$  : الارتفاع الأعظمي للبرخان.

$w$  : عرض البرخان.

في حالة إرتفاع البرخان ثابت يبقى هناك 4 متغيرات فقط هي  $V_B$   $W$   $k_h$   $k_x$  تعرف

للوصف الكلي للبرخان ندخل هذه المعادلات على النظام فيأخذ الشكل المصفوفي التالي:

$$M_0 X_C = \frac{1}{6\sigma q} G V_B \quad (16-II)$$

معادلة إنخفاض المادة من الشكل التالي:

$$(f_{in} - q)G_1 + qT_e G_2 = \frac{2}{3} k_n W^2 G V_B \quad (17-II)$$

حيث:

$$G_1 = \begin{pmatrix} -C \\ A \end{pmatrix}$$

$$G_2 = \begin{pmatrix} B \\ A \end{pmatrix}$$

$$G V_B = \begin{pmatrix} V_B \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$X_C = \begin{pmatrix} k_x \\ -k_h \end{pmatrix} \text{ يمثل الإعوجاج الكلي للبرخان.}$$

المعادلة الأولى تحلل على معكوس المصفوفة  $M_0$  و تكون قابلة للإنعكاس إلا إذا كانت

معرفة و غير مهملة حيث  $\det(M_0) = \rho$ .

يقدر إعوجاج البرخان في الإتجاه  $x$  بالمعادلة التالية:

$$k_x = \frac{V_B}{6\sigma q} \left( B \frac{1}{\rho} + c \right) \quad (18-II)$$

يقدر اعوجاج البرخان في الاتجاه  $h$  بالمعادلة التالية:

$$k_h = \frac{V_B}{6\sigma q} A \left( 1 - \frac{1}{\rho} \right) \quad (19-II)$$

يقدر تدفق حبيبات الرمل للجهة المواجهة للرياح بالبرخان :

$$f_{in} = q(1 - T_e) \quad (20-II)$$

تحدد سرعة تقدم البرخان بالمعادلة التالية:

$$V_B = \frac{3qT_e}{2h_B} \quad (21-II)$$

أما عرض البرخان فيقدر بالعلاقة التالية:

$$w = \sqrt{\frac{6D_u}{q^A}} h_g h_c; \quad h_B < h_c \quad (22-II)$$

$$w = 2 \sqrt{\frac{D_u \rho}{q^A(\rho-1)}} h_B; \quad h_B \gg h_c \quad (23-II)$$

ومنه نستخلص أن هناك علاقة عكسية بين اعوجاج و سرعة تقدم البرخان مع ارتفاعه و ذلك من أجل قوة رياح معطاة بحيث  $\rho$  تأخذ قيمة ثابتة، بالإضافة إلى قيمة انتشار معتبرة على الجانب المواجه للرياح للبرخان و به يكون إعوجاجه ضعيف، أما شكله فيعتمد على قيمة النسبة  $\rho$  .[10]

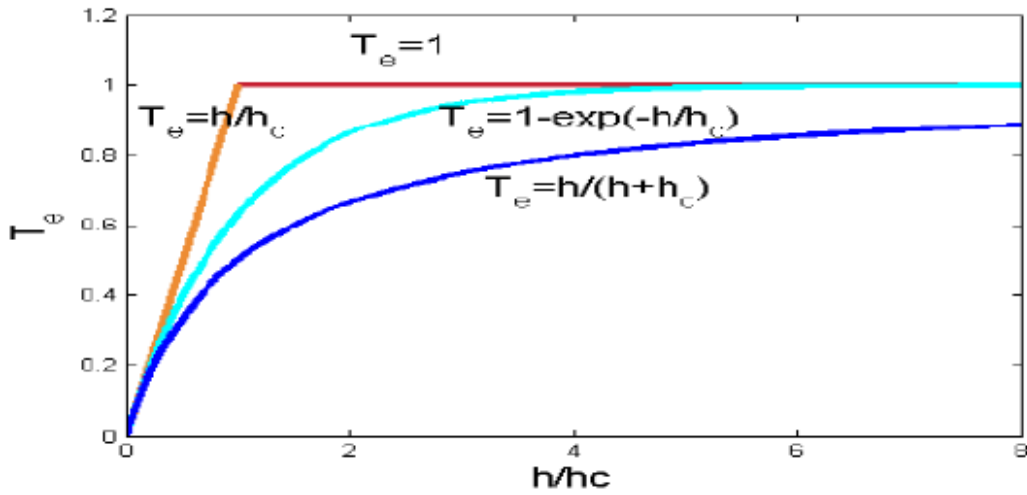
حيث:

$$\rho = \frac{D_d}{D_u}$$

إن تناقص  $\rho$  ميزة تزيد من قيمة الإعوجاج على  $x$  و التناقص على الارتفاع  $h$  من أجل العرض

للبرخان [10].





الشكل (II-3): العلاقة المختلفة لمعامل الإلتقاط الرملي لكثيب بدلالة الإرتفاع والإرتفاع الحرج [10].

## II-6) دور معامل الإلتقاط في الاستقرار الخطي

يؤثر معامل الإلتقاط على استقرار الكثيب، فكلما زاد معامل الإلتقاط حبيبات الرمل للكثبان الرملية المنتامية تستمر في النمو. على العكس، عندما ينخفض معامل إلتقاط حبيبات الرمل، الكثبان الرملية التي يزيد ارتفاعها ستأخذ كمية أقل من الحبيبات، مما يؤدي إلى انخفاض ارتفاعها [10].

زيادة معامل الإلتقاط مع ارتفاع الكثبان هو السلوك الذي توقعه موميجي و وارن (2000).

في هذه الحالة، النموذج يتنبأ بأن كثبان البرخان غير مستقرة [10].

المتغير  $\delta = \frac{h_0 T_e(h_0)}{T_e(h_0)}$  هو مقدار التغير في معامل النقاط الكثبان الرملية مع إرتفاعها

الأولي. في الحالة التي تكون فيها  $T_c$  دالة عشوائية للإرتفاع،  $\delta$  يمكن أن تأخذ جميع القيم الممكنة بين  $\pm\infty$  [10].

- $\delta < 0$  هي الحالة الواقعية لتدفق الرياح.
- $\delta < \rho - 1$  في هذه الحالة كثبان البرخان مستقرة خطياً.

- $\delta = 0$  هي حالة أخرى، يمكن أن تكون فيها كثبان البرخان مستقرة عندما لا يعتمد معامل الالتقاط على إرتفاع الكثبان الرملية. يمكن معالجة هذه الحالة باعتبار معامل إلتقاط ثابت يساوي 1. هذا الإعتبار هو الأكثر إستعمالاً لإظهار عدم إستقرار كثبان البرخان.
- $\rho < 1$  في هذه الحالة الكثبان تكون مستقرة [10].

## II - (7) دور الإلتشار الجانبي

الإلتشار الجانبي يتعلق بظواهر عدة أهمها الرياح، الذي بدوره يؤثر على استقرار الكثيب. يحدث الإلتشار على وجهين الوجه المظاهر و المقابل. تتنبأ النماذج الرقمية باستقرار الكثبان في حالة الإلتشار على الوجه المظاهر أكبر منه على الوجه المقابل. العمليات التي يمكن أن تكثف نقل الحبيبات الجانبية يمكن أن تتحكم في استقرار الكثيب، بالإضافة إلى نسبة عوامل الإلتشار على الوجهين، يمكن للميكانيزميات التي تقلل الإلتشار على وجه المظاهر أن تتحكم أيضاً في استقرار الكثبان العرضية كحالة خاصة [10].

## II - (8) دور زوايا الوجه المظاهر والمقابل للكثيب

في الكثبان الرملية زوايا المنحدرات للوجهين المظاهر و المقابل تكون ثابتة و لا تؤثر على إستقرار الكثبان. إذا اعتمدت هذه الزوايا على الإرتفاع فإن دراسة الاستقرار تكون غير صالحة.

## الفصل الثالث:

الدراسة العملية للنموذج الرياضي للكثيب  
البرخاني.

### III - 1) مقدمة

تتاولنا في الفصلين السابقين النماذج النظرية لدراسة الكثبان الرملية، حيث تعرفنا من خلالها على علاقة النمط السائد للرياح و شكل الكثيب في اختيار النموذج الرياضي الأنسب لدراسة استقرار الكثيب، و تأثير التدفقات الجانبية على الوجه المظاهر و المقابل في حساب معامل الإلتقاط الرمي.

من خلال هذه العلاقة، سنحاول في هذا الفصل استنتاج العلاقة و معرفة مدى تأثير التدفقات الجانبية على معامل الإلتقاط بدلالة الإرتفاع، و ذلك باستخدام نموذج رياضي عددي بعد تحديد الأبعاد الخاصة بالكثيب المدروس.

### III - 2) طريقة النقطة الثابتة

طريقة النقطة الثابتة هي إحدى طرق التحليل العددي المطبقة في حل المعادلات غير الخطية، و ذلك عن طريق بناء خوارزمية تكرارية و الحصول على متسلسلة عددية يمكن حسابها أليا. في هذه الحالة المتسلسلة تتقارب إلى نقطة ثابتة  $x$  من دالة معينة  $g$  ، هذه النقطة الثابتة في هذه الحالة هي حل المعادلة [16].

$$f(x) = 0 \quad (1 - III)$$

### III-2-1) مبدأ طريقة النقطة الثابتة MPF

كل المعادلة من النوع (III - 1) يمكن كتابتها بالشكل المكافئ [16]:

$$x = g(x) \quad (2 - III)$$

حيث  $g(x)$  دالة جديدة في المتغير  $x$  ، تبني الطريقة باستخدام التقدير  $x^{(0)}$  ، من

الحل الدقيق  $x^{(*)}$  الذي يحقق من  $f(x^{(*)}) = 0$  وبالتالي [16] :

$$x^{(*)} = g(x^{*})$$

يتم استبدال هذه القيمة المقدره بعد ذلك ب  $x$  في الجانب الأيمن من المعادلة، وبالتالي

نحصل على تقريب جديد  $x^{(1)} \downarrow x^{(*)}$  [16]:

$$x^{(1)} = g(x^{(0)}) \quad (3 -III)$$

بنفس الطريقة نحصل على  $x^{(2)} = g(x^{(1)})$  ,  $x^{(3)} = g(x^{(2)})$

عموما عند تكرار  $n$  فإن [16] :

$$x^{(n)} = g(x^{(n-1)}) \quad (4 -III)$$

المشكلة الرئيسية هي معرفة ما إذا كانت المتتالية المتولدة

$\{x^{(0)}, x^{(1)}, \dots, x^{(n)}, \dots\}$  تقترب من الحل  $x$  للمعادلة (2-III) [16] .

### III-2-2) تقارب العملية التكرارية

• نظرية: إذا كانت  $g(x)$  من المعادلة  $x = g(x)$  لها مشتق يحقق [16] :

$$|g'(x)| \leq m \leq 1 \quad \forall x \in R \quad (5 -III)$$

ثم  $\forall x^{(0)} \in R$  المتتالية  $\{x^{(0)}, x^{(1)}, \dots, x^{(n)}, \dots\}$  التي تم إنشاؤها بواسطة

$x^i = g(x^{(i-1)})$  من أجل  $i = 1, 2, 3, \dots, n$  ، تتقارب مع  $x^{(*)}$  حل  $x = g(x)$  و

بالتالي من المعادلة  $f(x) = 0$  [16].

بالإضافة إلى ذلك، فإن الجذر  $x^{(*)}$  وحيد.

### ملاحظات

- (1) لكي تتقارب عملية الإستبدالات المتتالية، يكفي أن  $|g'(x)| < 1$  sur  $R$ .
- (2) كلما كانت  $g(x)$  أصغر، كلما كان التقارب أسرع.
- (3) اخترنا طريقة النقطة الثابتة في هذه الدراسة، نظرا لتحقق الشرطين السابقين، بالإضافة إلى سهولة تطبيقها نسبيا.

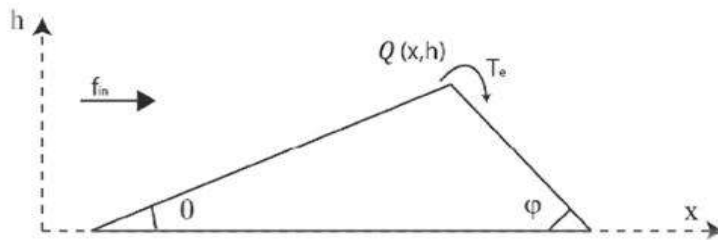
### III - 3) إختيار النموذج الرياضي

إعتمادا على الشكل (III - 1) من الفصل الثاني و باستعمال المعادلات التالية:

$$\frac{\partial x}{\partial t} = \frac{1}{h} \left[ q(BT_e + C) - C f_{in} - B \frac{\partial J_d}{\partial y} + C \frac{\partial J_u}{\partial y} \right] \quad (6-III)$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{A}{h} \left[ f_{in} - q(1 - T_e) - \left( \frac{\partial J_d}{\partial y} + \frac{\partial J_u}{\partial y} \right) \right] \quad (7-III)$$

$$\begin{cases} J_u = \frac{B}{A} D_u \left( -h \frac{\partial h}{\partial y} + \frac{B}{A} h \frac{\partial x}{\partial y} \right) \\ J_d = \frac{C}{A} D_d \left( -h \frac{\partial h}{\partial y} - \frac{C}{A} h \frac{\partial x}{\partial y} \right) \end{cases} \quad (8-III)$$



الشكل (III - 1): رسم تخطيطي لمقطع من الكثبان المعرضة لتدفق حبيبات الرمل من المنبع [10].

نأخذ القيم التالية:

$$\theta = 15^\circ$$

$$\varphi = 35^\circ$$

• الإرتفاع يتغير من  $h = 10 - 15m$

• المسافة المقطوعة خلال سنة  $x = 10m$

• إختيار مدى تغيرات  $J_u$  و  $J_d$ .

لمعرفة مدى تأثير كل من  $J_u$  و  $J_d$  على معامل الإلتقاط نفرض التعريف التالي:

$$J_u = R * J_d \quad (9- III)$$

حيث R يتغير  $\frac{1}{10} \leftarrow 10$

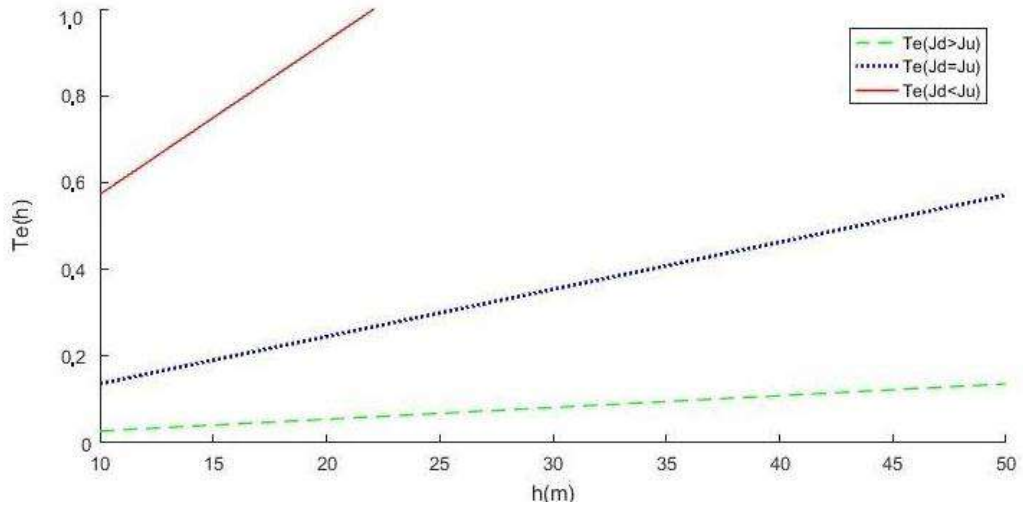
$$R = \frac{i}{10} \quad i = 1 \dots \dots \dots 100$$

و الهدف هو معرفة تغير  $T_e$  و  $(h)$ ،  $(x)$  بدلالة التدفقات الجانبية.

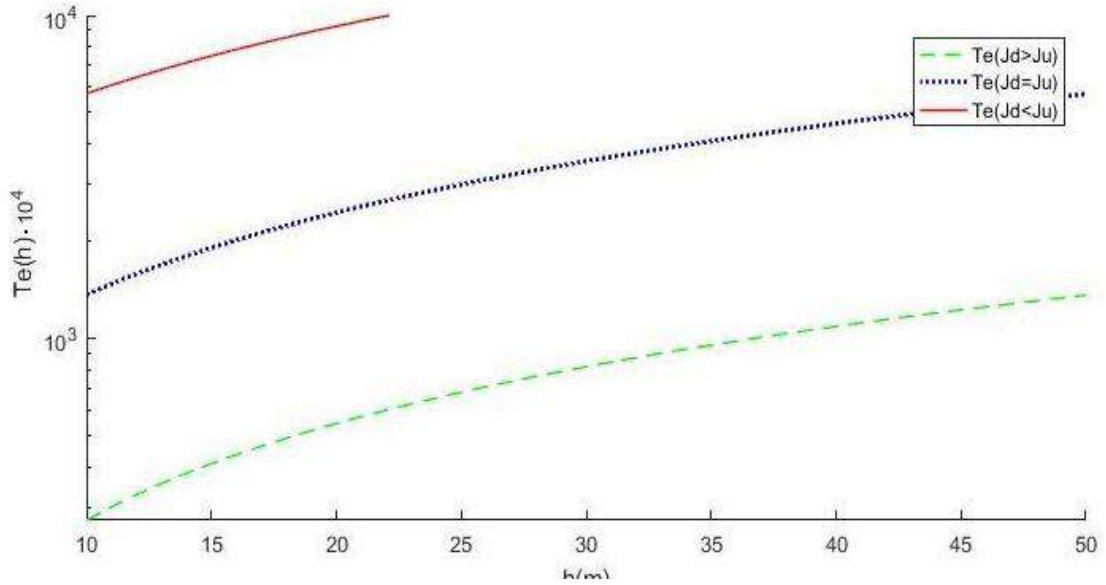
### III - 4) النتائج والمناقشة

باستعمال برنامج حسابي آلي (برنامج الماتلاب) تحصلنا على النتائج المبينة في

المنحنيات الخاصة بالشكلين (III-2) و (III-3) أدناه.



الشكل (III - 2): تأثير التدفقات الجانبية  $J_d$  و  $J_u$  على  $T_e$  باستعمال الدالة الخطية.



الشكل (III - 3): تأثير التدفقات الجانبية  $J_d$  و  $J_u$  على  $T_e$  باستعمال الدالة اللوغاريتمية.



نلاحظ من خلال الشكلين السابقين أن هناك تناسب طردي بين معامل الالتقاط  $T_e$  و

الارتفاع  $h$  حيث عند:

- $T_e(J_d > J_u)$  يزداد معامل إلتقاط  $T_e$  مع الارتفاع  $h$  بتسارع صغير، و القيمة الابتدائية للمنحنى تكون قريبة من الصفر.
- $T_e(J_d = J_u)$  يزداد معامل إلتقاط  $T_e$  مع الارتفاع  $h$  بتسارع متوسط، و القيمة الابتدائية للمنحنى تبتعد قليلا عن المبدأ.
- $T_e(J_d < J_u)$  يزداد معامل إلتقاط  $T_e$  مع الارتفاع  $h$  بتسارع كبير، و القيمة الابتدائية للمنحنى تبتعد أكثر عن المبدأ.
- كلما كانت قيمة  $J_d < J_u$  كلما إبتعدت القيمة الابتدائية للمنحنى عن المبدأ.

# خلاصة عامة

## الخلاصة العامة

من خلال هذه الدراسة، قمنا باختيار نموذج رياضي لشكل الكثيب و حددنا الأبعاد الخاصة له، و ذلك لمعرفة العلاقة بين معامل الإلتقاط و الارتفاع و مدى تأثير التدفقات الجانبية على هذه العلاقة، حيث استخلصنا عدة نتائج من أهمها ما يلي:

✓ يبقى التناسب طرديا بين معامل الإلتقاط  $T_e$  مع الارتفاع  $h$  مهما كان نوع الدالة خطية أو لوغاريتمية، هذه الأخيرة أقرب للنتائج النظرية.

✓ معامل الإلتقاط  $T_e$  يرتبط بالتدفقات الجانبية  $J_d$  و  $J_u$  و يتغير بشدة بتغيرهما، حيث يزداد معامل الإلتقاط  $T_e$  مع الارتفاع  $h$  بميل صغير عندما  $(T_e(J_d > J_u))$  و بميل متوسط مع إبتعاد القيمة الإبتدائية من المبدأ عندما  $(T_e(J_d = J_u))$ ، أما في حالة  $(T_e(J_d < J_u))$ ، القيمة الإبتدائية تبتعد عن الصفر و الميل يكون بقيمة معتبرة و هي أقرب للحسابات التجريبية.

✓ في حالة حقل من الكثبان الرملية يكون  $(T_e(J_d < J_u))$  و التي يمكن اعتبارها حالة واقعية.

✓ التقريب اللوغاريتمي أقرب للمنحنيات النظرية، حيث يقترب الشكل العام لتغير معامل الإرتفاع  $T_e$  بدلالة الإرتفاع  $h$  إلى الدالة الأسية.

✓ يمكننا في دراسة مستقبلية، الإستفادة من هذه النتائج و إضافة متغيرات أخرى لنظام المعادلات التفاضلية (III-6) و ذلك من أجل وصف هذه الظاهرة بدقة أكبر، و الحصول على نتائج شمولية لوصف تصرف و استقرار الكثيب في الواقع.

# قائمة المراجع

## قائمة المراجع

- [1] سناء الدويكات، mawdoo.Com، (الكتبان الرملية) 2018.
- [2] نبيل إمابي، محمد عاشور، WWW. Moqatel. Com/ Home Page ، (موسوعات جغرافية و ظواهر طبيعية الموسوعة الجغرافية المصغرة)، مركز الوثائق والبحوث الإنسانية الدوحة، 1983.
- [3] الكاتب مجلة الكلية التربوية. جامعة الواسط لهاشمي العدد 21 صفحة 170 .
- [4] عبد القادر مصطفى ، عبد الرزاق محمد البطيحي، كتاب (التصحر مفهومه و انتشاره المكاني، و أسبابه و نتائجه و سبل مكافحتها)، الجامعة المفتوحة طرابلس، 1999.
- [5] عدنان هزاع رشيد البياتي، مجلة الزراعي و التنمية في الوطن العربي (التعرية الريحية و فقدان الطبقة السطحية المنتجة من التربة)، المنظمة العربية للتنمية الزراعية الخرطوم، العدد 3، صفحة 48، 1996.
- [6] ولاء كامل صبري حسين الأسدي، رسالة ماجستير (الكتبان الرملية في محافظة المثنى)، قسم الجغرافيا، كلية الآداب جامعة بغداد 2010.
- [7] إعتدال هارون، تقرير (الكتبان الرملية) 2019.
- [8] sand Dunes, structure and Types. study.com, Retrieved 04-05-2021.
- Edited
- [9] Lucie Guignier Français، Analyse Physique du transport Sédimentaire et morphodynamiques 'Université Rennes 1, 2014.

[10] LGuignier, H.Nishimori, D. Langué, A valance, Sand dunes a s migrating strings, 2013 American Physical society, DOI : 10.1130/Phys Re vE.87.05. 2206, 24/05/2013.

[11] طارق القاسم، كتاب (في الجغرافيا الصف الثاني عشر للفرعين الأدبي والفندقي)، 2018.

[12] <https://www.paldf.net/form/showthread.php?t=110227241 &page5>

2021/05/22.

[13] أبو نواس، مجلة بيئتنا، الهيئة العامة للبيئة، المكان العدد 89 صفحة 2011.

[14] عبد الله المسند، مشاهد وخواطر من رحلتي إلى الربع الخالي، يناير 2013.

[15] Y aping Shao, Physics and Modelling Wind Erosion, University of Cologne, Germany, 2008.

[16] J.D. Huffman, ed., Numerical Methods for Engineers and Scientists, Marcel Dekker, New York, pp. 2001.

## ملخص:

من المؤكد أن نمط الرياح السائدة في الموقع الجغرافي له الدور الأساسي في الشكل الهندسي للكثيب، ولكن وجود كثبان مجاورة، يساهم في انزياح معتبر في الشكل الهندسي الفعلي (النموذجي)، هذا الانزياح يمكن التعبير عنه وحسابه من خلال معرفة مساهمة التدفقات الجانبية لحبيبات الرمل القادمة من الكثبان المجاورة بسبب متغيرات الرياح. من خلال هذا العمل حاولنا حل نظام المعادلات التفاضلية التي تربط بين القياسات الهندسية للكثيب وسرعة و اتجاه الرياح السطحية المؤثرة عليه، باستعمال الطريقة العددية للنقطة الثابتة، بالإضافة إلى اعتبار مساهمة الكثبان المجاورة. نمط الكثبان المعتمد هو النمط البرخاني في كل النماذج.

الكلمات المفتاحية: الرياح السطحية، النقل والترسيب، معامل الالتقاط الرملي، كثيب، برخان، النقطة الثابتة.

## Résumé:

Il est certain que la configuration des vents dominants dans la zone géographique joue un rôle primordial dans la stabilité de la géométrie des dunes, mais la présence de dunes adjacentes contribue à un changement significatif dans la géométrie réelle (typique). Ce déplacement peut être exprimé et calculé en connaissant la contribution des flux latéraux de grains de sable provenant des dunes adjacentes dus aux variables du vent. A travers ce travail, nous avons tenté de résoudre un système d'équations différentielles qui relie les mesures géométriques de la dune et la vitesse et la direction des vents de surface qui l'affectent, en utilisant la méthode numérique du point fixe, en plus de considérer la contribution de la dunes adjacentes. Le motif de dunes adopté est le Barchan dans tous les modèles.

**Mots-clés:** vents de surface, transport et dépôt, coefficient de capture de sable, dune, Bachan, point fixe.

## Abstract:

It is certain that the prevailing wind pattern in the geographical area has a primary role in stability of the dune geometry, but the presence of adjacent dunes contributes to a significant shift in the actual (typical) geometry. This displacement can be expressed and calculated by knowing the contribution of the lateral flows of sand grains coming from adjacent dunes due to wind variables. Through this work, we tried to solve a system of differential equations that link the geometric measurements of the dune and the speed and direction of the surface winds affecting it, using the numerical method of the fixed point, in addition to considering the contribution of the adjacent dunes. The dune pattern adopted is the Bachan in all models.

**Keywords:** surface winds, transport and deposition, sand capture coefficient, dune, Bachan, fixed point.