

# جامعة قاصدي مرباح ورقلة

N° d'ordre :  
N° de série :

كلية الرياضيات و علوم المادة

قسم الفيزياء



مذكرة

ماستر أكاديمي

مجال: علوم المادة

فرع : فيزياء

تخصص : فيزياء الأرصاد الجوية

من إعداد :

✓ أسامة طمل

✓ عبد الرزاق سويقات

و بعنوان

الزواج الرملية والترايبية في الجزائر : الخصائص،

المصادر والتوزيع.

نوقشت يوم : 2019/07/08

أمام اللجنة المناقشة المكونة من :

رئيسا	جامعة قاصدي مرباح	أستاذ مساعد قسم أ	بن بلقاسم خلف الله
مناقشا	جامعة قاصدي مرباح	أستاذ مساعد قسم أ	ناقص محمد الطاهر
مشرف	جامعة قاصدي مرباح	أستاذ محاضر قسم ب	فقيه عبد العالي
نائب مشرف	جامعة قاصدي مرباح	إطار / الأرصاد الجوية	هبال بلخير

الموسم الجامعي : 2019/2018

# إهداء

أهدي هذا العمل المتواضع إلى النور الذي ينير لي درب النجاح أبي وإلى ملاكي في الحياة أمي التي نودتني بالحنان والمحبة أقول لهم: أنتم وهبتموني الحياة والأمل والنشأة على شغف الاطلاع والمعرفة، وإلى إخوتي ( ياسين، نذير، أروى، سندس، هيبية، التوأم رحاب وعائشة و بالخصوص الكتكوتة بسمة) وجميع عائلة طمل و بن بلقاسم.

كما أهدي هذا العمل إلى أساتذتي وزملائي والأصدقاء طوال المسيرة الدراسية .

✚ أسامة طمل

أهدي هذا العمل إلى من كلفه الله بالهبة والوقار والدي العزيز إلى ملاكي في الحياة أمي الحبيبة، إلى جميع إخوتي و إلى جميع عائلة سويقات وإلى الكتكوت الشيخ إسلام وكل أصدقائي وأحبائي و زملائي في العمل وكل من ساندني طوال مسيرتي الدراسية

كما أهدي هذا العمل إلى طلبة الأرصاء الجوية دفعة 2017 وخاصة قروط فوضيل وإلى جميع أساتذتي وكل من درسني

✚ محمد الرزاق سويقات

# شكر و تقدير

لابد لنا ونحن نخطو خطواتنا الأخيرة في الحياة الجامعية من وقفة نعود إلى أعوام قضيناها في رحاب الجامعة مع أساتذتنا الكرام الذين قدموا لنا الكثير باذلين بذلك جهودا كبيرة.

نود أن نعرب عن خالص امتناننا وامتناننا العميق لمشرف المذكرة السيد الدكتور فقيه عبد العالي دكتور في جامعة قاصدي مرياح ورقلة أولاً وقبل كل شيء لثقتنا بنا ، ثم على هذه الملاحظات ، هذه النصائح ، هذا التشجيع والتوافر الدائم شكرا جزيلاً.

نعرب عن امتناننا العميق للسيد بلخير هبال نائب المشرف ، طالب دكتوراه في جامعة قاصدي مرياح ورقلة ، لتوجيهنا في تطوير هذا العمل، شكرا على مساعدتك وتوجيهك وتشجيعك ونصائحك.

كما نولي فائق الشكر و العرفان للسيد خلف الله بن بلقاسم دكتور في جامعة قاصدي مرياح ورقلة على قبوله أن يكون ضمن لجنة المناقشة بصفته رئيساً كما نشكره جزيل الشكر على الاهتمام الكبير الذي أولاه لهذا العمل.

كما نقدم أسمى عبارات الشكر والعرفان للسيد الدكتور محمد الطاهر ناقص على الشرف الذي قدمه لنا بقبوله أن يكون ضمن لجنة المناقشة بصفته مناقشا كما نشكره جزيل الشكر على الاهتمام الكبير الذي أولاه لهذا العمل.

كما نخصص خالص عبارات الشكر للمكتب الوطني للأرصاد الجوية بورقلة على تزويدنا بالمعلومات و البيانات الهامة لتطور عملنا هذا

فالأخير إلى من زرعو التفاؤل في درينا وقدموا لنا المساعدات والتسهيلات والأفكار والمعلومات، الذين كانوا عوناً لنا في بحثنا هذا ونورا يضيء الظلمة التي كانت تقف أحيانا في طريقنا ربما دون يشعروا بدورهم بذلك فلهم منا كل الشكر.

# الفهرس

- i.....الإهداء
- ii .....شكر وتقدير
- iii.....الفهرس
- iv.....قائمة الأشكال
- v.....قائمة الجداول
- vi.....قائمة المختصرات
- vii.....قائمة الرموز
- viii .....المقدمة العامة

## الفصل الأول : دراسة مناخية و جيومرفولوجية للصحراء الجزائرية

- 1.....1.I مقدمة :
- 2.....2.I تعريف الصحراء :
- 2.....3.I الحركة العامة للرياح :
- 3.....1.3.I السبب الرئيسي في تكوين الدورة العامة للرياح :
- 4.....2.3.I الدورة العامة للرياح :
- 5.....4.I نقل خلايا هادلي :
- 6.....5.I العوامل المؤدية لتكون الصحراء :
- 6.....6.I أنواع الصحارى والخصائص المميزة لها :
- 7.....1.6.I التقسيم على أساس المناخ :
- 7.....2.6.I التقسيم على أساس الموقع الجغرافي :
- 7.....7.I الخصائص الفيزيائية لمنطقة الصحراوية :

7	1.7.I	الصحاري الصخرية :
8	2.7.I	الصحاري الحجرية:
8	3.7.I	الصحاري الرملية :
9	4.7.I	التلال المنفردة :
9	5.7.I	رواسب لويس :
10	6.7.I	الكثبان الرملية :
10	1.6.7.I	تعريف الكثبان الرملية :
11	2.6.7.I	أنواع الكثبان الرملية :
12	7.7.I	الواحات :
13	8.7.I	الشطوط والسبخات :
14	9.7.I	الأودية :
14	8.I	الخصائص المناخية للصحاري :
14	1.8.I	التساقط :
15	2.8.I	الحرارة :
16	3.8.I	الرياح :
16	4.8.I	الرطوبة :

## الفصل الثاني : الآلية الفيزيائية لحركة الرمال

19	1.II	مقدمة :
19	2.II	تعريف الهباء الجوي :
20	3.II	مصادر الهباء الجوي :
21	1.3.II	مصادر على مستوى عالمي :
23	2.3.II	مصادر على مستوى شمال إفريقيا :
24	4.II	انتقال الهباء الجوي :

26	..... 5.II أنواع حركة جسيمات الغبار :
29	..... 6.II آلية رفع الغبار :
30	..... 1.6.II الشروط الدينامكية لرفع الغبار :
35	..... 2.6.II الشروط الحرارية لرفع الغبار :
37	..... 7.II آلية ترسيب الهباء الجوي :
38	..... 1.7.II ترسيب جاف :
38	..... 2.7.II ترسيب رطب :
39	..... 8.II الظواهر الرملية والغبارية
39	..... 1.8.II ظاهرة الغبار :
40	..... 8.2.II الريح الأفقية: (Le vent horizontal)
40	..... 3.8.II سرعة الرياح :
41	..... 4.8.II مدى الرؤية الأفقية : (La visibilité horizontale)
41	..... 9.II أهم المؤشرات المستعملة في الدراسة
41	..... 1.9.II السمك الضوئي :
43	..... 3.9.II مؤشر الهباء IDDI :

### الفصل الثالث : الدراسة الزمانية والمكانية للزوابع الرملية والترابية

47	..... 1.III مقدمة :
47	..... 2.III عرض منطقة الدراسة :
48	..... 3.III مصادر المعلومات :
49	..... 4.III اختيار البيانات المستخدمة :
49	..... 1.4.III شروط حدوث الزوابع الرملية والترابية :
50	..... 2.4.III بيانات الرياح :
50	..... 3.4.III بيانات الرؤية الأفقية :

51	4.4.III	تحليل عدد حالات الزوابع الرملية والترابية لمحطات منطقة الدراسة :
51	5.III	الدراسة الزمنية :
52	1.5.III	التوزيع اليومي :
54	2.5.III	التوزيع الشهري :
56	3.5.III	التوزيع الموسمي :
58	4.5.III	التوزيع السنوي :
60	5.5.III	نظام الرياح المرتبطة بتكوين الزوابع الرملية :
66	6.III	الدراسة المكانية :
66	1.6.III	العاصفة الرملية 3-5/03/2004 (ورقلة-تقرت-حاسي مسعود-غرداية الوادي)
68	2.6.III	العاصفة الرملية 8-10/03/2007 (غرداية-المنيعة-حاسي مسعود-ورقلة-تقرت)
72		الخلاصة العامة
74		المراجع

## قائمة الأشكال

الفصل الأول : دراسة مناخية وجيومرفولوجية للصحراء الجزائرية		
الصفحة	العنوان	الشكل
2	فضاء صحراوي بورقلة	الشكل 1.I
3	الحركة الهوائية العامة	الشكل 2.I
4	الدورة الهوائية العامة	الشكل 3.I
5	خلايا الدورة الهوائية العامة	الشكل 4.I
6	الدورة الهوائية العامة في فصل الصيف	الشكل 5.I
6	الدورة الهوائية العامة في فصل الشتاء	الشكل 6.I
8	صحراء صخرية	الشكل 7.I
9	صحراء حجرية	الشكل 8.I
9	صحراء رملية	الشكل 9.I
10	التلال المنفردة	الشكل 10.I
10	رواسب لويس	الشكل 11.I
1	الكثبان الرملية	الشكل 12.I
2	أنواع الكثبان الرملية	الشكل 13.I
13	واحة صحراوية	الشكل 14.I
14	إحدى الأودية الصحراوية	الشكل 15.I
15	إحدى السبخات صحراوية	الشكل 16.I
الفصل الثاني : الآلية الفيزيائية لحركة الرمال		
21	أهباء جوية غبارية	الشكل 1.II
22	أهم مصادر الهباء الجوي	الشكل 2.II
23	أهم مناطق الصحراوية	الشكل 3.II
24	النقاط الساخنة للهباء الجوي	الشكل 4.II
25	مؤشر IDDI توضح المصادر الرئيسية للهباء في شمال إفريقيا	الشكل 5.II
27	المسارات الرئيسية لنقل الهباء الصحراوي عبر العالم	الشكل 6.II



28	طريقة القفز (كل الاتجاهات)	الشكل 7.II
29	طريقة الزحف (دحرجة وانزلاق)	الشكل 8.II
29	طريقة القفز (كل الاتجاهات)	الشكل 9.II
30	طريقة التعليق	الشكل 10.II
32	توازن القوى التي تتعرض لها حبة رمل ذات القطر $Dp$ تحت إجهاد القص $\tau$	الشكل 11.II
33	تمثيل تأثير التربة على تدفق الهواء وإجهاد القص ( $\tau$ ) الذي يمارسه التدفق على الأرض	الشكل 12.II
39	قوة الاحتكاك بدلالة الاستقرار الحراري للـ CLS منحني الرياح العمودي وفقا لظروف الاستقرار	الشكل 13.II
40	دورة غبار الصحراء	الشكل 14.II
46	المخطط الانسيابي لمؤشر الغبار IDDI	الشكل 15.II
47	المبدأ الفيزيائي للكشف عن الغبار في IRT	الشكل 16.II
<b>الفصل الثالث : الدراسة الزمنية والمكانية للزوابع الرملية والترابية</b>		
49	منطقة الدراسة موضحة باللون البرتقالي	الشكل 1.III
54	توزيع حالات الزوابع في محطات منطقة الدراسة (2017_1996)	الشكل 2.III
55	منحنى بياني يوضح التوزيع اليومي للزوابع لمنطقة الدراسة (1996/2017)	الشكل 3.III
57	التوزيع الشهري للزوابع (2017/1996)	الشكل 4.III
59	التوزيع الفصلي للزوابع (2017/1996)	الشكل 5.III
62	التوزيع السنوي للزوابع (2017/1996)	الشكل 6.III
65	وردة الرياح الخاصة بمحطتي ورقلة وغرداية في الفترة (1996-2017)	الشكل 7.III
65	وردة الرياح الخاصة بمحطتي حاسي مسعود وتقرت في الفترة (2017-1996)	الشكل 8.III
66	وردة الرياح الخاصة بمحطتي إليزي والوادي في الفترة (1996-2017)	الشكل 9.III
66	وردة الرياح الخاصة بمحطة المنيعه في الفترة (1996-2017)	الشكل 10.III
67	وردة الرياح حالات الزوابع الخاصة بمحطتي ورقلة وغرداية في الفترة (2017-1996)	الشكل 11.III

68	وردة الرياح حالات الزوابع الخاصة بمحطتي حاسي مسعود وتقرت في الفترة (1996-2017)	الشكل III.12
68	وردة الرياح حالات الزوابع الخاصة بمحطتي إليزي والوادي في الفترة (1996-2017)	الشكل III.13
69	وردة الرياح حالات الزوابع الخاصة بمحطة المنيعه في فترة الدراسة (1996-2017)	الشكل III.14
70	توزيع الرياح ومناطق الضغط عند بداية زوبعة (2004/03/03) (برنامج McIDAS-V1.8)(ECMWF)	الشكل III.15
70	توزيع الرياح ومناطق الضغط عند أقصى إثارة للزوبعة (2004/03/04) (برنامج McIDAS-V1.8)(ECMWF)	الشكل III.16
71	توزيع الرياح ومناطق الضغط عند نهاية زوبعة (2004/03/5) (برنامج McIDAS-V1.8)(ECMWF)	الشكل III.17
72	توزيع الرياح ومناطق ضغط عند بداية زوبعة (2007/03/08) (برنامج McIDAS-V1.8)(ECMWF)	الشكل III.18
72	توزيع الرياح ومناطق الضغط عند أقصى إثارة لزوبعة (2007/03/09) (برنامج McIDAS-V1.8)(ECMWF)	الشكل III.19
73	توزيع الرياح ومناطق الضغط عند نهاية زوبعة (2007/03/10) (برنامج McIDAS-V1.8)(ECMWF)	الشكل III.20

## قائمة الجداول

الفصل الثاني: الآلية الفيزيائية لحركة الرمال		
الصفحة	العنوان	الجدول
31	سرعة عتبات رفع الغبار لمختلف البيئات الصحراوية	الجدول 1.II
36	يبين عتبة سرعة الاحتكاك $u_{*t}$ وعتبة السرعة المتوسطة $u_t$ بدلالة سطح الأرض	الجدول 2.II
39	يبين معدلات الاحتكاك بدلالة الاستقرار الحراري للـ $CLS$ لقيم مختلفة من متوسط سرعات الرياح	الجدول 3.II
الفصل الثالث: الدراسة الزمنية والمكانية للزوابع الرملية والترابية		
50	الخصائص الجغرافية لمحطات الدراسة	الجدول 1.III
51	تسمية أنواع الزوابع الرملية والترابية وأهم خصائصها	الجدول 2.III
67	يبين تحليل وردة الرياح حالات الزوابع فقط لكل المحطات (2017-1996)	الجدول 3.III

## قائمة المختصرات

اللجنة الغير حكومية لخبراء الطقس	Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat	<b>GIEC</b>
نطاق التقارب بين المدارين	Zone Converge Inter-Tropicale	<b>Z.C.I.T</b>
مؤشر غبار الفرق بالأشعة تحت الحمراء	Infrared Différence Dust Index	<b>IDDI</b>
الطبقة الحدودية للسطح	Couche Limite de Surface	<b>CLS</b>
المنظمة العالمية للأرصاد الجوية	Organisation Météorologique Mondiale	<b>OMM</b>
مؤشر امتصاص الهباء الجوي	Absorbing Aerosol Index	<b>AAI</b>
مطياف خرائط الأوزون الكلي	Total Ozone Mapping Spectrometer	<b>TOMS</b>
الأشعة تحت الحمراء الحرارية	Infra-Rouge Thermique	<b>IRT</b>
الأشعة تحت الحمراء	Infra-Rouge	<b>IR</b>
برنامج مراقبة ومعالجة المعطيات المناخية	CLImate COMputing	<b>CLICOM</b>
الديوان الوطني للأرصاد الجوية	Office National de la Météorologique	<b>ONM</b>
قمر صناعي أوروبي (الجيل الأول)	/	<b>METEOSAT</b>
المركز الأوروبي للتنبؤات الطقسية المتوسطة المدى	European Centre for Medium-range Weather Forecasts	<b>ECMWF</b>

## قائمة الرموز

$Pa$	قوة الاحتكاك على السطح	$\vec{\tau}$
$Pa$	الثقل	$\vec{p}$
$N$	قوة التماسك بين الجزيئات	$\vec{l}_p$
$N$	القوى الشعرية	$\vec{F}_c$
$m$	قطر حبة الرمل	$D_p$
$N$	القوة الناتجة عن الحركة الميكانيكية للرياح	$\vec{F}_u$
$N$	القوة الناتجة	$\vec{F}r$
$m/s$	متوسط عتبة الرياح السطح المطلوبة لرفع الجزيئات	$\mu_z$
$m/s$	متوسط الرياح الأفقية (م/ث) على ارتفاع (z)	$u(z)$
$m/s$	سرعة الاحتكاك (م/ث) وعادة ماتعطي ب(سم/ث)	$u_*$
بدون وحدة	ثابت فون كارمان $k = 0.38$	$k$
$Pa$	معامل اللزوجة الحركية للهواء	$\mu_a$
$kg/m^3$	الكتلة الحجمية للهواء	$\rho_{air}$
$Pa$	خشونة السطح	$z_0$ و $Z$
$m/s$	عتبة سرعة الاحتكاك	$u_{*t}$
بدون وحدة	معامل تجريبي دون بعد	$A$
$kg/m^3$	الكتلة الحجمية للهواء	$\rho_{air}$
$kg/m^3$	الكتلة الحجمية للجسيمات	$\rho_p$
بدون وحدة	عدد رينولدز	$R_t$
$m^2/s$	اللزوجة الحركية للهواء	$\nu_{air}$
$w$	تدفق الحرارة المضطرب	$Q_0$
$m$	الطول الخاص ب (Monin-Obuhkov)	$L$
$s/m$	تسارع الجاذبية	$g$
بدون وحدة	معامل الاستقرار (Monin-Obukhov)	$Z$
$I$	الإشعاع الضوئي لمصدر ضوئي قبل اختراق وسط معين	$I_0(\lambda)$
$I$	قيمة الإشعاع بعد اختراق الوسط	$I(\lambda)$
$Pa$	الجزء الضائع عبر الوسط عن طريق الامتصاص والانتشار	$\tau(\lambda)$
بدون وحدة	الشعاع المسترجع على طول الموجة المقاسة	$I_{MEAS}$
بدون وحدة	الشعاع المسترجع على طول الموجة المحسوبة	$I_{CAL}$

## المقدمة العامة

تقع الصحاري على مستوى العالم في المنطقة المدارية مما أهلها أن تحظى بخصائص مناخية و جيومرفولوجية يمكن أن يكون لها تأثيرات مختلفة على المناخ حيث يتميز المناخ الصحراوي بندرة الأمطار و ارتفاع درجات و شدة الجفاف.

العواصف الرملية هي ظاهرة جوية التي تتسبب في انبعاث و تطاير الهباء والرمال إلى الغلاف الجوي، علاوة على كل هذه التفاعلات و من الناحية الاقتصادية تتسبب في مشاكل عدة من بينها الحد من الرؤية و هو ما يعيق النشاط الاقتصادي و ذلك بشل حركة النقل الجوي والبري ، أما من الناحية الاجتماعية تعمل العواصف على تلوث الغلاف الجوي الذي يؤدي إلى العديد من الأمراض الجلدية والتنفسية و حتى أمراض المرتبطة بالنظر

يتمثل الهدف الأساسي من الدراسة معرفة السلوك الزمني والمكاني لظاهرة الزوابع الرملية والترابية اعتمادنا في دراستنا للزوابع الرملية والترابية على معطيات المناخية (سرعة واتجاه الرياح والرؤية الأفقية) عبر سبع محطات الأرصاد الجوية والمتمثلة في : ورقلة، حاسي مسعود، غرداية، المنيعه، الوادي، إليزي وتقرت وهذا طوال فترة الدراسة الممتدة من 1996 إلى 2017.

قمنا بتقسيم عملنا إلى ثلاث فصول حيث تطرقنا في الفصل الأول إلى دراسة مناخية و جيومرفولوجية للصحراء الجزائرية و كذا أنواع و توزيع الصحارى و الكثبان الرملية ،أما في الفصل الثاني فقمنا بدراسة آلية الفيزيائية لحركة الرمال و التطرق إلى دورة الهباء الجوي و مصادره الأساسية و كذلك وصف أجهزة المستخدمة لقياس الجزيئات، وخصصنا الفصل الأخير في الدراسة الزمانية والمكانية للزوابع الترابية والرملية في الفترة الممتدة مابين 1996\_2017 من خلال 7 محطات (ورقلة، حاسي مسعود، تقرت،

المنيعه، غرداية، إليزي، الوادي). حيث قمنا برسم مختلف منحنيات و بيانات باستعمال برنامج (ORIGIN PRO 9.0) و تحليلها بواسطة برنامج (MCIDAS-V1.8) وأخير قمنا بعرض النتائج المتوصل إليها و الآفاق التي توفرها.

الفصل الأول :

دراسة مناخية وجيومرفولوجية للصحراء

الجزائرية

## الفصل الأول دراسة مناخية وجيومورفولوجية للصحراء الجزائرية

### 1.1. مقدمة :

تتجلى الصحاري في أشكال تضاريسية عديدة هي نتاج الأعمال الجيومورفولوجية المتعاقبة عبر عشرات الآلاف من السنين، مبرزة في ذلك تناقضات متباينة، فتارة نجدها قاسية شديدة الوعورة من جبال ووديان وتلال، وتارة أخرى نجدها رتيبة وهادئة، مشكلة من مظاهر التراكم والترسيب، كالعرق الشرقي والغربي الكبيرين، وكذا مظاهر الشطوط والسبخات. بيد أن هذه التناقضات الطبوغرافية، تتفق جميعها في تطرف مظهرها وشدة وطأتها، ويتبين ذلك بوضوح في وجود عجز في الحصيلة المائية، وكذا التوازن المائي الخاص بالنبات، إذ أن الأمطار المتساقطة، تقل بكثير عن المياه المفقودة عن طريق تبخر النتح، بسبب ارتفاع درجة الحرارة وتردد الرياح، ولا سيما هذه المناطق تتميز بضغطها الجوي المنخفض، الذي يحفز بدوره حركة الرياح وتجاهها، هذا بالإضافة إلى ضعف الرطوبة النسبية ولا سيما في الفصول الجافة [1].

كما أن الصحراء أكبر مناطق العالم، حيث تقع أكبر الصحاري في إفريقيا في جزئها الشمالي بمساحة قدرها 9065000 كم ابتداء من المحيط الأطلسي في الغرب إلى البحر الأحمر في الشرق بطول 4830 كم وبين البحر الأبيض المتوسط من الشمال وجبال الأطلس إلى وادي نهر النيجر والسودان من الجنوب بعرض 1930 كم، وتتميز الصحراء عادة بالظروف المناخية القاسية من قلة الأمطار (من 100 إلى 200 مم في السنة) في كثير من الأحيان، وانخفاض جدا في الرطوبة بحيث قلما تصل إلى 30% في المنطقة مع ارتفاع درجة الحرارة التي في بعض الأحيان تتجاوز 50 درجة مئوية مع وجود تباين يومي يصل إلى 30 درجة مئوية، كما تكون الرياح جافة في بعض الأحيان وترفع من الغبار، مع شبه انعدام للغطاء النباتي .



ترسم الصحراء مناظر طبيعية متباينة إلى جانب مساحة شاسعة من الكثبان الرملية بالإضافة إلى مناطق تتكون من كتل حجرية والهضاب المرتفعة والجبال الشاهقة جدا التي تتميز بانخفاضات ملحوظة يقع بعضها أحيانا تحت مستوى البحر.

السمة الرئيسية للمناخ الصحراوي يتميز بمناخ شبه استوائي جاف في الشمال ومناخ استوائي جاف في الجنوب، يتحدد المناخ في الجزء الشمالي من الصحراء بديناميكية دورة هيدلي الجوية، وتتفاعل عدة عوامل جغرافية مع الظروف المناخية المدارية مثل قرب المحيط الأطلسي والبحر الأبيض المتوسط مع وجود الصحراء التي لها تضاريس مميزة (أطلس، تبستي، الهقار.....الخ) حيث يعاني هذا الجزء من العالم من الظروف المناخية القاسية مثل الجفاف، أو الفيضانات التي تسبب مشاكل اجتماعية واقتصادية خطيرة.[2]

### 2.I. تعريف الصحراء :

الصحراء هي أرض فضاء واسعة قليلة الماء ونبات وتقل فيها الحياة، تغطي معظمها الكثبان الرملية [3]



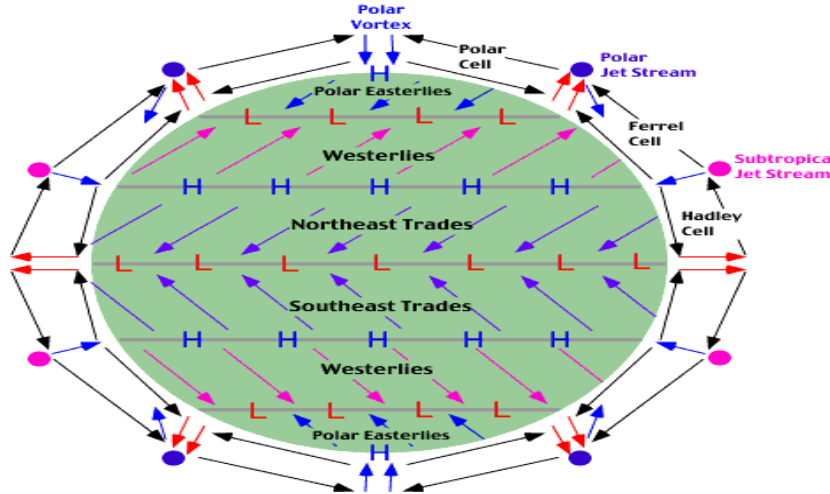
الشكل 1.I: فضاء صحراوي بورقلة [4]

### 3.I. الحركة العامة للرياح :

الرياح هي حركة الهواء الأفقية سواء قرب سطح الأرض أو في طبقات الجو العليا، وللرياح دور كبير في حياة الإنسان، فهي تؤثر عليه بشكل مباشر وغير مباشر من خلال تأثيرها على البيئة المحيطة به. ويعتمد تأثير الرياح على الإنسان في ثلاثة عناصر أساسية هي: سرعة الرياح، واتجاهها، وما تجلبه الرياح من مؤثرات طقسية أخرى مثل السحب والرطوبة والحرارة وغيرها. والرياح في سرعتها ليست ثابتة

فهي أحيانا تكون هادئة، وأحيانا أخرى متوسطة، وقد تصل إلى حد العاصفة، بل قد تزيد عن هذا الحد وتصل إلى حالة الأعاصير، كما أن لكل سرعة من سرعات الرياح السابقة أثر معين على الإنسان

وبيئته [5]



الشكل 2.I : لحركة الهوائية العامة [6]

### 1.3.I. السبب الرئيسي في تكوين الدورة العامة للرياح :

السبب الرئيسي في تكوين الدورة العامة للرياح هي طاقة الأشعة الشمسية المكتسبة للأرض، ومن ثم اختلاف درجة حرارة الهواء على سطح الأرض مما يسبب اختلافا في الضغط الجوي ، واختلاف الضغط الجوي يسبب حركة الهواء (الرياح).

إن تأثير حركة الأرض هو وجود قوة الانحراف والتي تؤثر على اتجاه حركة الهواء حيث ينحرف الهواء لجهة اليمين في نصف الكرة الشمالي وينحرف الهواء إلى اليسار في نصف الكرة الجنوبي ويتم ملاحظة الآتي :

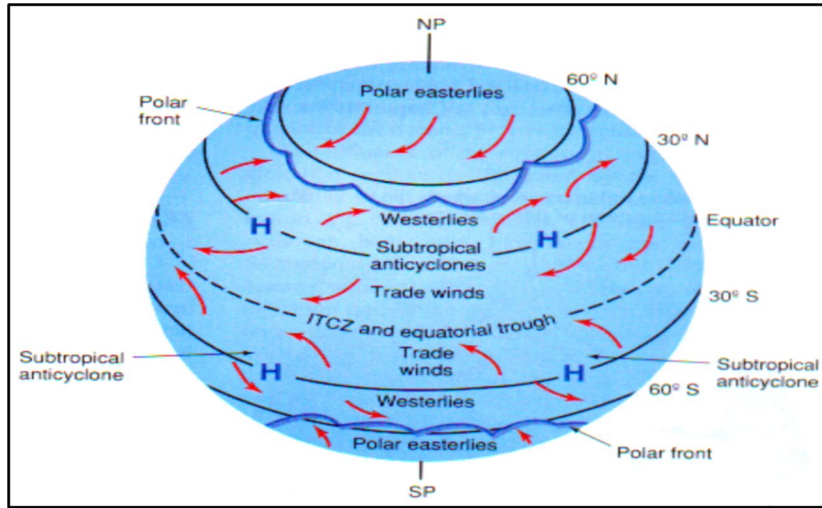
✓ وجود منخفض جوي في المناطق التالية: المنطقة الإستوائية دائرة عرض 60° شمالا ودائرة عرض 60° جنوبا.

✓ وجود مرتفع جوي في المناطق التالية: دائرة عرض 30° شمالا دائرة عرض 30° جنوبا القطبين

الجنوبي والشمالي. [7]

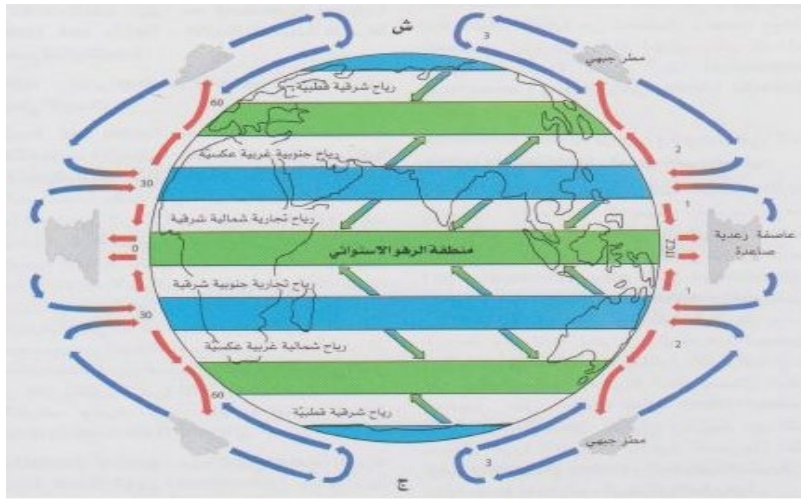
## 2.3.I. الدورة العامة للرياح :

تهب الرياح حول توزيعات الضغط الجوي المختلفة حسب قانون بايزياليو قاطعة خطوط تساوي الضغط بزواوية صغيرة من المرتفع الجوي إلى المنخفض الجوي، ونتيجة لذلك تتكون خلايا أساسية للهواء في كلاً من نصف الكرة الشمالي ونصف الكرة الجنوبي، وهذه الخلايا موضحة في الشكل 3.1. وبصفة عامة يمكن التفريق بين مناطق عدم استقرار عند نطاق دائرة الاستواء وعند دائرة عرض 60° شمالاً وعند دائرة عرض 60° جنوباً ومناطق استقرار عند القطب الشمالي والقطب الجنوبي وعند دائرة عرض 30° شمالاً وعند دائرة عرض 30° جنوباً.



الشكل 3.I: الدورة الهوائية العامة [8]

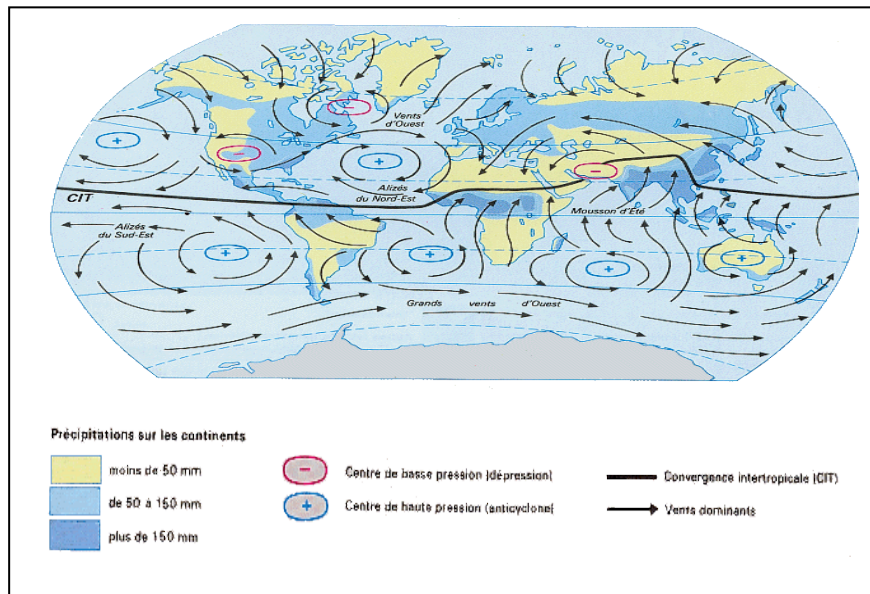
يصعد الهواء الساخن عند خط الاستواء عند التقارب المداري (Z.C.I.T)، متسببا في ظهور منطقة الضغط المنخفض. ويبرد الهواء ويهبط مشكلا خلايا هيدلي (1) . تدفع خلايا هيدلي خلايا فيرال (2) والخلايا القطبية (3) التي تتأثر أيضا بالاختلافات في درجة الحرارة بين الأماكن الأقرب إلى القطبين والأبعد ، كما أن لدورة الهواء تأثير رئيسي على هطول الأمطار.



الشكل 4.I: خلايا الدورة الهوائية العامة [9]

## 4.I. نقل خلايا هادلي :

في أشهر جوان وجويلية وأوت وبسبب دوران الأرض في النصف الكرة الشمالي تقع المنطقة التي تستقبل أكبر قدر من الإشعاع الشمسي بالقرب من خط العرض  $10^\circ$  شمالاً، لذلك فإن نصف الكرة الجنوبي هو الأكثر نقصاً في الطاقة، كما تعد خلية هيدلي الجنوبية هي الأكثر كثافة نتيجة لتحرك (Z.C.I.T) باتجاه الشمال (الشكل 5.I) حيث تجلب الأمطار في منطقة الساحل (جنوب الصحراء)، بينما تتحرك ارتفاعات خطوط العرض المعتدلة باتجاه شمال [7].

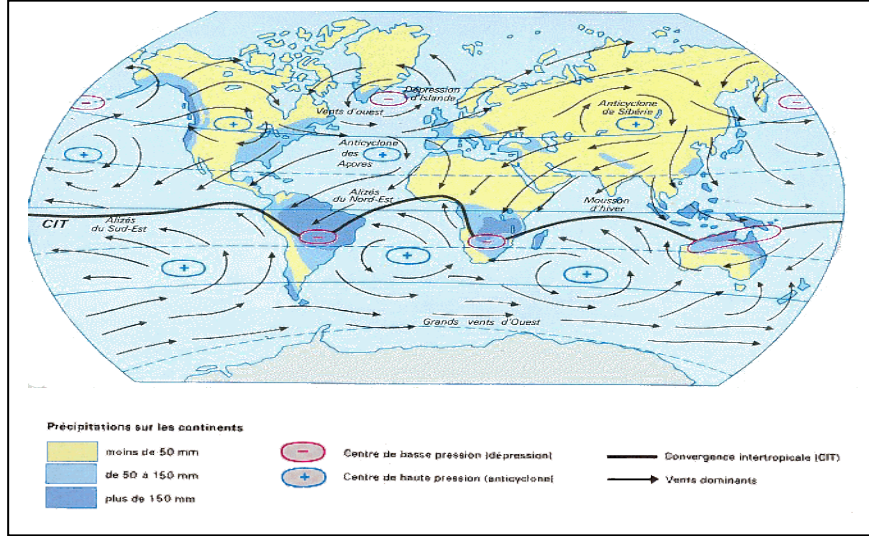


الشكل 5.I: الدورة الهوائية العامة في فصل الصيف [10]

في ديسمبر، جانفي وفيفري، تعتبر خلية هيدلي هي الأكبر في نصف الكرة الشمالي، في بعض الأحيان يصل الغطاء السحابي على شمال إفريقيا ومصر، كما أن حركة (Z.C.I.T) تتجه نحو الجنوب

(الشكل 6.I)، يبدأ موسم الجفاف في الساحل وتسقط الأمطار في الصحراء كصحراء كالا هاري (بوتسوانا)، في حين أن هطول الأمطار المتعلقة بالجهة القطبية مسؤولة عن الموسم الرطب شمال

الصحراء. [7]



الشكل 6.I: الدورة الهوائية العامة في فصل الشتاء [10]

### 5.I. العوامل المؤدية لتكون الصحراء :

وقوع المنطقة ضمن نطاق الرياح ذات الرطوبة القليلة وتواجد سلاسل جبلية تعترض مسار الرياح الحاملة للأمطار وعدم تواجد التضاريس الكافية المسببة للأمطار. إن فعل التعرية الكيميائية في الصحاري قليل بسبب شح المياه وينتج عن هذا أن تضاريس الصحراء تكون زاوية (حافة حادة). وشح المياه ليست بسبب شح الأمطار فقط بل بسبب سرعة التبخر، فتصبح التخوية الميكانيكية هي السائدة ويعتبر الهواء من أهم عوامل التجوية والتعرية وتؤدي عمل التعرية الصحراوية إلى تحويل المرتفعات والمنخفضات إلى سهل صحراوي. [11]

### 6.I. أنواع الصحارى والخصائص المميزة لها :

تقسم الصحاري على أساس المناخ والموقع الجغرافي بالنسبة للمساحات المائية، ويكون التقسيم

على النحو التالي :

**1.6.I. التقسيم على أساس المناخ :**

✓ الصحاري الباردة: ويتسم فصل الشتاء فيها بالبرودة الشديدة، حتى انه تنخفض درجات الحرارة في وسط فصل الشتاء إلى ما دون درجة التجمد ومن أهمها:

الحوض العظيم بالولايات المتحدة الأمريكية ، صحراء بتاجونيا الأرجنتين ، الصحاري الداخلية بآسيا.  
 ✓ الصحاري الحارة:هي التي لا تضمن فصولها السنوية أي موسم بارد حقيقي، ومن أهمها:  
 الصحراء الكبرى ، الأفريقية ، كلاهاري، شبه جزيرة العرب، اتكاما، الصحراء الأسترالية الكبرى .

**2.6.I. التقسيم على أساس الموقع الجغرافي :**

✓ الصحاري القارية : هي التي توجد داخل القارات بعيدة عن السواحل.  
 ✓ الصحاري الساحلية : هي التي تطل على سواحل البحار والمحيطات [12].

**7.I. الخصائص الفيزيائية للمنطقة الصحراوية :**

يعترف Lelubre (1952) بأنه إذا كان هناك منطقة من العالم حيث التضاريس بها واضحة ومرئية فهي الصحراء وخاصة إذا كانت العمليات المورفولوجية (الرياح، الأمطار... الخ) تعمل بشكل كبير في هذه المنطقة فانه ينتج عنها أشكال مميزة لهذه المنطقة [7].  
 التكوينات الجيومرفولوجية الرئيسية لمنطقة الدراسة هي :

**1.7.I. الصحاري الصخرية :**

تعرف عادة باسم صحارى الحمادة وتتألف هذه الصحارى من سطوح صخرية تنكشف فيها الصخور الأصلية عادة مع وجود بعض البقع التي تغطيها الحصى والرمال.  
 وتوصف صحاري الحمادة بأنها هضاب صخرية تحصر بينها أحواض رملية تسمى بأحواض العرق ، تنشأ من جراء فعل تعرية الرياح؛ حيث تقوم بتعرية ونحت الصخور التي تواجهها وتنقل الحطام الصخري المفكك من مكان إلى آخر [13].





الشكل 7.I: توضح صحراء صخرية [13]

### 2.7.I. الصحاري الحجرية:

تعرف عادة بصحاري الرق في الجزائر والسرير في ليبيا وجمهورية مصر العربية، تغطي سطوحها الحجارة المحطمة والحصى المتنوع، غالباً سهول الرق سهول واسعة منبسطة لمسافات كبيرة، تنتشر فوقها الرواسب من الأحجار والحصى، أما الرمال فأزيلت منها بفعل الرياح.



الشكل 8.I: صحراء حجرية [13]

### 3.7.I. الصحاري الرملية :

الصحاري الرملية وتعرف عادة بصحاري العرق إذاً هي منطقة صحراوية تتكون من كثبان رملية ومن أهمها: العرق الغربي الكبير (بحر الرمال الغربي) وهو منطقة صحراوية تقع في الجنوب الغربي للجزائر تمتد على مساحة 80,000 كم<sup>2</sup> وتتكون من كثبان رملية تصل حتى 300م طولاً.



الشكل 9.I: توضح صحراء رملية [13]

#### 4.7.I. التلال المنفردة :

هي تلال قبابية أو مدببة الذروة وذات سفوح شديدة الانحدار، تتكون هذه التلال نتيجة إزالة الجزء الأكبر من السطح الصخري بفعل النحت الهوائي، إذاً فهي تنشأ من جراء فعل تعرية الرياح؛ حيث تقوم بتعرية ونحت الصخور اللينة والضعيفة التي تواجهها وتنقل الحطام الصخري المفكك من مكان إلى آخر وتترك الصخر الصلب، ويطلق عليها أحيانا (القور).



الشكل 10.I: التلال المنفردة [13]

#### 5.7.I. رواسب لويس :

اللويس كلمة ألمانية تطلق على تجمع الرواسب دقيقة الذرات التي قامت بنقلها الرياح، وتنتقل تلك الترسبات عبر مسافات طويلة بوساطة الرياح القوية وثابتة السرعة من مناطق جافة أو شبه جافة نحو



أقاليم أكثر رطوبة، حيث تقوم الأمطار بإنزالها من الغلاف الجوي ثم تتراكم وتستقر في تلك الأقاليم.



الشكل I.11: رواسب لويس [13]

### 6.7.1. الكثبان الرملية :

#### 1.6.7.1. تعريف الكثبان الرملية :

اصطلاحا يطلق على التلال الرملية التي تراكمت في الصحاري أو على سواحل البحار أو حيث

توجد سطوح رملية جافة لفترة من الزمن. [14]

والكثبان جمع كتيب وهو عبارة عن تجمع من الرمال السائب على سطح الأرض في شكل كومة ذات

قمة. [15]

كما عرف العالم لونكيل الكثبان الرملية على أنها عصف الرياح بالحطام الصخري الذي يكون رملا ليجمع

بعد ذلك ويكون هضاب صغيرة دائرية أو ذات شكل طوي أو غير منتظمة، وعرفها جون وبلي على أنها

تل أو تراكم في الرمل المتكون بفعل الرياح التي تكون إما نشطة (متحركة) وعندما تكون الكثبان مكشوفة

أو خالية في النباتات، وقد تكون غير نشطة (الثابتة) عند وجود النباتات التي تمنع جذورها من انتقال

الكثبان الرملية، بينما عرفها العالم هولم على أنها تتكون من حبيبات الرمل القادمة وهي ظاهرة

طبوغرافية ذات منشأ هوائي من مصدر طبيعي في أي بيئة تتوفر فيها الرمال هي حرة التنقل. [16]

تتجمع الرواسب الرملية بشكل تلال متباينة في أحجامها وامتداداتها وأشكالها. يطلق على مثل هذا

النوع من الرواسب اسم الكثبان. وتتحرك هذه الكثبان عادة بصورة بطيئة مع الاتجاه الذي تهب إليه الرياح،

وتختلف الكثبان كثيراً في أحجامها من أمتار قليلة في الارتفاع وعدة أمتار في الامتداد إلى أن يزيد ارتفاع البعض منها أكثر من 200 متراً ويزيد ارتفاع قواعدها عن 900 متراً. ويتراوح ارتفاع معظم الكثبان الرملية في حدود 30 متراً.

وتنشأ الكثبان الرملية أيضاً على طول مجاري الأنهار التي تجري فوق وديان عريضة في مناطق جافة أو شبه جافة حيث تقوم الرياح بنقل المواد الرملية وترسيبها بشكل كثبان رملية.



الشكل 12.I: الكثبان الرملية [13]

#### 2.6.7.I. أنواع الكثبان الرملية :

✓ الكثبان الهلالية:

تعرف أيضاً بالبرخانات؛ هي أحد أنماط الكثبان الرملية؛ لها شكل هلال؛ يتراوح ارتفاعها ما بين 5-10م)؛ وقد تعلو إلى 35م) أحياناً؛ ويكشف الاتجاه الدرامي لهذا النوع إلى اتجاه الرياح السائد في منطقة ما، يصنف هذا النوع بأنه الأكثر خطورة؛ نظراً لما يتركه من آثار مدمرة على البيئة والزراعة ، ومما يزيد من خطورتها صعوبة تثبيتها بمختلف الوسائل الحيوية السائدة الاستخدام. [17]

✓ الكثبان القوسية :

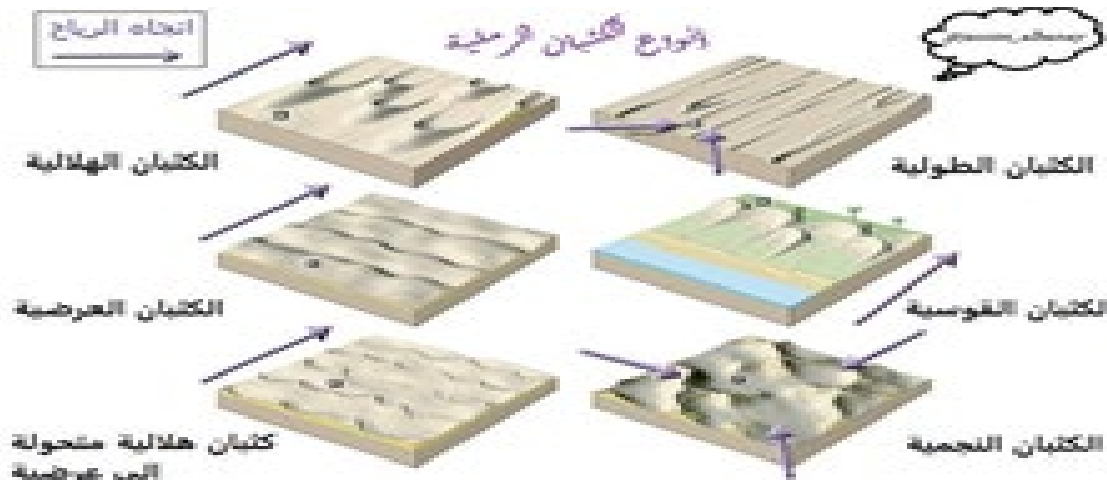
لها شكل هلال متطاوّل؛ أو بشكل أدقّ تشبه حافر الفرس؛ يكشف اتجاه القوس أو الحافر إلى اتجاه الرياح المنتشرة في المنطقة.

✓ الكثبان السيفية :

تعرف بالكثبان الطولية أو العروق؛ وهي نمط له شكل طاواني؛ ينفرد بالارتفاع الشاهق الذي يصل إليه؛ حيث يرتفع إلى 250 م تقريباً.

✓ **الكثبان الهرمية :**

يرتفع هذا النوع إلى عشرات الأمتار؛ وتتأثر بالرياح النشطة بغض النظر عن اتجاهها؛ وتصنف بأنها من أقل الأنواع خطورة على البيئة. [18]



الشكل 13.I: أنواع الكثبان الرملية [19]

### 7.7.I. الواحات :

الواحة هي منطقة خصبة ذات نبات حي في الصحراء، حيث تكون المياه الجوفية على مسافة قريبة بشكل كافٍ من السطح يتيح ظهور الينابيع، تسقط المياه التي تظهر في الواحة مطرا أو بردا في الجبال أو التلال البعيدة. وبعد أن تمتص في الأرض، تنتشع الأرض ببطء خلال الصخور الموجودة تحت الأرض نحو الأماكن المنخفضة في الصحراء. ثم تظهر عند السطح لتشكل ينابيع أو تكون قريبة من سطح الأرض بحيث يمكن الوصول إليها عن طريق حفر الآبار

تسمى المناطق التي تنمو بها النباتات على طول المجاري المائية الدائمة التي تخترق الصحراء أحيانا بالواحات. وتكون التربة في الأقاليم الصحراوية خصبة، غير أنها تفتقر إلى الرطوبة التي تنمي النبات، لذا تصلح أراضي معظم الواحات للزراعة، وتشكل بيئات صالحة للاستقرار لوجود الماء بها.



الشكل I.14: واحة صحراوية [20]

### I.7.8. الشطوط والسبخات :

تكون هذه التضاريس على شكل منخفضات معلقة ذات حدود متناقصة حسب الامتداد والتقلص (وفرة الماء) وتتحصر أساسا في المناطق القاحلة. ميزتها الأساسية هي الملوحة المرتفعة للمياه وللترية والتي كانت تستعمل في إنتاج الملح خلال العصر الوسيط والحديث. كما تعرف هذه المجالات وخاصة الشطوط نمو نباتات الفلحية (تألف الملوحة) بينما تبقى السبخات ذات الملوحة المرتفعة دون غطاء نباتي، وتتكون هذه الأشكال التضاريسية إما بتجفيف بعض البحيرات أو بتجميع المياه السديمية أو مياه الأمطار، ويبقى الشط جريد من أكبر المنخفضات في المجال الصحراوي بشمال إفريقيا، وشط ملغيغ في وادي سوف بالجنوب الجزائري.



الشكل I.15: إحدى السبخات صحراوية [21]

**9.7.I. الأودية :**

للأودية الصحراوية خاصية تضاريسية ومائية مميزة لها، فهذه المجاري المائية تتميز بكونها مؤقتة وغالبا جافة مع فترات فيض استثنائية وعنيفة، هذه المجاري تعمل على تقطيع الحمادات والرقوق. وتتكون غالبا هذه الأودية من شبكة مسيلات تتشعب بالكتل الجبلية بينما في الجزء الأوسط تكون حوض تجميع تبقى حدوده غير محدودة وتنتهي هذه الأودية بعدة أذرع مائية مكونة بذلك مخروط من الإرسابات لتضيق في الرمال أو تنتهي في ضايات وقلتات [11].



الشكل 16.I: إحدى الأودية الصحراوية [22]

**8.I. الخصائص المناخية للصحاري :**

الصحراء قاحلة، حيث تتضافر عدة عوامل في تحديد طبيعة هذا المناخ، فمنها ما هو مرتبط بالتساقطات، ومنها ما يتم تفسيره بالحرارة، أو الرياح أو بالتبخر. وتبقى عدة عوامل مفسرة لهذه الخصوصية المناخية منها ما هو مرتبط بموقع هذا المجال بالنسبة لخطوط العرض، أو بالنسبة لتوزيع الضغوط الجوية.... الخ....[11].

**1.8.I. التساقط :**

تعتبر قلة تساقط الأمطار السمة الغالبة للمجالات الصحراوية عموما فغالبا ما تكون الأمطار استثنائية ومتركة في الزمان والمكان. هذه التساقطات تتدرج من الشمال إلى الجنوب في اتجاه الوسط كما تتدرج من الغرب قرب المحيط باتجاه الشرق حيث تزداد القحولة، وتعرف هذه الأمطار ارتفاعا طفيفا في

المناطق المرتفعة خاصة بسلسلة الهقار وتسبستي وبحواشي المنطقة الصحراوية حيث ترتفع نسبة التساقطات الصيفية ارتباطا بتأثيرات المناخ المداري.

بالحاشية الغربية، تكون المؤثرات المحيطية مهمة وتعمل على تخفيف درجات الحرارة نظرا لقوة التيار البحري البارد للكناري. إما الهوامش الصحراوية الشمالية فيكون نظام التساقطات شتويا نظرا لوصول التأثيرات المناخية المتوسطة بالرغم من ضعفها. بينما يسود بالهوامش الصحراوية الجنوبية نظام مناخي صيفي متغاير مرتبط بالجبهة البيدمارية التي تتجه شمالا عند ازدياد قوة الضغط المدارية. عموما، يبقى المجال الصحراوي بين هذين النطاقين متسما بنظام مناخي جد قاحل وبسيادة الرياح المدارية الحارة والجافة. [11]

### 2.8.I. الحرارة :

يعرف المجال الصحراوي لشمال إفريقيا بارتفاع درجات الحرارة، ويبلغ معدل الحرارة القصوى ما بين 40 و 46 حسب المحيطات، وتسجيل كحد أقصى 56 درجة مئوية بعين صالح و 59 درجة بتندوف، غير أن هذا المجال يعرف تفاوت ما بين المنطقة الغربية والجنوبية والتي هي أقل حرارة من المنطقة الوسطى، وتبقى هذه الأخيرة أكثر حرارة خاصة خلال فصل الصيف والذي يمتد من شهر جوان إلى شهر أوت. فالحرارة تصل مثلا في بيلما بصحراء تينيري إلى 43°، و 43° بتمنراست. أما في فصل الشتاء، فالتجمد يعتبر ظاهرة طبيعية تهم عموما هذه المجالات. وتصل الحرارة خلال هذا الفصل إلى 10°- بتبستي، 7°- بتمنراست و 6°- ببشار ويني عباس.

وتظهر هذا التفاوت الحراري أهمية الفوارق الحرارية التي تميز بها المجالات الصحراوية، والتي تتجاوز أحيانا 55° كفارق بين الحرارة القصوى صيفا والحرارة الدنيا شتاء.

وتبقى هذه الخصوصية متلازمة مع عناصر مناخية أخرى ترتبط أساسا بالرياح، ضعف رطوبة الجو وبطول فترة الشمس التي تعرف تغيرات حسب المناطق، فهي تصل بالداخل جنوب المغرب إلى 3130



ساعة سنويا وترتفع إلى 3686 ساعة سنويا بتمنراست بالهقار لتصل إلى 3723 ساعة تشميس كما هو الحال بالكفرة بالصحراء الليبية. [11]

### 3.8.I. الرياح :

تكتسي الرياح بالمجال الصحراوي خصوصية هامة ذلك أن الصحراء، وبحكم موقعها على خطوط العرض، تتعرض لتيارات هوائية دائمة ذات اتجاه شمال-شرق إلى جنوب-غرب. غير أن هذا الاتجاه العام والذي تحكمه مراكز الضغوط الجوية، يعرف محليا بعض التغيرات بالصحراء الوسطي يكون اتجاه الرياح جنوب-جنوب غربي، وفي جنوب الصحراء، يكون اتجاهه من الشرق، في حين أن اتجاه الرياح عند الواجهة الغربية يكون شرق-غرب متأثرا بالتيارات البحرية الباردة.

كما تتميز حدة الرياح بقوتها وسرعة جريانها إضافة إلى كونها تقطع مسافات طويلة جدا ولا تخفف من سرعتها إلا عند وجود حواجز طبيعية (جبال الأطلس مثلا) كما أنها تكون أحيانا محملة بالغبار أو بالرمال ولا تضع حمولتها إلا عند هطول المطر. [11]

كما أن للرياح مصطلحات أهمها:

- ✓ الشهيلى : وهي رياح تهب صيفا ومن جهة الجنوب.
- ✓ البحري : وهي رياح تهب خريفا من جهة الشرق والغرب.
- ✓ الصحراوي : وهي رياح تهب ربيعا باتجاه الشمال الغربي.
- ✓ القبلي : وهي رياح تهب من جهة الشرق.
- ✓ الغربي : وهي رياح تهب من جهة الجنوب. [1]

### 4.8.I. الرطوبة :

بالنظر إلى الموقع بالنسبة لخطوط العرض، والضغط الجوية وكذا العناصر المناخية المرتبطة أساسا بالحرارة والرياح، فإن رطوبة الجو النسبية في المجال الصحراوي تبقى ضعيفة جدا وتتراوح ما بين 4 % و 20 % خصوصا بالمنطقة المركزية للصحراء، أما شمالا فان هذه النسبة ترتفع لتصل 20 % أو

30% صيفا ومن 50% إلى 60% شتاء، إلا إن هذا المتوسط يصل إلى أقصاه بالصحراء الساحلية.

غير إن هذا المتوسط يبقى خاضعا لتباينات يومية بحيث يرتفع إلى أقصاه عند شروق الشمس

(43% بتينيري) وينخفض ليصل أدنى مستوى له عند الثالثة زوالا (20%). ويبقى عنصر الرطوبة

مرتبطا إلى حد كبير بالتبخر الذي يتضخم متوسطه خلال فصل الصيف مع ارتفاع الحرارة وازدياد سرعة

الرياح الحارة والجافة. [11].



الفصل الثاني :

الآلية الفيزيائية لحركة الرمال

## الفصل الثاني: الآلية الفيزيائية لحركة الرمال

### 1.II. مقدمة :

يعد المناخ من العوامل الطبيعية المؤثرة بشكل كبير ومباشر على سطح الأرض، إذ تمثل ظاهرتا الحث الريحي والحث المطري انعكاسا لمدى نشاط عناصر المناخ لما لهما تأثير سلبي ولا سيما في المناطق التي تقع في المناطق الصحراوية التي تتميز بمناخ جاف وشبه جاف، إذ تنقل الرياح الدقائق الناعمة والمواد العضوية مما يؤدي إلى تناقص سمك التربة ويقلل من تماسكها.

إن تعرض التربة لنشاطات الحث الريحي بشكل مستمر سيرافقه تغيرات في خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية فضلا عن الآثار السلبية الأخرى المتمثلة في منطقة الدراسة، فإن سعة المساحة التي تشغلها الكثبان الرملية تأخذ بالزيادات متفاوتة نتيجة اتساع المساحات الصحراوية وكذا حركة الكثبان المستمرة، لذا تبرز أهميتها في تحديدها ورسم أشكالها وأماكن تواجدها فضلا عن معرفة العمليات الجيومورفولوجية التي ساعدت في تكوينها وانتشارها ودراسة بنيتها وطبيعتها مكوناتها الرسوبية، وتعتمد الرياح في تشكيل تلك الظواهر على أربعة عمليات هي النحت (البري)، الصقل بطريقة الاحتكاك، النقل والإرساب، وكل عملية من هذه العمليات تختلف في عملها عن الأخرى لكن تؤدي أدوارها في وقت واحد، بمعنى أن الرياح تقوم بعمليتين هما النحت والهدم والثاني هو الإرساء والبناء، إما حالة ترسيب الرمال في المنطقة فتقتصر على انخفاض أو هدوء سرعة الرياح أو عندما يعترض طريقها عائق مهما كان حجمه مثل الغطاء النباتي أو تلال صغيرة تجبر الرياح على ترسيب حمولتها.

### 2.II. تعريف الهباء الجوي :

هو عبارة عن جسيمات صلبة أو سائلة ممثلة في جزيئات الغبار والرمل والدخان والرماد والمواد العضوية والأملاح المعدنية العالقة في الهواء. [23]

كما يحتوي الهباء في الغلاف الجوي على كميات ضخمة من ذرات الغبار الدقيقة جدا والتي تسمى ضباب أو ذريبات مادية (particules matter) مكونة من مواد صلبة غير غازية عضوية واللاعضوية

ومن العناصر المعدنية ومن قطرات وتخثرات حمضية وهيدروكربونية ودخان من مختلف الأصناف والأحجام تقل أقطارها عن 100 مايكرو متر ويقدر تركيزها في الغلاف الجوي فوق اليابسة بحوالي 10 آلاف جسيمة في سم<sup>3</sup>، تختلف تركيزات من عدد أو كتلة اعتمادا على المسافة من المصدر [24].



الشكل 1.11: أهباء جوية غبارية. [25]

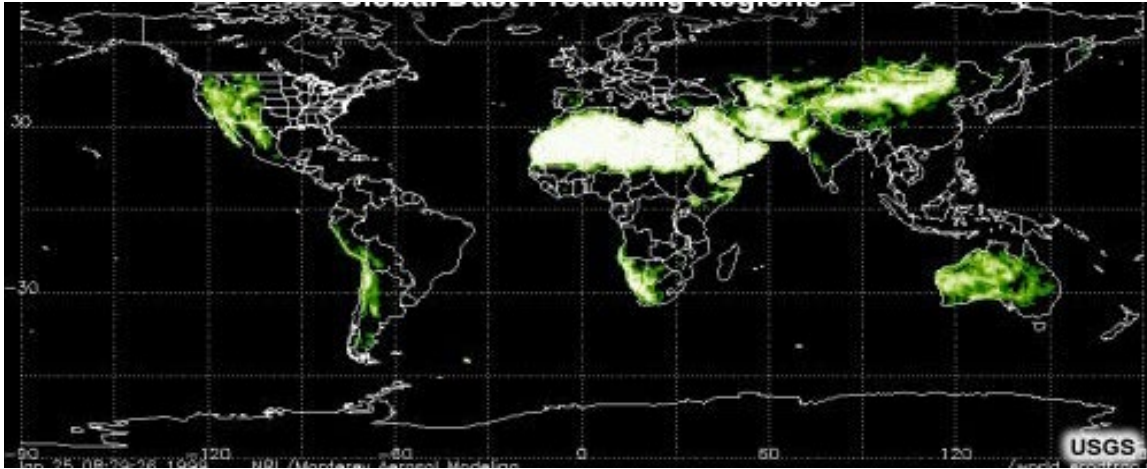
### 3.11. مصادر الهباء الجوي :

تقع المناطق المنتجة التي تعد مصادر محتملة للرمال والغبار في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، هذه هي المناطق الصحراوية والسهول حيث يبلغ معدل هطول الأمطار السنوي أقل من 200 مم ، كما تقع المناطق القاحلة وشبه القاحلة الرئيسية في:

- ✓ شمال أفريقيا
- ✓ جنوب غرب أفريقيا
- ✓ آسيا
- ✓ شبه الجزيرة العربية
- ✓ استراليا

✓ غرب أمريكا الشمالية

✓ جنوب غرب أمريكا الجنوبية. [26]

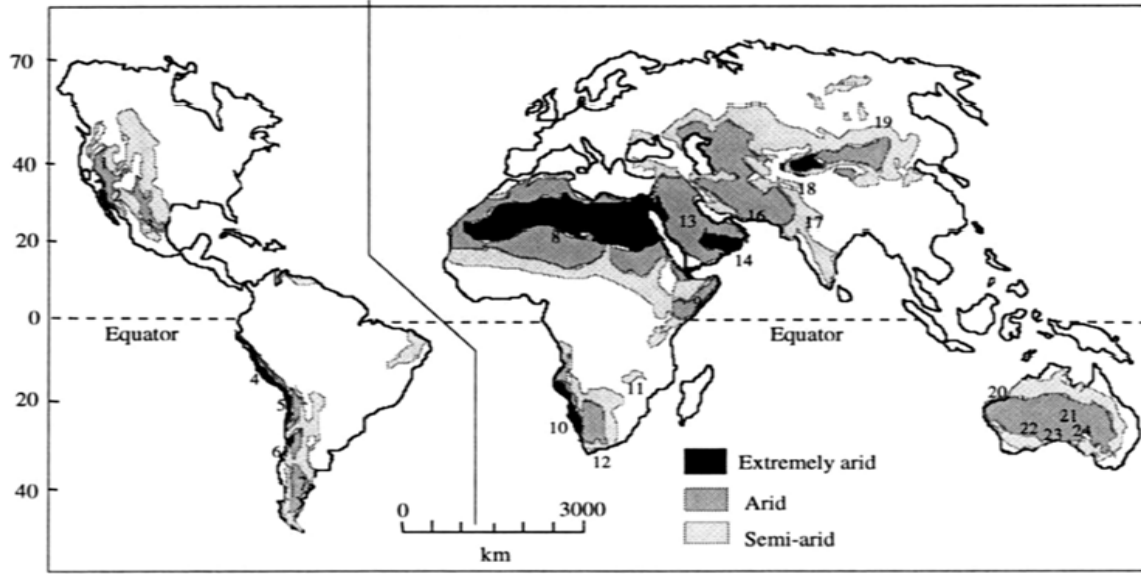


الشكل II 2: أهم مصادر الهباء الجوي. [26]

### 1.3.II. مصادر على مستوى عالمي :

يأتي الهباء الجوي من المناطق القاحلة وشبه القاحلة في العالم، والتي يعتبر سطحها الأقل حماية من تآكل الرياح، مع عدم وجود غطاء نباتي تقريباً ورطوبة التربة، ومن هنا جاء الاسم البديل للهباء الجوي الصحراوي [27]. يقابل الجفاف حالة نقص الموارد المائية الدائمة في الهواء وفي التربة ويعرف بتوازن المياه في التربة ويعتمد على العوامل المناخية ونوع التربة [28]. بشكل عام، يتم تحديد المناطق شبه القاحلة والقاحلة وفقاً لكمية الأمطار التي تتلقاها، وبالتالي تتميز المناطق القاحلة أو الصحراوية بمعدل هطول الأمطار السنوي أقل من 200 ملم.

تقع المناطق القاحلة وشبه القاحلة عموماً على جانبي خط الاستواء. وبالتالي، فإن غالبية هذه المناطق تقع في شمال وغرب أفريقيا، كما يوجد مناطق أخرى في آسيا الوسطى والجزيرة العربية وأستراليا وأجزاء من غرب الولايات المتحدة وأمريكا الجنوبية، حيث يظهر الشكل II 3. أهم المناطق الصحراوية والتي قد تكون مصدر هام للهباء الجوي.

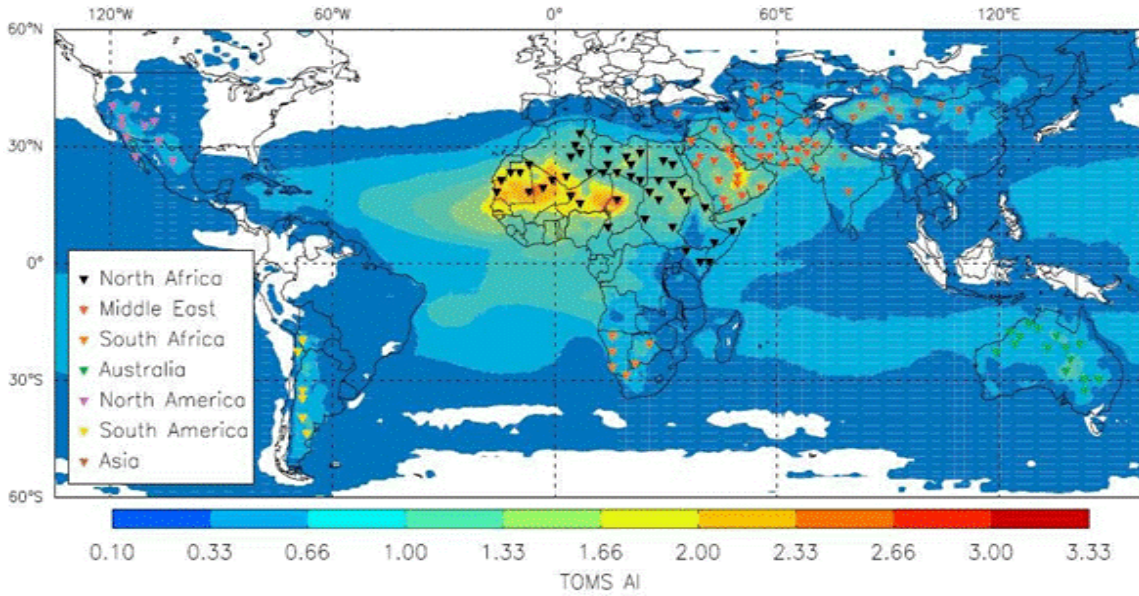


الشكل II. 3: أهم مناطق الصحراوية. [29]

❖ تمثل الأرقام الموضحة في الشكل II. 3 مايلي :

- 1- حوض العظيم، 2-سونورا، 3-الشيواوية، 4-بيرو 5- أتاكاما 6- مونتي 7- باتاغونيا 8- الصحراء الكبرى 9- الصومالية-شيلي 10- ناميب 11- كلاهاري 12- كارو 13- العربية 14- الربع الخالي 15- تركستان 16- إيران 17- ثار 18- تكلمكان 19- جوبي 20- صحراء الرمل الكبرى 21- سيمبسون 22- جيبسون 23 - صحراء فكتوريا الكبرى 24- ستورت ستوني.

بالإضافة إلى ذلك، أظهرت المراقبة الفضائية الشكل II.4 إلى أن معظم انبعاث الهباء الجوي من المناطق الصحراوية الكبيرة لا تحدث بصورة متجانسة داخل هذه المناطق، بل هي من مناطق شديدة النشاط والتي تسمى "النقاط الساخنة". يوضح الشكل II.4 خريطة للتوزيع الجغرافي لـ 131 "نقطة ساخنة" تم تحديدها من الملاحظات الفضائية لنظام وفقاً للدراسة (Engelstaedter [2006]) يوضح هذا التوزيع الجغرافي للنقاط الساخنة في جميع أنحاء العالم وأن معظم هذه النقاط الساخنة تتركز في شمال إفريقيا.



الشكل II 4: متوسط النقاط الساخنة للهباء الجوي. [30]

### II.2.3.2. مصادر على مستوى شمال إفريقيا :

تعد منطقة الصحراء -الساحل في شمال إفريقيا المصدر الرئيسي للغبار الصحراوي في العالم حيث يبلغ إنتاجها السنوي من الهباء الجوي ما بين 400 و 700 مليون طن. وتعد الصحراء الكبرى من أكبر صحراء في العالم بمساحة 8.5 مليون كيلومتر مربع. يحدها من الغرب المحيط الأطلسي، ومن الشرق البحر الأحمر، ومن الشمال البحر الأبيض المتوسط ومن الجنوب منطقة الساحل الشبه القاحلة التي تتميز بظهور بعض الغطاء النباتي.

تقع مناطق المصدر الرئيسية لصحراء الساحل بالقرب من المناطق الجبلية وخاصة عند سفح الجبال أو "سفوح الجبال" وهذا ناتج عن عاملين رئيسيين:

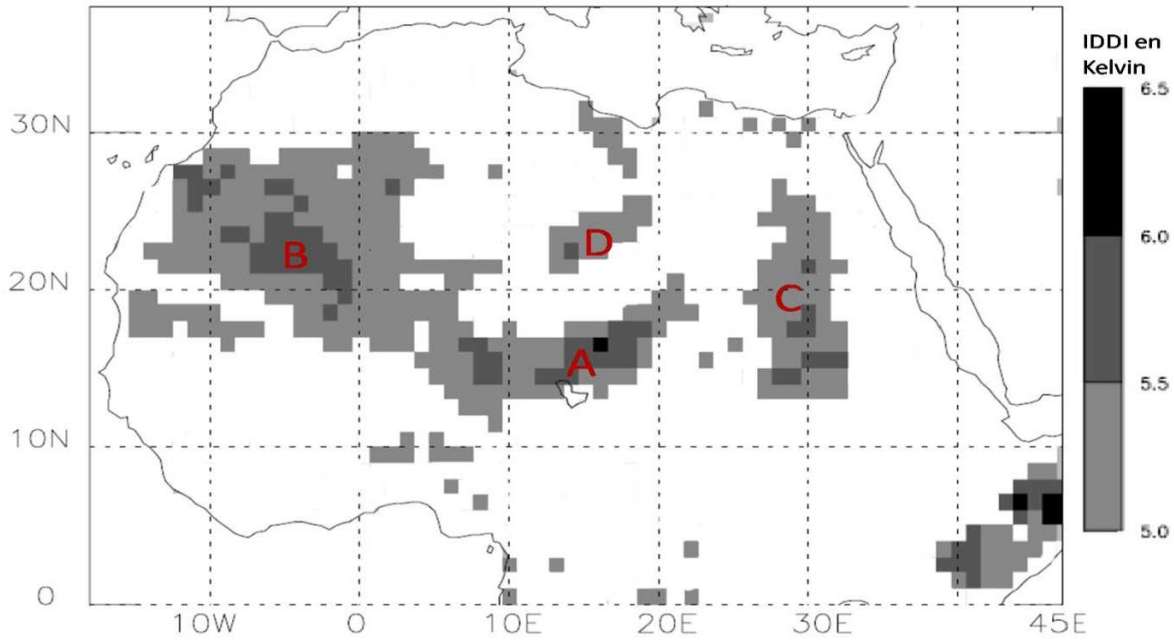
الوجود الوفير للرواسب في هذه المناطق بسبب التآكل والانجراف، وجود رياح سطحية قوية التي يتم تعزيز ترددها وشدتها من خلال وجود التضاريس الجبلية.

حدد [31] أربعة مناطق مصدر رئيسية في شمال إفريقيا من مؤشر غبار IDDI المصور (METEOSAT)

كما هو موضح في الشكل II.5 وهي :

✓ A- عرق بيلما الواقع في صحراء تينيري والتي تمتد من شمال شرق النيجر إلى غربي تشاد.

- ✓ **B**- عرق إيكيدى وعرق شاش هي منطقة شاسعة من الكثبان الرملية تمتد من الوسط إلى أقصى الجنوب الغربي من الصحراء، بين الجنوب الجزائري وموريتانيا.
- ✓ **C**- الصحراء الواقعة في شمال السودان وجنوب مصر.
- ✓ **D**- الصحراء الواقعة في شمال النيجر وجنوب ليبيا. [32].



الشكل II.6: صورة لمؤشر IDDI توضح المصادر الرئيسية للهباء في شمال إفريقيا. [33]

#### II.4. انتقال الهباء الجوي :

يشكل تدفق الهباء الجوي المنشكل في نهاية عملية الرفع، طبقة من الغبار تقع بالقرب من السطح والتي لها طابع رقائقي في غياب آليات الاضطراب ذات المنشأ الحراري (حركات الحمل الحراري) أو من أصل ديناميكي (فيما يتعلق بالظروف الجوية أو تأثير التضاريس). في الحالة المقابلة، يمكن للجزيئات الدقيقة الناتجة عن التآكل إكمانية الصعود في الطبقات العليا من الغلاف الجوي ونقلها على مسافات كبيرة. [32]

بمجرد رفع الغبار الصحراوي، الذي قد يظل معلقاً في الجو، على الرغم من أن الرياح السطحية قد تتخفف عن القيمة الدنيا اللازمة لرفعها. في الواقع، يتم التحكم في نقل جسيمات الطبقة الحدودية بواسطة الاضطرابات، والنسائم الحرارية، والجهة الأمامية... الخ. وبالتالي، يمكن نقل الهباء الجوي إلى



الجو عبر مسافات طويلة لبضع ساعات وقد تصل حتى إلى عشرة أيام وذلك وفقا للظواهر الجوية التي تصادفها. [34]

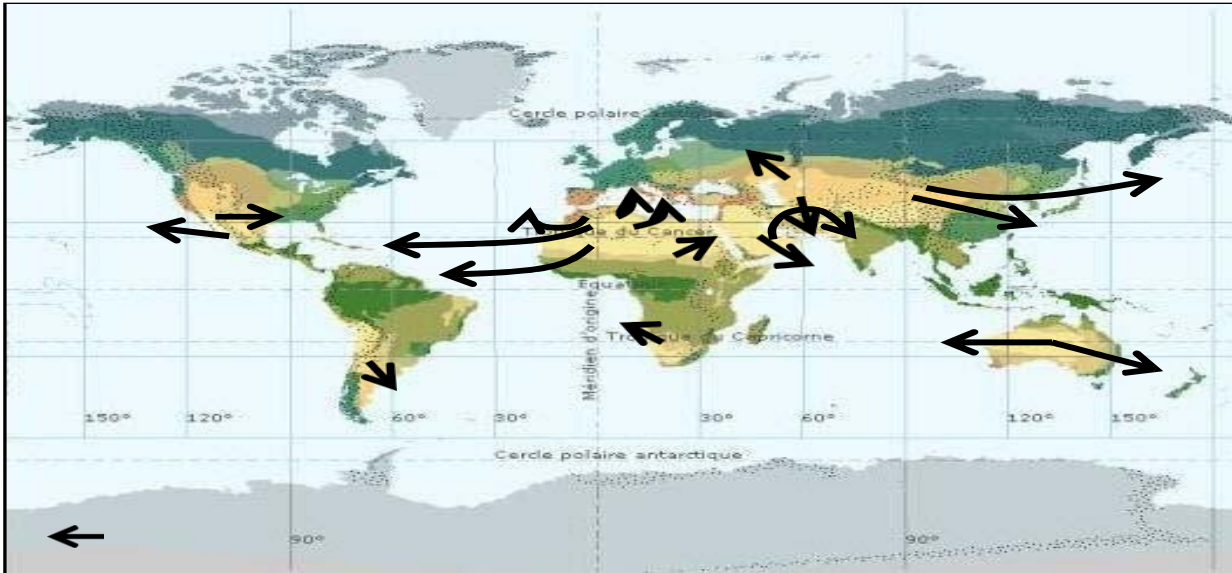
كما تعتمد عملية رفع جزيئات الرمل والغبار على الديناميكا القريبة من السطح، بحيث يتم التحكم فيه بواسطة شدة الرياح، رطوبة التربة، نسيج التربة والغطاء الأرضي، هناك قدر كبير من التباين المكاني والزمني في انبعاث الهباء الجوي الصحراوي، والتي تعتمد بشكل رئيسي على سرعة الرياح وظروف سطح التربة المكشوفة. كل هذا يؤدي إلى حقيقة أن انبعاث الهباء الجوي في الصحراء غالباً ما يكون لها دورة موسمي وتغيرات شديدة الوضوح بين السنوات. بعد انبعاثها، يمكن نقل الهباء الجوي الصحراوي على مسافات كبيرة بشكل رئيسي وفقاً لاتجاهات النقل الموضحة في الشكل II. 6 على سبيل المثال، يتم نقل أعمدة الهباء الجوي المنبعثة من شمال إفريقيا في الغالب غرباً عبر المحيط الأطلسي، حيث يمكن أن يصل الهباء الجوي الصحراوي إلى جزر الهند الغربية في الصيف.

خلال أشهر الشتاء يتم نقلهم جنوباً عبر المحيط الأطلسي إلى أمريكا الجنوبية. من الواضح أن نقل الهباء الجوي الصحراوي المنبعث من منطقة الصحراء يعتمد على الدورة الجوية في الغلاف الجوي وعلى وجه الخصوص الضغوط الاستوائية العالية، مثل مرتفع الأزور، ومنطقة التقارب المدارية (Z.C.I.T). في فصلي الربيع والصيف، يتم نقلهما عرضياً إلى الشمال والشمال الشرقي، للوصول إلى البحر الأبيض المتوسط.

تسير أعمدة الغبار في شمال شرق آسيا شرقاً بشكل أساسي فوق بحر الصين والمحيط الهادئ.

ينتج عن هذا بشكل خاص نشاط جبهات الإعصار في منغوليا بشمال شرق آسيا. [7] [34]

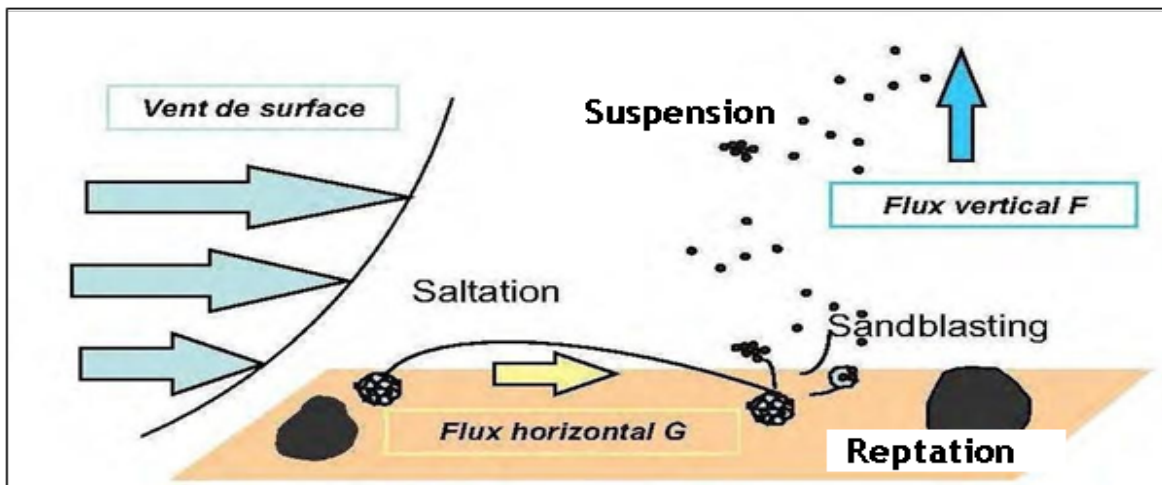




الشكل II.6: المسارات الرئيسية لنقل الهباء الصحراوي عبر العالم. [7][35]

## II.5. أنواع حركة جسيمات الغبار :

تعتمد عملية رفع جزيئات الرمل والأتربة على الديناميكية القريبة من السطح والتي يتم التحكم فيه بواسطة شدة الرياح، رطوبة التربة، نسيج التربة والغطاء الأرضي، يزداد مع حجم الجسيمات لأنها أثقل وبالتالي يصعب التقاطها بسبب الجاذبية. إذا كانت الجسيمات صغيرة بما يكفي، فستكون قيمة عتبة الرياح عالية لأنه يجب عليها كسر قوة المتماسكات القوية الكافية عن طريق الحفاظ على الجزيئات الصغيرة معاً، ترتبط الظواهر التي تحكم تعبئة الجزيئات بالرياح بالتدفق الأفقي والتدفق العمودي للرياح.



الشكل II.7: رسم تخطيطي للعمليات الثلاث التي تساهم في نقل الهباء الجوي الصحراوي (www.ma.auf.org)

يتطلب انبعاث الجسيمات أو رفعها من مناطق المصدر ثلاثة شروط، وهي:

أولاً: يجب أن تكون الجزيئات التي يحتمل تعبئتها بواسطة الرياح متوفرة بكميات كبيرة في التربة

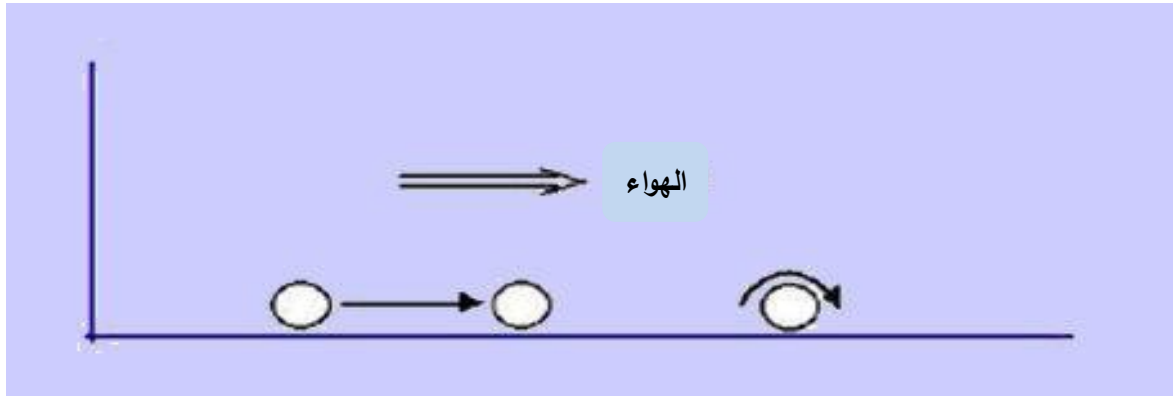
ثانياً: لا يحتاج إلى الكثير من العوائق على السطح (مثال: غطاء نباتي) لأنها تساهم في الحد من تعبئة الجزيئات.

ثالثاً: ينبغي أن تكون مساهمة طاقة الرياح على سطح كافية للتغلب على القوى المتماسكة بين الجسيمات.

إذا تم توفير هذه الشروط، يمكن أن تحدث أنواع مختلفة من حركة الجسيمات وهي:

#### ✓ الزحف: (La reptation)

ينطبق على الجزيئات الأكبر، التي يزيد قطرها عن 2 مم. إنها ضخمة جداً بحيث لا يمكن رفعها، لكن حركة القصر في الرياح على سطح الأرض تجعل من الممكن تحريكها أفقياً، وذلك بالإزاحة البطيئة. [33]

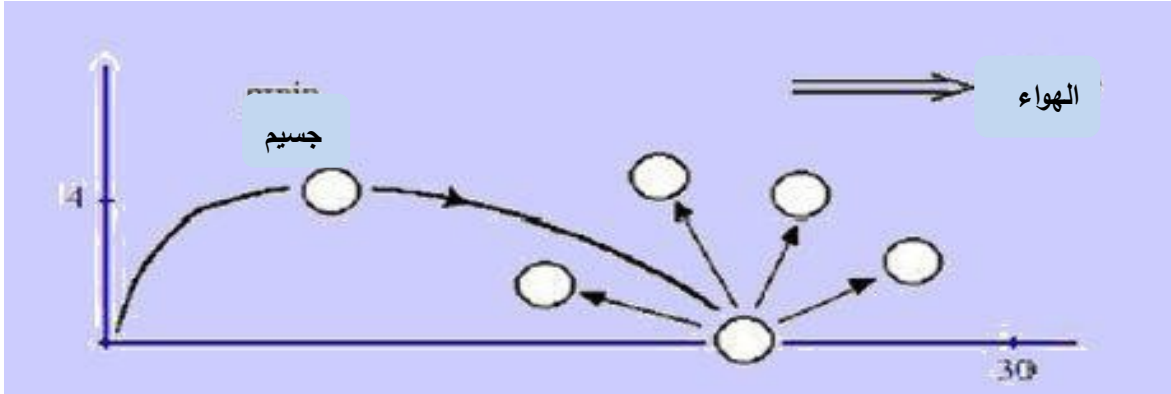


الشكل 8.II: عملية الزحف (درجعة وانزلاق). (www.ma.auf.org)

#### ✓ القفز: (La saltation)

يؤثر على الجزيئات التي يصل قطرها إلى  $100\mu\text{m}$  بعد ارتفاعها، يتم نقل الجزيئات إلى بضعة سنتيمترات أو حتى بضعة أمتار من الأرض للبقاء في الهواء، يجب أن تكون قوى الجاذبية المتعلقة بحجم الجسيم ورفع الهواء في حالة توازن على الأقل، الجزيئات الأكبر تسقط بسرعة ليست بعيدة عن

منشأها ويمكن أن تشكل مجاميع على الرغم من أن الزيادة في سرعة الرياح تدريجياً تبقى الجزيئات الكبيرة في حالة تعليق عند تأثير الجزيئات الدقيقة سيتم تشكيلها وتعبئتها بدورها إذا عادت الجسيمات المرتفعة إلى الأرض وضربت جسيمات أخرى، فإنها تتردد للأمام وتستمر العملية. كما أن القفز هو عملية فعالة للغاية لتعبئة وتحريك الجزيئات، ويمكن أيضا أن تحمل أفضل وأجود الجسيمات بعيدا. [36]



الشكل 9.II: عملية القفز (كل الاتجاهات). (www.ma.auf.org)

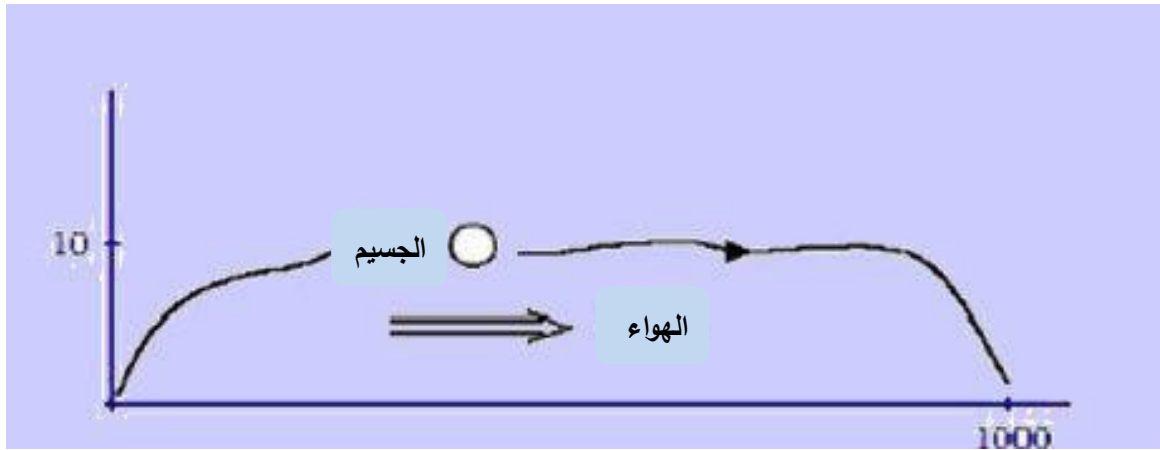
#### ✓ التعليق: (La suspension)

يتم رفع المواد الرسوبية عن طريق الهواء ويتم تعليقها بواسطة الرياح. إذا كانت الجسيمات صغيرة بدرجة كافية (قطرها أقل من عشرة ميكرومتر) تبقى معلقة لمدة طويلة بفعل التيارات الصاعدة القوية والقادرة على حمل أوزانها.

بمجرد انتقالها في الجو، يمكن أن تبقى الجزيئات لمدة قصيرة فيه ويكون حجمها يتراوح ما بين (20 و 70 ميكرون) وطويلة المدى (جسيماتها أكبر 20 ميكرون) وتبقى في الطبقات العليا للغلاف الجوي وسيتم نقلها بواسطة التيارات الهوائية عبر مسافات طويلة المدى، بعيدا عن مصدرها، من خلال ديناميكية الغلاف الجوي الواسعة النطاق.

إن الرياح القوية يمكن أن ترفع جزيئات الغبار العالق حتى آلاف الكيلومترات باتجاه المصب البعيد فوق سطح الأرض عدة الآلاف من الكيلومترات باتجاه مجرى من الدوامات المضطربة والمتجدد من أجل الحفاظ عليها معلقة، لذلك تعتمد كمية الجزيئات المنتقلة على حجمها وأيضاً تكوينها المعدني وبالتالي

يجب تقدير كفاءة هذه العملية لكل نوع من أنواع التربة. [36]



الشكل 10.II: عملية التعليق. (www.ma.auf.org)

## 6.II. آلية رفع الغبار :

إن تعبئة الغبار عن طريق الرياح هي ظاهرة مقيدة بشكل طبيعي بخصائص السطح (الغطاء النباتي، وخشونة التربة، والرطوبة...) وسرعة الرياح بالقرب من السطح، يجب أن تكون الرياح قوية بما يكفي من الأرض على كامل سمك الطبقة الحدودية للسطح (CLS) لا يتجاوز سمك (CLS) عُشر سمك الطبقة الحدودية، أي بضع عشرات من الأمتار لرفع ودفع جزيئات الغبار، أظهرت الملاحظات والتجارب في المختبر أن هناك علاقة غير خطية بين حجم الجسيمات المرفوعة وسرعة الرياح، علاوة على ذلك، فإن الجسيمات ترتفع فقط من سرعة العتبة. الحد الأدنى من الرياح اللازمة لتعبئة الجزيئات في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، تقدر سرعة العتبة هذه بـ 6 م/ثا، يوضح الجدول 1.II سرعات الرياح المطلوبة لرفع الجزيئات في بيئات من مصادر مختلفة. أول جزيئات الرمل والغبار المحمولة هي تلك التي يتراوح قطرها بين 0.08 و 1 مم، وهذا يتطلب سرعات الرياح بين 5 و 13 م/ث . [37]

عتبة سرعة الرياح (م/ث)	المحيط
5 إلى 8	كثبان رملية تقترب إلى المتوسط
10	المناطق الرملية والمناطق الحجرية الصغيرة
9 إلى 11	مصادر الملح الصحراوي، مواد منتهية
20	صحراء الحصى

### الجدول 1.II: سرعة عتبات رفع الغبار لمختلف البيئات الصحراوية [38].

يتطلب رفع الغبار بشكل أساسي حدوث اضطراب كبير في الطبقة الحدودية السطحية، تؤدي عملية قص الرياح عادةً إلى حدوث اضطرابات ودوامات أفقية ترفع الغبار، استنادًا إلى الأدلة التجريبية التي تشير إلى أن الرياح الأرضية تهب بسرعة 8 م/ثا، يجب أن تكون سرعتها على ارتفاع 305 م فوق سطح الأرض حوالي 15 م/ث للحفاظ على جزيئات الغبار معلقة، عواصف الغبار تفضل أن تكون CLS غير المستقر لأن الحركات الرأسية ضرورية لرفع جزيئات الغبار على العكس من ذلك، تعمل CLS المستقرة على تثبيط الحركات الرأسية وتمنع رفع الغبار.

يجب أن تكون الرياح مضطربة بما يكفي لرفع الغبار وتطايرها في محيط غير مستقر لأن يكون من المناسب أن يكون لديك مؤشر واحد لتفسير في آن واحد كل من: السرعة الرياح، الاضطراب والاستقرار؟

هذا المؤشر يدعى سرعة الاحتكاك (تركيز اللزوجة) أو بعبارة تقنية أكثر تحرك الغبار يتناسب مع

ديناميكا التدفق أو جهد التربة (الأرض) سرعة الاحتكاك اللازمة لرفع التربة هي 60 سم<sup>2</sup>/ثا [37]

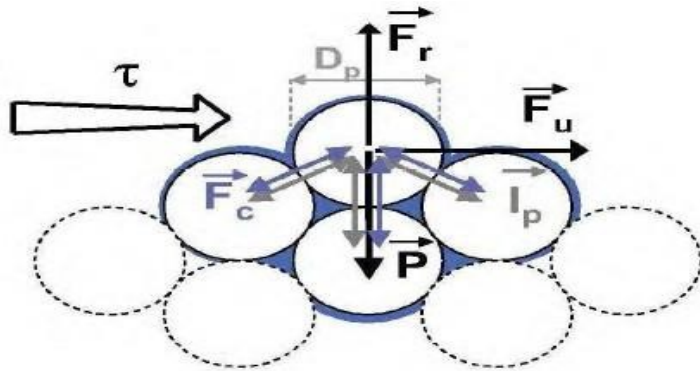
### 1.6.II. الشروط الدينامكية لرفع الغبار :

إن عملية رفع الجزيئات المعدنية هي ظاهرة عتبة تعتمد بشكل أساسي على طبيعة التربة (خشونة، حجم، كتلة ورطوبة التربة) و الرياح (السرعة والاتجاه)، الريح في حركتها تمارس ضغط ايروديناميكي على السطح و هذا وفقا لخصائص هذا الأخير.

في الواقع، قوة الاحتكاك على السطح  $\vec{\tau}$  يميل إلى سحب الرمل من الأرض، بينما الثقل  $\vec{p}$ ، قوة التماسك بين الجزيئات  $\vec{l}_p$ ، القوى الشعيرية (عكس الجاذبية)  $\vec{F}_c$  والتي يمكن أن تكون مهمة عندما تحتوي التربة على نسبة كبيرة من الماء السائل تميل إلى الاحتفاظ بها على الأرض. [39].

$$1. II \quad \vec{\tau} = \vec{p} + \vec{l}_p + \vec{F}_p$$

بالقرب من السطح، تمثل الرياح تدرجاً عمودياً تعتمد قوته على قدرة التربة على إبطاء تدفق الهواء، إن قوة الاحتكاك للرياح تمارس على الحبيبات الشديدة الحساسية للتغيرات في خصائص السطح المتعلق بوجود الغطاء النباتي أو الصخري.



الشكل 11.II: توازن القوى التي تتعرض لها حبة رمل ذات القطر  $D_p$  تحت إجهاد القص  $\tau$ . [37]

❖ حيث :

$\vec{D}_p$ : قطر حبة الرمل،  $(\tau)$ : إجهاد القص،  $(\vec{F}_u)$ : القوة الناتجة عن الحركة الميكانيكية للرياح،

$(\vec{P})$ : ثقل الجسيم،  $(\vec{l}_p)$ : قوى الجسيمات،  $(\vec{F}_c)$ : القوى الشعيرية،  $(\vec{F}_r)$ : والقوة الناتجة.

يتطلب حساب هذه القوة وجود علاقة بين الريح فوق الأرض، الطبيعة الفيزيائية لهذه التربة

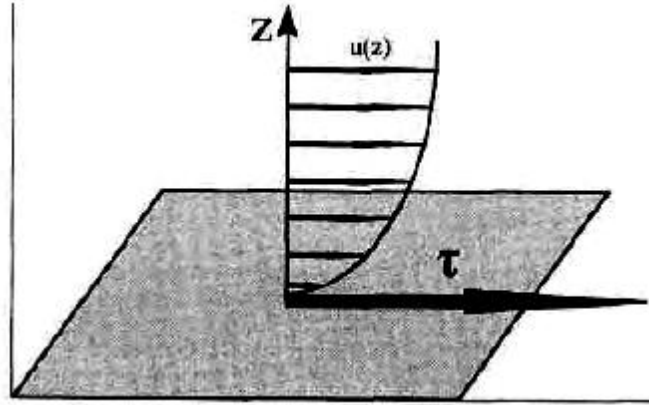
و تأثير الرياح الوسطية السينوبتيكية على حبيبات التربة في الطبقة الحدودية.

من اجل تدفق رقائقي على السطح الأفقي يرتبط إجهاد القص  $(\tau)$  الذي تمارسه الرياح على السطح بالتدرج العمودي لسرعة الرياح  $(u)$  بعلاقة [40].

$$2. II \quad \tau = \mu_a \left( \frac{du}{dz} \right) = \rho_a u_*^2$$

اعتمادًا على طبيعة التربة، فإن متوسط عتبة الرياح السطح  $\mu_z$  المطلوبة لرفع الجزيئات ليس هو

نفسه. [22][55][16]



الشكل 12.II: تمثيل تأثير التربة على تدفق الهواء وإجهاد القص ( $\tau$ ) الذي يمارسه التدفق على الأرض. [37]

يتم شرح قوة الاحتكاك كدالة لسرعة الاحتكاك ( $u$ )، المعادلة هي بعد فيزيائي يستخدم لقياس قوى

الاحتكاك التي تسببها الرياح على السطح، فيزيائيا تمثل سرعة الاحتكاك تجسد معدل زيادة سرعة

الرياح بدالة لوغاريتم الارتفاع بالقرب من السطح الأرض في الطبقة السطحية (CLS) [41].

يتم تحديدها في وضع محايد من متوسط سرعة الرياح المقاسة على ارتفاع ( $z$ ) للأرض وتتميز بالخشونة.

[42] ( $z_0$ ).

$$3. II \quad u_* = k \frac{u(z)}{\ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} \quad \text{من اجل } z_0 > z$$

حيث ( $u(z)$ ): متوسط الرياح الأفقية (م/ث) على ارتفاع ( $z$ ) في CLS، ( $u_*$ ): سرعة الاحتكاك (م/ث)

وعادة ماتعطى ب(سم/ث)، ( $\mu_a$ ): معامل اللزوجة الحركية للهواء، ( $\rho_a$ ): الكتلة الحجمية للهواء،

$k = 0.38$ : ثابت فون كارمان  $z$  و  $z_0$  خشونة السطح.

اعتمادًا على طبيعة التربة، فإن متوسط عتبة الرياح السطحية المطلوبة  $u(z)$  لرفع الجزيئات ليست

هي نفسها في حالة الجفاف [43]. عندما يبلغ قطر الجسيم 80 ميكرون، فإن قوى الجاذبية وتماسك

الجسيمات تكون متوازنة، قوة الاحتكاك المطلوبة لرفع الجسيم في هذه الحالة هي أدنى (10 سم / ثانية)،

عندما تكون الجسيمات أصغر تصبح القوة التماسك أقوى فتمنعها من التعليق، وعندما تكون الجزيئات أكبر يصبح وزنها أكبر من أن يتم رفعه [44].

في الحالة الرطبة القوى الشعرية تضاف للقوى الأخرى من أجل إبقاء الجزيئات على الأرض لأجل أي نوع من الجزيئات، تجاوز سرعة العتبة يسمح بنقل و رفع الجزيئات.

يحدث الانبعاث للهباء الجوي الصحراوي عندما تفوق قوى الاحتكاك المحثة من طرف الرياح قوى التي تعمل على إبقاء الجسيمات على سطح الأرض.

يتم تحديد عتبة حركة الجسيمات بواسطة سرعة الاحتكاك التي تكون فيها القوى الهوائية (القوة الدفع وقوة الرفع) قوية بما يكفي للتغلب على قوى المقاومة وبالتالي إزاحة جزيئات صلبة قابلة للتآكل من التربة وبدء تحركاتها [45]. وهو أول من حدد عتبة سرعة الرياح لرفع الغبار (الجسيمات)

$u_{*t}$  (سرعة الاحتكاك التي تبدأ عنده حركة الجسيمات) يعبر عنه بدالة تضم كل من قطر الجزيئات و الكتلة الحجمية للمادة و الكتلة الحجمية للمائع (الهواء).

$$4. II \quad u_{*t} = A \sqrt{\left[ \frac{\rho_p - \rho_{air}}{\rho_{air}} \right]} \cdot g \cdot D_p$$

حيث:

$u_{*t}$  عتبة سرعة الاحتكاك (م/ث)،  $A$  معامل تجريبي دون بعد،  $\rho_{air}$  الكتلة الحجمية للهواء (كلغ/م<sup>3</sup>)،

$\rho_p$  الكتلة الحجمية للجسيمات (كلغ/م<sup>3</sup>)،  $D_p$  قطر الجسيم (م)

يعتمد المعامل  $A$  على عتبة تغير نمط سريان المائع و بتالي حساب رقم رينولدز  $R_t$  و يحسب من أجل

ارتفاع يساوي قطر الجسيم  $D_p$ ، اللزوجة الحركية للهواء  $\nu_{air}$ ، و عتبة سرعة الاحتكاك  $u_{*t}$ .



5. II

$$R_t = \frac{u_{*t} \cdot D_p}{v_{air}}$$

اقترح العالمان افرسن و ويت [46]. من أجل مجموع الجزيئات القابلة للتعبئة من طرف الرياح،

تعبيران رقميان للمعامل اللابعدي (A) وفقا لقيم عتبة رقم رينولدز  $R_t$ ،

التغيرات المقترحة تعكس بدقة عتبة سرعة الاحتكاك لجليت و ستوكتن [47]. لها عيوب في التعبير عنها كدالة لعتبة عدد رينولدز  $R_t$  العيوب نفسها كدالة لعتبة سرعة الاحتكاك  $u_{*t}$ ، نتيجة لذلك فإن الإجراءات التكرارية لحساب عتبة سرعة الاحتكاك المطلوبة بحاجة إلى أقطار مختلفة من الجسيمات القابلة للتعليق، من أجل حل هذه المشكلة اقترح كل من مرتيكورينا و برقامتي [48]. شكل متعدد الحدود يسمح للتعبير عن عتبة عدد رينولدز في مجال قطري يشمل حجم الجسيمات القابلة للتعبئة (من 1 إلى 1000 ميكروميتر)،

عتبة سرعة رفع الهباء الجوي الصحراوي  $u_{*t}$  تقدر ما بين 6 و 20 م/ث اعتمادا على طبيعة التربة [48]. بالنسبة لسطح الأراضي في شمال إفريقيا يتم توضيح عتبات السرعة للرياح السطحية في الجدول 2.II.

طبيعة السطح	$u_{*t}$ (سم/ث)	$u_t$ (سم/ث)
متوسط الكثبان الرملية	36 إلى 54	5 إلى 8
المناطق الرملية، المناطق الصخرية الصغيرة	72	10
الصحراء المسطحة، مواد نهائية	72 إلى 90	10 إلى 13
السبخات القشرة المالحة	108 إلى 126	13 إلى 18
الصحراء الحجرية	144	20

جدول 2.II: يبين عتبة سرعة الاحتكاك  $u_{*t}$  وعتبة السرعة المتوسطة  $u_t$  بدلالة سطح الأرض [37]

يوضح الجدول 2.II. عتبات سرعة الاحتكاك بدلالة عتبات متوسط الرياح لأنواع مختلفة من

الأسطح وتقدر هذه القيم لجو معزول حراريا، تعتمد عتبة التآكل على خشونة التربة وأحجام الجسيمات القابلة للتآكل ومحتوى رطوبة التربة، تختلف هذه العتبة من بضع عشرات السنتمترات (60 سم/ث

للمناطق الرملية ( إلى عدة مئات من السنتيمترات (من 100 إلى 300 سم/ث بالنسبة لتربة الأسطح المغطاة و الصحاري الصخرية ).

إن التنبؤ الجيد بالعاصفة الرملية يتطلب معلومات دقيقة عن خصائص التربة، شدة العاصفة الرملية والترابية وتتعلق بقوة القص الرأسي للرياح.

في نفس الصياغ عتبة تآكل الأسطح الرطبة يستلزم مزيدا من قوة الرياح لسحب الجزيئات من الأرض، لأن الرطوبة تزيد من قوى تماسك الجزيئات .

يمكن أن تظل العواصف الرملية التي تم إطلاقها بنفس الشدة حتى لو كانت الرياح التي تسببت بها أقل من قيم العتبة بمجرد تعليق الجسيمات في الغلاف الجوي، يعتمد الاحتفاظ بها على هذا المستوى فقط على الظروف الجوية و على مقاييس صغيرة مثل الاضطراب و مقاييس اكبر مثل النسائم الحرارية أو الجبهات.

## II.6.2 الشروط الحرارية لرفع الغبار :

يواد عدم الاستقرار الحراري اضطرابًا، وتواجهه في الطبقات السفلى من الغلاف الجوي (1500 إلى 2000 متر) يسمح للغبار الصحراوي بالارتفاع، تشرح هذه العملية لماذا يكون تواجد العواصف الرملية بسهولة أكبر وبشكل متكرر في فصل الصيف بحلول منتصف النهار خاصة وفي نهاية اليوم، القاعدة هي نفسها كما هو الحال في الظروف الديناميكية الهوائية، ارتفاع الرمال يسير عند الوصول إلى عتبة سرعة الرياح ، ولكن من الضروري أيضا أن يكون الجو مضطربًا بدرجة كافية. [37]

يولد الجو الغير مستقر حرارياً اضطراباً، حيث تعزز عملية رفع الجسيمات بشكل كبير من خلال زيادة سرعة الاحتكاك الأرضي في الظروف المستقرة، لفهم ذلك أكثر من المهم العودة إلى العلاقة المحددة مسبقاً ل  $u_*$  في الظروف محايدة.

أخذ في المعادلة السابقة أن الجو معزول حرارياً وهذا ليس هو الحال في الواقع، حيث اخذ هذا الجانب بعين الاعتبار من الباحثين [48] [49].

و هذا بإضافة مقدار تصحيحي للعبارة السابقة حيث اعتمد على مؤشر الاستقرار مونين و ابوخوف (Monin et Obukhov) في الطبقة السطحية. [37]

6. II

$$u_* = k \frac{u(z)}{\ln\left(\frac{z}{z_0}\right) + \psi\left(\frac{z}{L}\right)}$$

حيث :

$$\beta = \frac{g}{T_0}, \quad L = -\frac{u_*^3}{k\beta Q_0} \quad : \text{الطول الخاص ب (Monin-Obukhov) ويحسب ب}$$

$$\zeta = \frac{z}{L} \quad \text{معامل الاستقرار (Monin-Obukhov)}$$

$g$  تسارع الجاذبية،  $Q_0$  تدفق الحرارة المضطرب،

$k$  ثابت فان-كارمان (Von-karman)

يتم تفسير طول (Monin-Obukhov) يتم تفسيره على أنه يتناسب مع الارتفاع عندما تسود فيه القوى

الحملية الحرارية على قوى الاحتكاك في الطبقة الحدية للحمل الحراري تكون قوى الحمل الحراري مساوية

$$\text{لقوى الاحتكاك في الارتفاع } z = -\frac{L}{2}.$$

المعامل اللابيدي  $\zeta$  يسمى في بعض الأحيان معامل الاستقرار، يفسر هذا المؤشر حالة الاستقرار للغلاف

الجوي و هو سالب من اجل حالة عدم الاستقرار و موجب من اجل حالة الاستقرار من المعادلة II.6.

$$\zeta = \frac{z}{L} \quad \text{من حسابه نجد ثلاث حالات :}$$

✓  $0 < \zeta$  يقابل نمط حالة الاستقرار يتميز المنحنى الرياح العمودية بإجهاد قص أعلى من التدرج

اللوغاريتمي نتيجة لذلك ، هناك القليل من الاختلاط المضطرب ، وسرعة احتكاك منخفضة مقارنة بالحالة

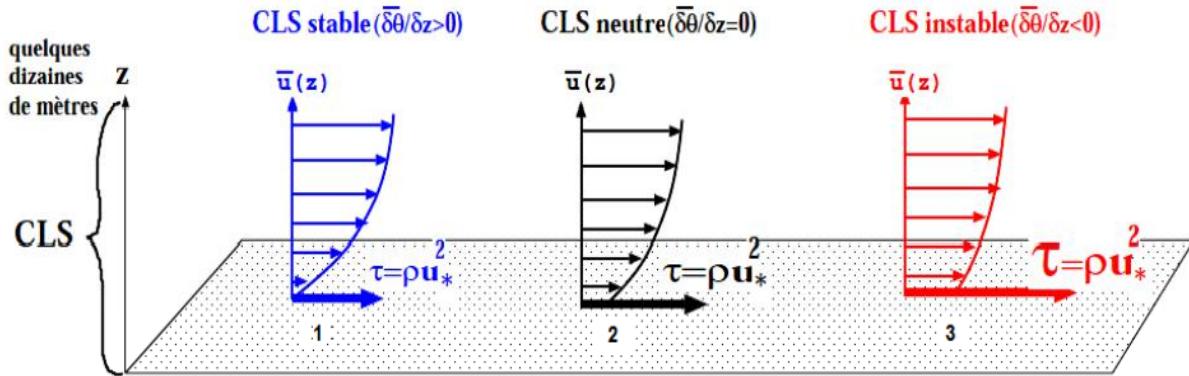
المحايدة (الشكل II.13، على اليسار)

✓  $0 > \zeta$  يقابل نمط حالة عدم الاستقرار يتميز منحنى الرياح العمودية بإجهاد قص ضعيف مقارنة

بتدرج لوغاريتمي، خليط الاضطراب مهم، وسرعة الاحتكاك أعلى منه في الظروف المحايدة

( الشكل II.13، على اليمين )

✓  $0 \zeta =$  يقابل نمط حالة المحايد يمكننا أن نلاحظ أن التدرج العمودي للرياح هو لوغاريتمي ،  
ونجد مرة أخرى المعادلة (2.3) لأن الدالة  $\psi$  تساوي صفراً . (الشكل II.13، في الوسط) [37].



الشكل II.13: قوة الاحتكاك بدلالة الاستقرار الحراري للـ CLS منحني الرياح العمودي وفقا لظروف الاستقرار. [50]

باستخدام المعادلة (II.6)، يمكن تحديد القيم المختلفة لسرعة الاحتكاك ( $\bar{u}$ ) عند قياس شدة الريح

(10 أمتار) وقيم سرعة الاحتكاك ( $u_*$ ) كدالة للاستقرار الحراري لـ CLS. (الجدول II.3).

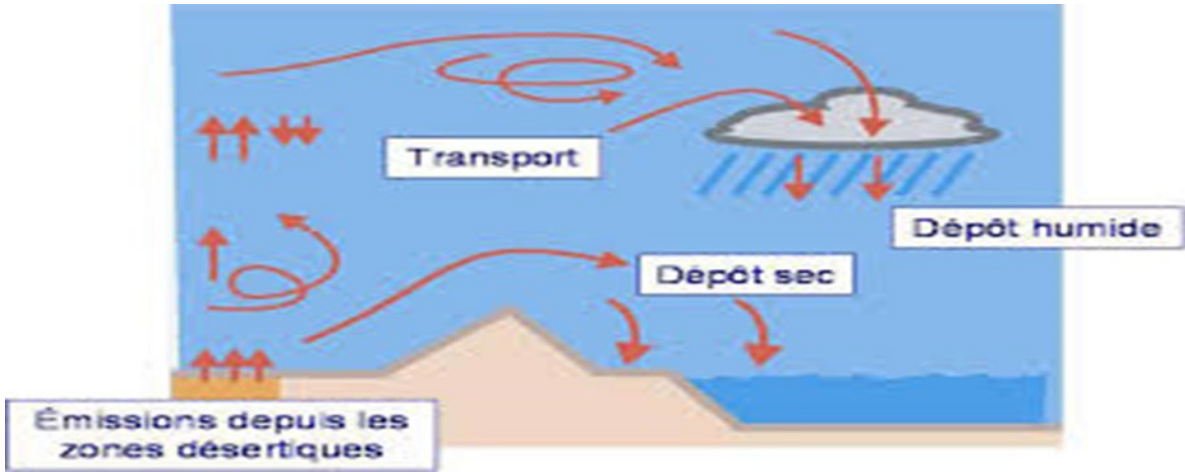
$\bar{u}$ (سم/ث) عند 10 أمتار	$u_*$ (سم/ث) CLS محايد	$u_*$ (سم/ث) CLS مضطرب
5	29	35
8	46	55
11	64	77

جدول II.3: يبين معدلات الاحتكاك بدلالة الاستقرار الحراري للـ CLS لقيم مختلفة من متوسط سرعات الرياح في

عشرة أمتار. [37]

## II.7. آلية ترسيب الهباء الجوي :

للهباء الجوي في الصحراء دورة حياة مقسمة على ثلاث مراحل: الارتقاء من مناطق المصدر، والنقل الجوي، والترسبات الجافة أو الرطبة، بعد ارتفاع الانبعاث من مناطق المصدر والنقل الجوي، كانت الابهاء الجوية الصحراوية قادرة على السفر من مكان إلى آخر من على وجه الأرض. وبعدها سوف يسقط هذا الغبار أخيراً بطريقة جافة أو رطبة. [37]



الشكل 1.4II: دورة غبار الصحراء. [37] [50]

## 1.7.II. الترسيب الجاف :

تتكمّل دورة الهباء الجوي الصحراوي عن طريق ترسيب الجزيئات على مستوى القارات أو أسطح المحيطات، في ظل ظروف الجو الجاف أو الرطب. يتم التحكم في الترسيب الجاف بشكل أساسي بواسطة قوى الجاذبية ، والتي هي جزيئات الرسوبيات. الترسيب الجاف للجزيئات يعتمد على عدة متغيرات مثل سرعة الرياح ، سرعة الاحتكاك ، وكثافة الاضطرابات والاستقرار في الغلاف الجوي.

يعتمد معدل الترسيب، على حجم الجسيم. لذلك يتم الترسيب عن طريق حجم الجسيمات ، مع سقوط أكبر منها أولاً والأخرى الأصغر، نتيجة لذلك أكبر وأثقل الجسيمات سوف تسقط بالقرب من منطقة المصدر ، بينما ستقع الأصغر منها بعيداً جداً، يمكن أن تلعب الاضطرابات أيضاً دوراً في تعطيل تدفق الجزيئات. إذا كان الاضطراب بالقرب من السطح ، يكون ترسيب الجسيمات بسرعة أكبر. [37]

## 2.7.II. الترسيب الرطب :

يحدث الترسيب الرطب عندما تختلط كتل الهواء المترية مع كتل الهواء الرطبة أو الملبدة بالغيوم، يمكن التقاط الجزيئات المعدنية مباشرة عن طريق هطول الأمطار (هطول الأمطار) أو قطرات داخل السحابة (اختلاط الغبار مع قطرات الماء السائل أو إنشاء نواة التكثيف (الاستمطار)، معظم جزيئات الغبار تكون نواة التكثيف من الغيوم أو أسفلها، وببساطة يتم ترسيبها بهطول الأمطار و تكون هذه العملية

فعالة بشكل كبير و عادة ماتسمى هذه العملية بعملية الكنس .

يعتمد معدل الترسيب الرطب على معدل هطول الأمطار، ومعدل سقوط القطرات. يكون للجسيمات التي يتراوح حجمها ما بين 0.1 و 1 ميكرون و هو أدنى معدلات ترسيب ، لذلك سيتم ترسيبها في الغالب

بواسطة الترسيب الرطب. [7]

## 8.II. الظواهر الرملية والغبارية

### 1.8.II. ظاهرة الغبار :

مكون جزئي من الهباء الجوي، تتواجد الظاهرة بتواجد أحد عناصرها الأربع على الأقل؛ الغبش،

الغبار العالق، الغبار الصاعد، والعاصفة الغبارية.

✓ الغبش: (brume sèche)

هو عبارة عن سحابة من الغبار تتكون نتيجة ظروف مناخية معينة في غالبيتها من وجود عوالق

غبارية تعيق الرؤية، حيث ينخفض مدى الرؤية الأفقية إلى حدود قد تصل إلى 4 كم، ويبقى الغبار

والعوالق الترابية في الجو لفترة زمنية طويلة لخفة وزنها

✓ الغبار العالق: (Brume de sable)

حببيات صغيرة جدا (تقل اقطارها عن 63 مايكرومتر) وجافة تؤدي إلى خفض مدى الرؤية الأفقية

إلى حدود قد تصل إلى 4 كم وتبقى عالقة في الجو لفترة زمنية طويلة لخفة وزنها.

✓ الغبار الصاعد: (Chasse sable)

يحدث نتيجة للحالة غير المستقرة للجو بسبب ارتفاع درجة حرارة سطح الأرض، وعندما تتراوح

سرعة الرياح ما بين 25-75 كم/ساعة، وقد يصل ارتفاع الغبار في هذه الحالة إلى 75 متر فوق سطح

الأرض وأحيانا إلى ارتفاع 7 كم حسب سرعة الرياح.

✓ العاصفة الغبارية: (Tempête de poussière)

يحدث هذا النوع من الغبار نتيجة الرياح شديدة السرعة 37-60 كم/سا ويرتفع الغبار إلى عدة

كيلومترات فوق سطح الأرض، وعندما يصل مدى الرؤية الأفقية إلى أقل من 1 كم. [51][7][52]

### 8.2.II. الريح الأفقية: (Le vent horizontal)

الريح أو الرياح حركة أو انتقال الكتل الهوائية في الاتجاه الأفقي، وتتحرك الرياح نتيجة فروق الضغط الجوي، فالرياح تتحرك حركة تسارعية من مناطق الضغط المرتفع إلى مناطق الضغط المنخفض، يحدث انحراف في حركة الرياح نتيجة دوران الكوكب - وتعرف العلاقة بين الرياح والضغط الجوي بتأثير كوريوليس، إلا عند خط الاستواء حيث تعرف هذه العلاقة باسم المعادلة الجيوستروفية للرياح وتوصيل خطوط بين نقط تساوي الضغط، يتم الحصول على صورة سريعة للرياح. وتسمى هذه الخطوط بخطوط تساوي الضغط، فإذا كانت متقاربة، كان ذلك دلالة على شدة الرياح، ويدل تباعدها على انخفاض الشدة، ويتناسب اتجاه الرياح مع مواضع الضغط المرتفع والمنخفض. وتهب الرياح في نصف الكرة الأرضي الشمالي في اتجاه دوران عقارب الساعة، حول مناطق الضغط المرتفع، وفي اتجاه معاكس لاتجاه دوران عقارب الساعة، حول مناطق الضغط المنخفض. [53]

### 3.8.II. سرعة الرياح : ( Vitesse De vent )

قد تبدو أنواع ظاهرة الرمل غير كاملة المفهوم لأنها لا تصف مؤشر مناخي هام و هو سرعة الرياح. يعرف مراقبو الطقس تقريبا في أي مدى لسرعة الرياح يمكن أن تؤدي إلى صعود الغبار أو العواصف الرملية. يحاول الشخص للوهلة الأولى استخدام معيار سرعة الرياح للفصل في نوع ظاهرة الرمل الحاصلة، ولكن كما أوضحت منظمة (OMM) جيد فيما يتعلق بظاهرة الرمل، تعتمد معطيات الرياح (السرعة والاضطراب) اللازمة لحدوث نوع من أنواع ظاهرة الرمال على طبيعة التربة وحالة سطحها ودرجة الجفاف فيها.

في الواقع، لن يكون للرياح التي لها نفس السرعة نفس قدرة نقل الجسيمات من مكان إلى آخر نسبة إلى حجم الجسيمات التي يتعين تعبئتها، من ناحية أخرى التماثل في التربة، فان تأثير الرياح يعتمد على ظروف سطح مختلفة من هذه التربة وهي (1) نسبة الرطوبة على سطح الأرض (2) كثافة غطاء

التربة بالنباتات (3) حجم النباتات التي تغطي التربة (4) تأثير الجفاف على التربة (5) اتجاه الرياح...الخ.[7]

#### 4.8.II. مدى الرؤية الأفقية : (La visibilité horizontale)

في عالم الأرصاد الجوية يشير مدى الرؤية إلى شفافية الغلاف الجوي بالنسبة لرؤية الإنسان ويعبر عنها أنها مسافة معينة، وللملائمة تشير قيمة معينة مدى الرؤية إلى نفس ظروف الغلاف الجوي سواء بالليل أو النهار.

ويعرف مدى الرؤية في الأرصاد الجوية أنها أكبر مسافة يمكن عندها رؤية وتمييز جسم أسود ذو أبعاد مناسبة وذلك بالنسبة لأفق السماء كخلفية للجسم ويجب أن يصنع الجسم زاوية عند عين الراصد قدرها نصف درجة على الأقل أفقيا وراسيا في نفس الوقت. ويجب ألا يكون الجسم كبيراً في الاتجاه الأفقي إلى حد أنه يصنع زاوية أكبر من 5 درجات.

يعرف مدى الرؤية الأفقية بأنه أقصى مدى يمكن لراصد عادي عند النظر أن يراه في الظروف العادية وبالعين المجردة.

❖ العوامل التي تؤثر على مدى الرؤية الأفقية هي:

الهطول - مطر - رذاذ-الثلج-الضباب - الشبورة (الضباب في الصباح) - العواصف الرملية والترابية - العجاج - الدخان -أملاح البحر - هبوب الرياح الشديدة والتي تسبب تطاير الرذاذ من ماء البحر...الخ.[54]

#### 9.II. أهم المؤشرات المستعملة في الدراسة

##### 1.9.II. السمك الضوئي :

❖ التعريف:

السمك الضوئي لطبقة الغلاف الجوي يقيس مدى درجة شفافية هذه الطبقة ويعرف بأنه اللوغاريتم

الطبيعي للكسر الذي يمثل الإشعاع الكهرومغناطيسي الذي امتصته مركبات هذه الطبقة



(الطبقة التي اخترقتها) على الإشعاع الضوئي لمصدر ضوئي قبل اختراق وسط معين.

❖ الشرح: إذا كان لدينا  $I_0(\lambda)$  هو الإشعاع الضوئي لمصدر ضوئي قبل اختراق وسط معين،

و  $I(\lambda)$  قيمة الإشعاع بعد اختراق الوسط فان السمك الضوئي  $\tau(\lambda)$  والذي يمثل الجزء الضائع

عبر :

❖ الوسط عن طريق الامتصاص والانتشار والذي يعطى بالعلاقة التالية :

$$7.II \quad \frac{I(\lambda)}{I_0(\lambda)} = e^{-\tau(\lambda)}$$

بعد التبسيط وبدون ذكر علاقته بالطول الموجي، فنستطيع كتابة هذه العلاقة بالشكل التالي:

$$8.II \quad \tau = -\ln\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

❖ ملاحظة:

بالنسبة للسمك الضوئي للغبار نأخذ قيمة 550 نانو متر طول الموجة لرسم خرائط السمك الضوئي

لحالات انتشار الضوء. [52]

2.9.II. مؤشر الهباء AAI :

❖ التعريف :

مؤشر الهباء الجوي AI هو مقياس لتقدير العوالق التريبة والغبارية في الغلاف الجوي. ويعتمد هذا

المؤشر على الصور الرقمية المأخوذة من الأقمار الاصطناعية لمؤشر الغبار (TOMAS/NIMBUS) في

المجال الأشعة فوق بنفسجية، والتي لها قدرة كبيرة في رصد العوالق التريبة والغبارية على اليابسة

والمحيطات.

❖ الشرح :

لحساب مؤشر الغبار نستعمل الأشعة فوق البنفسجية المسترجعة المقاسة في الأمواج الطويلة 340

و 380 نانو متر حيث درجة امتصاص الغازات ضعيفة ( $O_3, H_2O, \dots$ ) كالتالي:

$$9.II \quad AI = -100 \log_{10} \left[ \left( \frac{I_{340}}{I_{380}} \right)_{MEAS} - \left( \frac{I_{340}}{I_{380}} \right)_{CAL} \right]$$

$I_{MEAS}$ : الشعاع المسترجع على طول الموجة المقاسة

$I_{CAL}$ : الشعاع المسترجع على طول الموجة المحسوبة

وذلك باستخدام نموذج الجوي (Modèle d'air) [55]

### 3.9.II. مؤشر الهباء IDDI :

مكننت قناة (METEOSAT IRT) من تطوير مؤشر للكشف عن الغبار من على سطح الأرض

وهو مؤشر IDDI، ينتج عن التأثير الإشعاعي للغبار في النافذة [10.5-12.5] ميكرون من قناة

(METEOSAT IRT).

يتم الحصول عليها باختلاف لمعان الأشعة تحت الحمراء IR بين درجة حرارة السطوح القصوى

(الإضاءة) التي تمت ملاحظتها على مدار خمسة عشر يوما في تمام الساعة 12:00 ظهرا (صورة

مرجعية)، ودرجة حرارة السطوح (الإضاءة) في اليوم وفي نفس الوقت (الصورة اليومية).

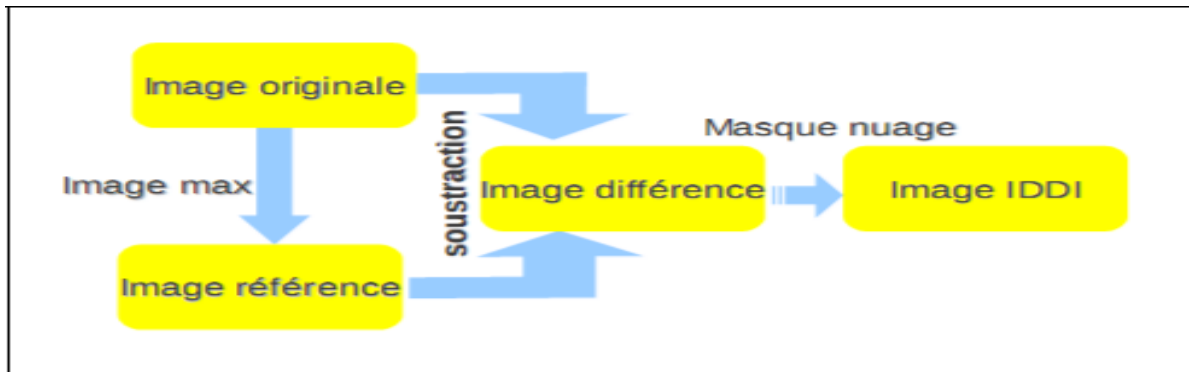
من الناحية المثالية تتكون الصورة المرجعية فقط بلمعان واضحة (بدون سحب) ونظيفة (بدون غبار)،

كما يعتبر السحاب والغبار المتغيرات الجوية الوحيدة التي تؤثر على الإضاءة أو السطوح في الغلاف

الجوي.

يتم دمج اللوغاريتم من أجل اكتشاف وإخفاء السحب في اللوغاريتم IDDI حيث يوضح الشكل II. 15

المخطط الانسيابي لمبدأ عمل مؤشر IDDI:

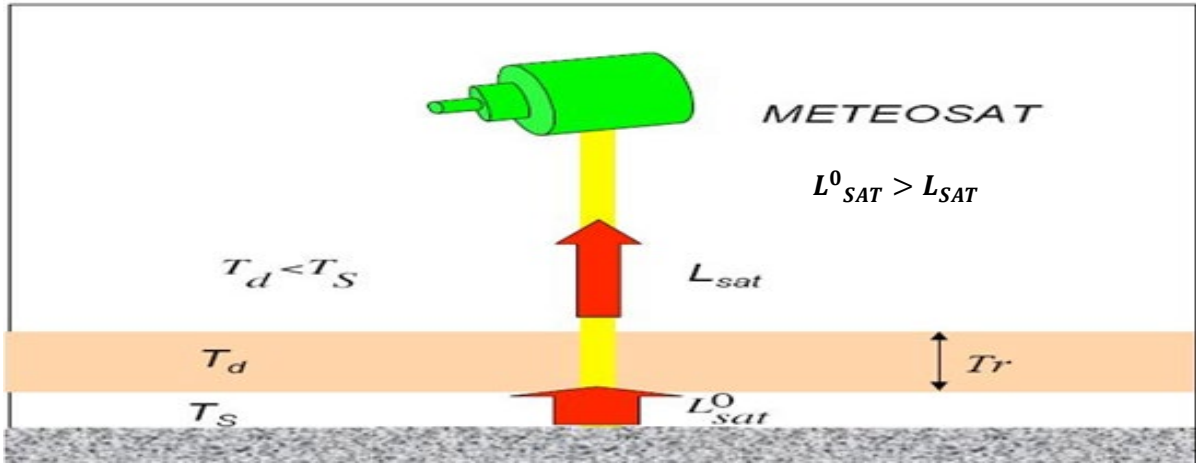


الشكل II.15: المخطط الانسيابي لمؤشر الغبار IDDI.

يمتص سطح الأرض الإشعاع الشمسي بحيث يكون أكثر دفئا من الغلاف الجوي المتراكم، وإذا كان الجو به غبار أو تراب، فيمكن اكتشافه لأنه أكثر برودة من السطح.

المصدر الرئيسي في IRT هو إشعاع السطح الساخن الذي ينبعث من الإشعاع إلى الفضاء، في حالة وجود الغبار يؤدي هذا إلى تغيير في نصوص الأشعة تحت الحمراء المنبعثة إلى الفضاء. في اليوم، يكون غبار درجة الحرارة ( $T_d$ ) أكثر برودة من سطح درجة حرارة ( $T_s$ ) مثل ( $T_s > T_d$ )، والإضاءة المنبعثة

إلى الفضاء أقل من الإضاءة المنبعثة من السطح ( $L^0_{SAT} > L_{SAT}$ )



الشكل II 16: المبدأ الفيزيائي للكشف عن الغبار في IRT.

إذا قمنا بتبسيط الافتراضات التالية:

\_ف1: وجود غازات ممتصة في الغلاف الجوي (بخار الماء ....) غير معروفة

\_ف2: نعتبر السطح الأسود ( $\epsilon_s = 1$ ) درجة حرارة السطح ( $T_s$ )

\_ف3: من المفترض أن يكون الغبار غير منتشر ومتساوي الحرارة ( $T_d$ ) ونفاذيته TR في IRT.

\_ف4: نتجاهل تأثير الغبار على درجة حرارة السطح (الاحتباس الحراري والغازات الدفيئة).

❖ نصوص السطح (الأسود المفترض) المنبعث نحو الفضاء في جو صاف (بدون سحابة):

10. II  $L^0_{SAT} = B(T_s)$  ✓ في غياب الغبار:

11. II  $L_{SAT} = T_r \cdot B(T_s) + (1 - T_r) \cdot B(T_d)$  ✓ في وجود الغبار:

التأثير الإشعاعي لطبقة الغبار في الأشعة تحت الحمراء الحرارية أو التباين الحراري هو:

12. II  $\Delta L_{sat} = L^0_{sat} - L_{sat} = (1 - T_r) \cdot [B(T_d) - B(T_s)]$  \_\_\_\_\_

الزوابع الرملية

يتم التعبير عن النفاذية  $T_r$  بواسطة :

$$13. II \quad T_r = \exp(-\delta_d)$$

عندما تكون (  $T_r = 0$  ) نصل إلى الحد الأقصى للتأثير (طبقة شديدة الكثافة) وتكون معادلة التباين الحراري بالشكل التالي :

$$14. II \quad \Delta L_{sat}^{max} = B(T_d) - B(T_s)$$

التأثير الإشعاعي "  $\Delta L_{sat}$  " هو مؤشر الغبار IDDI في درجة حرارة اللمعان أو السطوع. [7] [56]

**الفصل الثالث :**  
**الدراسة الزمانية والمكانية للزوابع**  
**الرملية والترابية**

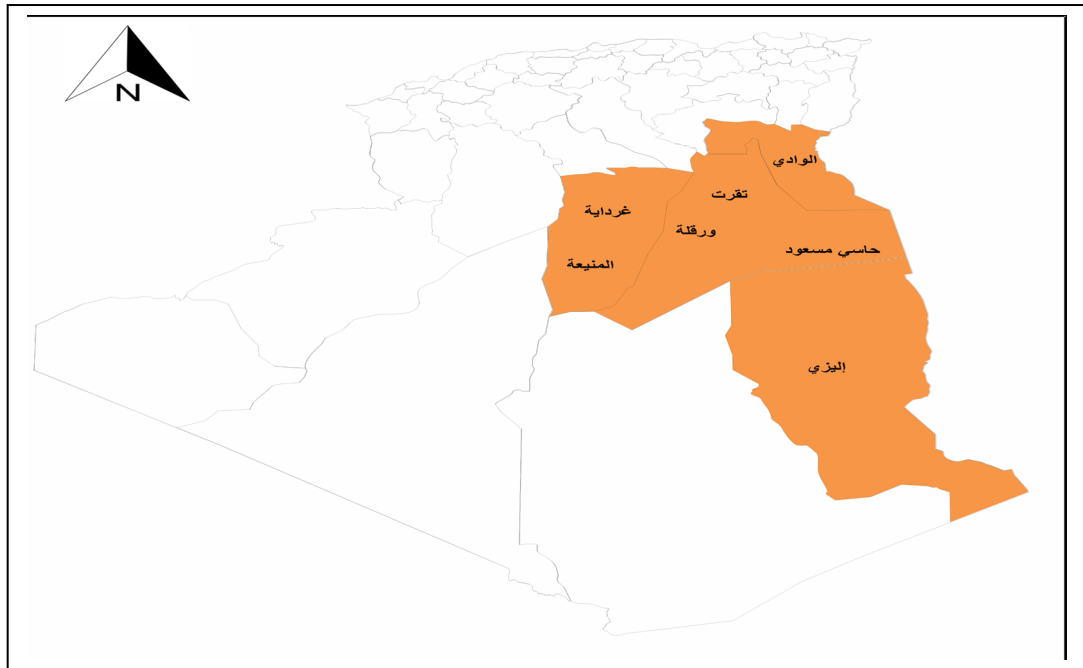
## الفصل الثالث : الدراسة الزمنية والمكانية للزوابع الرملية والترابية

### 1.III. مقدمة :

بعد ما تطرقنا إليه في الفصلين السابقين من دراسة مناخية و جيومرفولوجية للصحراء الجزائرية ومختلف طرق وأجهزة قياس الزوابع الرملية والترابية لفهم سلوكها المكاني والزمني بشكل أفضل و أدق. ندرس في هذا الفصل انطلاقا من فترة الدراسة تحليل مجموعة من البيانات المأخوذة من مختلف المحطات يتم التعرف على أوقات حدوث الظاهرة مع تحديد عتبات السرعة والرؤية الأفقية و دراسة الظاهرة نهائيا و شهريا و موسميا و سنويا.

### 2.III. عرض منطقة الدراسة :

المنطقة المدروسة تتمثل في الصحراء الجزائرية و التي تمثل حوالي 85% من مساحة البلاد وهي منطقة تتميز بوجود زوابع رملية و ترابية ، لدراستنا تم اختيار سبع محطات من الشبكة السينوبتيكية الوطنية وهي : ورقلة ، تقرت ، حاسي مسعود ، إليزي ، غرداية ، الوادي والمنيعية كما تبينه بالألوان الصورة 1. III ، وأهم خصائصها الجغرافية يوضحها الجدول 1. III.



الشكل 1. III: منطقة الدراسة موضحة باللون البرتقالي ( المصدر ONM )

المحطة	خط الطول	خط العرض	الإرتفاع (م)	نظام العمل	فترة الدراسة
ورقلة	05° 24' E	31° 56' N	138	H24	2017-1996
تقرت	05° 06' E	33° 04' N	72	H24	2017-1996
حاسي مسعود	06° 08' E	31° 39' N	152	H24	2017-1996
الوادي	06° 47' E	33° 30' N	84	H24	2017-1996
غرداية	03° 47' E	32° 23' N	503	H24	2017-1996
المنيعة	02° 88' E	30° 56' N	396	H24	2017-1996
إليزي	08° 37' E	26° 43' N	556	H24	2017-1996

جدول III. 1 الخصائص الجغرافية لمحطات الدراسة ( المصدر ONM )

### 3.III. مصادر المعلومات :

استخدمنا في هذه الدراسة البيانات المناخية المقدمة من المكتب الوطني للأرصاد الجوية حيث تم تزويدنا بمعطيات مناخية بيانية تغطي مناطق الدراسة من عام 1996 إلى 2017 ، تم الحصول على هذه البيانات من برنامج معالجة البيانات المناخية ، تحتوي الملفات على جداول مرتبة بالتنسيق التالي : رمز المحطة ( رمز OMM ) ، التاريخ ، الشهر ، اليوم ومعطيات الرصد الجوي كل ثلاث ساعات والمتمثلة في تكرار وجود الزوابع الرملية والترابية ، الرؤية ، سرعة واتجاه الرياح ، الضغط ، الدرجة الدنيا والعليا للحرارة و نسبة الأمطار .

نعتبر هذه البيانات موثوقة على الرغم من تأثر البيانات بعدة عوامل من بينها الدقة في القياس والملاحظة و الحكم الشخصي للمراقب حيث يختلف من مراقب إلى آخر استنادا لعمر ، تجربة و امتهان المراقب للعمل لذا يشوب المعطيات العامل الشخصي وهو عامل مهم في الدراسة .

المحطات المدروسة والتي يوضحها الجدول III. 1 تعمل يوميا و على مدار الساعة حيث تتضمن بياناتها عدد قليل جدا من الفجوات و النقائص قدرت ب (0.09%) لفترة الدراسة الممتدة من 1996 إلى

2017.

## 4.III. اختيار البيانات المستخدمة :

## 1.4.III. شروط حدوث الزوابع الرملية والترابية :

في سياق الدراسة نميز بين أنواع الزوابع الرملية والترابية بالطريقة الموضحة في الجدول III 2، حيث نميز بينها باختلاف الرؤية والخصائص المصاحبة للظاهرة مثل كيفية تطاير الرمال وسرعة الرياح

الرؤية (كم)	الخصائص	الطقس الحالي(رمز ww )	التسمية
3 >	حزبيئات من الغبار العالق في الجو دون ترسب حين الرصد	5	الغيش
3 >	حزبيئات من الغبار العالق في الجو مع ترسب حين الرصد	6	الغبار العالق
10 >	غبار أو أتربة مرفوعة من سطح الأرض بفعل الرياح السطحية القوية	7	الغبار الصاعد
1 >	ارتفاع الرمل أو الغبار من سطح الأرض مع رياح قوية	9 30 إلى 36	العواصف الرملية

## جدول III 2: تسمية أنواع الزوابع الرملية والترابية وأهم خصائصها ( المصدر ONM )

يوضح الجدول III 2. مختلف أنواع حدوث الغبار حيث تتمثل الخانة الأولى في تسمية النوع

والعمود الثاني يشير إلى الطقس المصاحب لنوع الظاهرة ، في العمود الثالث شرح لأهم الخصائص

المرتبطة بالجزيئات التي تؤثر عليها الظاهرة و نرى في العمود الثالث الرؤية المميزة لنوع الظاهرة .

النوع الأهم في دراستنا هو النوع الأخير العواصف الرملية و هي ظاهرة تتميز السرعة القصوى

للرياح و أدنى مستوى للرؤية ، نرى فيها ارتفاع الرمل و الغبار إلى مستويات عليا من الغلاف الجوي

و انتقالها عبر مسافات طويلة.



**III.2.4. بيانات الرياح :**

لتحديد سرعة الرياح و قياسها أهمية كبيرة في التنبؤ بحركات الملاحة الجوية و البحرية، تقاس بيانات السرعة واتجاه الرياح عادة على ارتفاع 10 أمتار فوق سطح الأرض .

يتم تسجيل المعلومات كل ثلاث ساعات حيث تتمثل في متوسط السرعة واتجاه الرياح في آخر عشر دقائق المسجلة من الثلاث ساعات، تمثل هذه البيانات قيمة عالمية لسرعة الرياح واتجاهها وتمحو الطفرات ما بين الزيادة القصوى للسرعة وفترات الهدوء و كذلك تشير هذه البيانات إلى لمحة عامة على اتجاه الرياح

تعالج المعطيات في جدول لنحصل على نظرة يومية للسرعة والاتجاه الخاصة بمحطات المنطقة المدروسة في الفترة 1996-2017.

بالنسبة لجميع المحطات المستخدمة لدينا كل ثلاث ساعات سرعة و اتجاه للرياح كما لدينا أيضا معلومة يومية متوسطة لكل من السرعة والاتجاه.

يتم تحليل بيانات فترة الدراسة 1996\_2017 الخاصة بكل محطة لاكتشاف زمن حدوث الزوبعة مع تحديد اليوم، الشهر والسنة و هاذ بالاعتماد على شروط وجود الزوابع الرملية والترابية الموضحة في الجدول 2.3. وهاذ قصد التعرف على الخصائص الخاصة بها

**III.3.4. بيانات الرؤية الأفقية :**

تعتبر الرؤية الأفقية معطى بياني هام للأرصاد الجوية حيث يتم تقديرها انطلاقا مما يشاهده مراقب متخصص في ذلك و تعتبر عامل مهم لعلماء الأرصاد الجوية

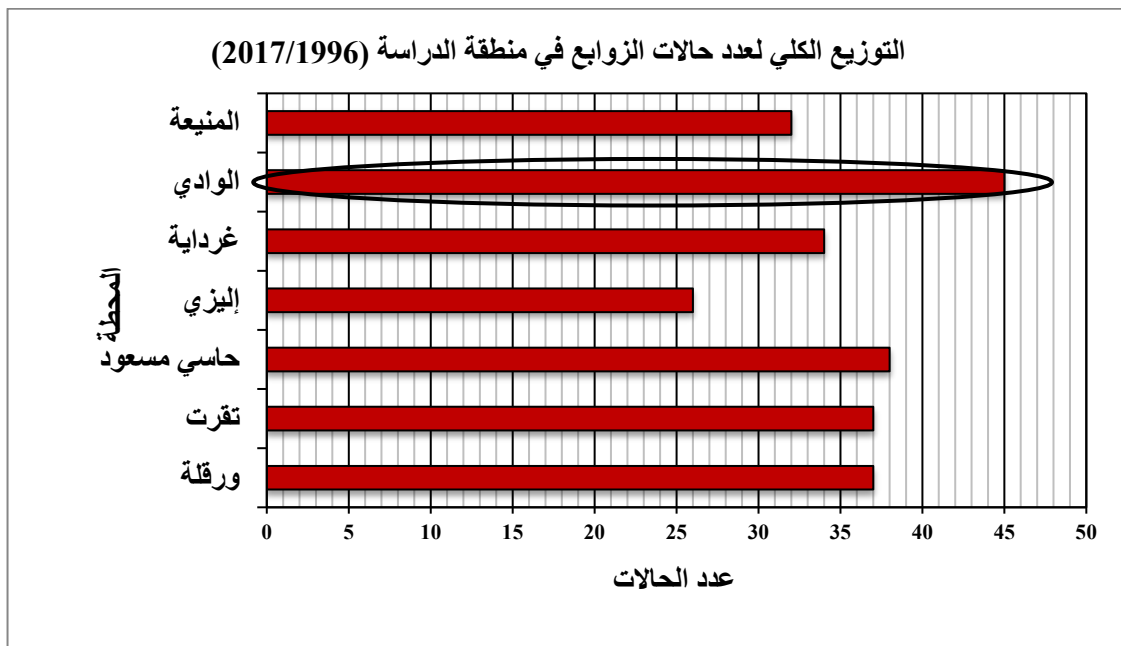
يتم قياس الرؤية وفقا لمعايير المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (OMM) و ذلك بتقدير أقصى مسافة يمكن للمراقب من خلالها تحديد الهدف في النهار ، أما فالليل فالأمر يختلف و تقدر بملاحظة أهداف ومعالم خاصة بالمحطة و تكون هذه الأهداف مضيئة وعلى مسافة معلومة لدى المراقب والتي

تكون مرئية في الأجواء العادية و تختلف عندما تكون الرؤية غير متماتلة في كل الاتجاهات و تأخذ اقصر مسافة يمكن رؤيتها من الاتجاهات .

تم اخذ بيانات الرؤية مبدئيا من ملفات ( clicom ) المقدمة من طرف المنظمة الوطنية للأرصاد الجوية عبر محطات الدراسة و تتمثل هذه البيانات في جداول و يتم تسجيل كل ثلاث ساعات رقم للرؤية الذي يتراوح ما بين 10 إلى 1000 دام.

يتم التمييز بين أنواع الزوابع الرملية والترابية عندما تقل الرؤية عن 1000 أو 500 أو 300 أو 100، النوع الهام في دراستنا هو النوع الذي تقل فيه الرؤية إلى اقل من 100 دام و هو ما يقابله وجود زوبعة رملية و ترابية.

#### III.4.4. تحليل عدد حالات الزوابع الرملية والترابية لمحطات منطقة الدراسة :

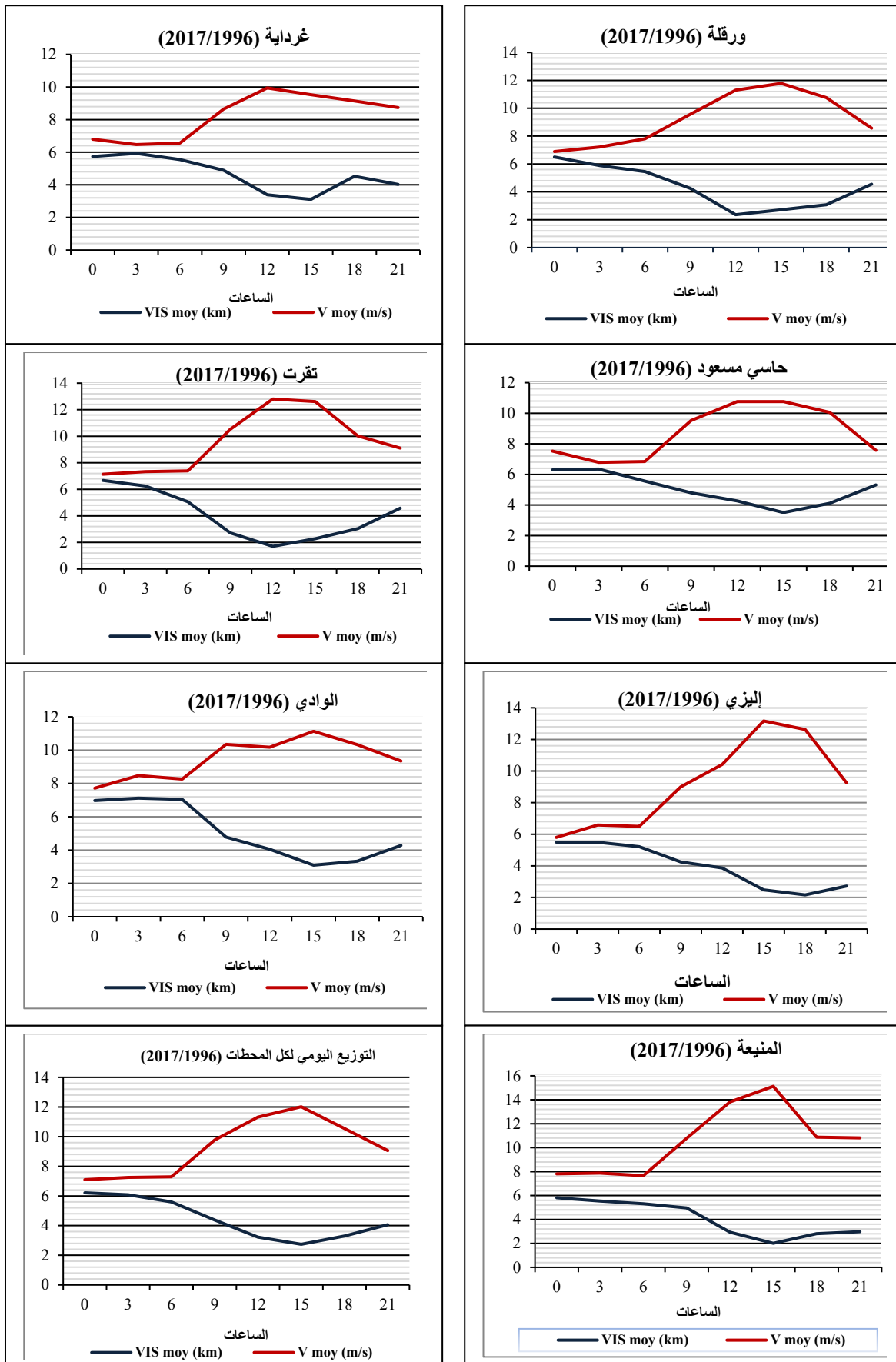


الشكل III. 2: توزيع حالات الزوابع في محطات منطقة الدراسة (1996\_2017)

في منطقة الدراسة العواصف الرملية والترابية متباين بين المحطات طول فترة الدراسة 1996\_2017 و ذلك ما نلاحظه في الرسم البيان الموضح في الصورة III. 2 حيث نرى أن محطة الوادي بتسجيل أكثر من 40 حالة حازت على أكثر تكرار للزوابع بينما الأقل كان في محطة إليزي بتسجيل 26 حالة .

**5.III. الدراسة الزمنية :****1.5.III. التوزيع اليومي :**

المعروف في أوساط المجتمع انه غالب ما تحدث الزوابع الرملية في النهار و تختفي أو تتضاءل في الليل ، من خلال الدراسة اليومية للزوابع الرملية والترابية التي تعطي قياس كل ثلاث ساعات في كل المحطات وطوال فترة الدراسة 1996\_2017 تبين أن الزوابع الرملية والترابية غالبا ما تحدث في النهار و تحديدا في الفترة ما قبل الزوال بقليل إلى ما بعده.



الشكل III. 3: التوزيع اليومي للزوابع لمنطقة الدراسة (1996/2017)

✓ التحليل

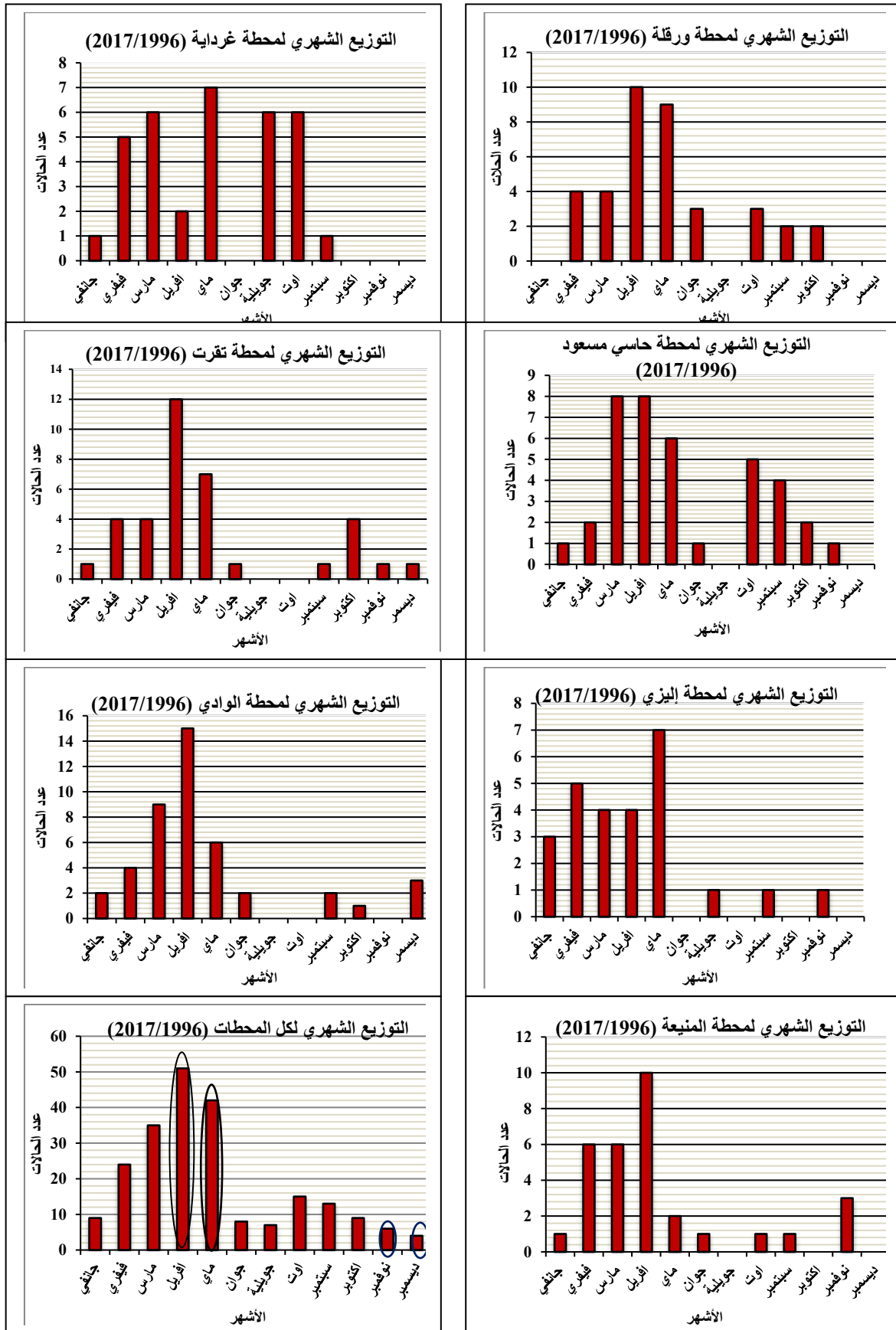
المنحنيات البيانية في الصورة III. 3. توضح في كل مربع منحنيان بيانيان لكل من السرعة المتوسطة والرؤية المتوسطة في ساعة معينة من اليوم عبر كل المحطات و تسجيل بياني يخصها مجتمعة، نلاحظ أن الحد الأقصى للسرعة المتوسطة في جميع المناطق يحدث في الفترة ما بين الساعة 09:00 إلى الساعة 15:00 بعد الزوال ، بينما يلاحظ أن الحد الأدنى للسرعة المتوسطة يكون في الفترة الليلية وتحديدًا ما بين الساعة 21:00 إلى الساعة 3:00 و هذا في كل المحطات تقريبا ، بالإضافة للمنحنى السرعة

والرؤية الكلية للمحطات، كما نلاحظ أن الحد الأدنى للرؤية المتوسطة في جميع المناطق يحدث في الفترة ما بين الساعة 09:00 إلى الساعة 15:00 بعد الزوال ، بينما يلاحظ أن الحد الأقصى للرؤية المتوسطة يكون في الفترة الليلية و تحديدًا ما بين الساعة 21:00 إلى الساعة 3:00 و هذا في كل المحطات تقريبا ، بالإضافة للمنحنى السرعة و الرؤية الكلي للمحطات .

✓ التفسير

في واقع الأمر إن التفسير منحنى السرعة المتوسطة وكونه ذو حد أعظمي في فترات النهار و تحديد في فترة من 9 إلى 15 يعود إلى عدم استقرار الذي تكون في الطبقة السطحية، بفعل درجة الحرارة الكبيرة القادمة من الأشعة الشمسية يكون الرمل والغبار ومكونات الدقيقة للطبقة السطحية في حالة عدم استقرار، الحرارة الكبيرة للطاقة الشمسية تساهم في عودة الطاقة إلى الطبقات الأقرب للسطح و السطحية، تتسبب هذه العملية في تمدد الكتل الهوائية التي تساهم في رفع أكبر كمية ممكنة من الغبار مما يتسبب في نزول الرؤية إلى أدنى مستوياتها .

## 2.5.III. التوزيع الشهري :



الشكل III. 4: التوزيع الشهري للزوابع (2017/1996)

✓ التحليل

من خلال التوزيع الشهري تم معالجة بيانات المنطقة و تصنيف حالات و تقسيمها كل شهر على حدى في كل المحطات و طول فترة الدراسة 1996\_2017 كما نلاحظ في الشكل III.4.

التوزيع الشهري للزوابع الرملية والترابية غالبا ما يكون ذو حد أقصى في الأشهر الجافة و كثير ما تكون محملة بالأتربة و الرمال و تساهم في رفع درجة الحرارة و كثرة موجات الحر.

تظهر المنحنيات البيانية عدد حالات الزوابع الرملية و الترابية في كل شهر من السنة طول الفترة 1996\_2017 حيث هناك بيان لكل محطة و بيان كلي لمحطات المنطقة المدروسة

إن الحد الأقصى لعدد حالات الزوابع الرملية والترابية كان في أشهر بين مارس و ماي بينما الحد الأدنى في الأشهر ما بين نوفمبر و جانفي، نلاحظ في محطة غرداية عدد معتبر من الزوابع في شهري جويلية و أوت

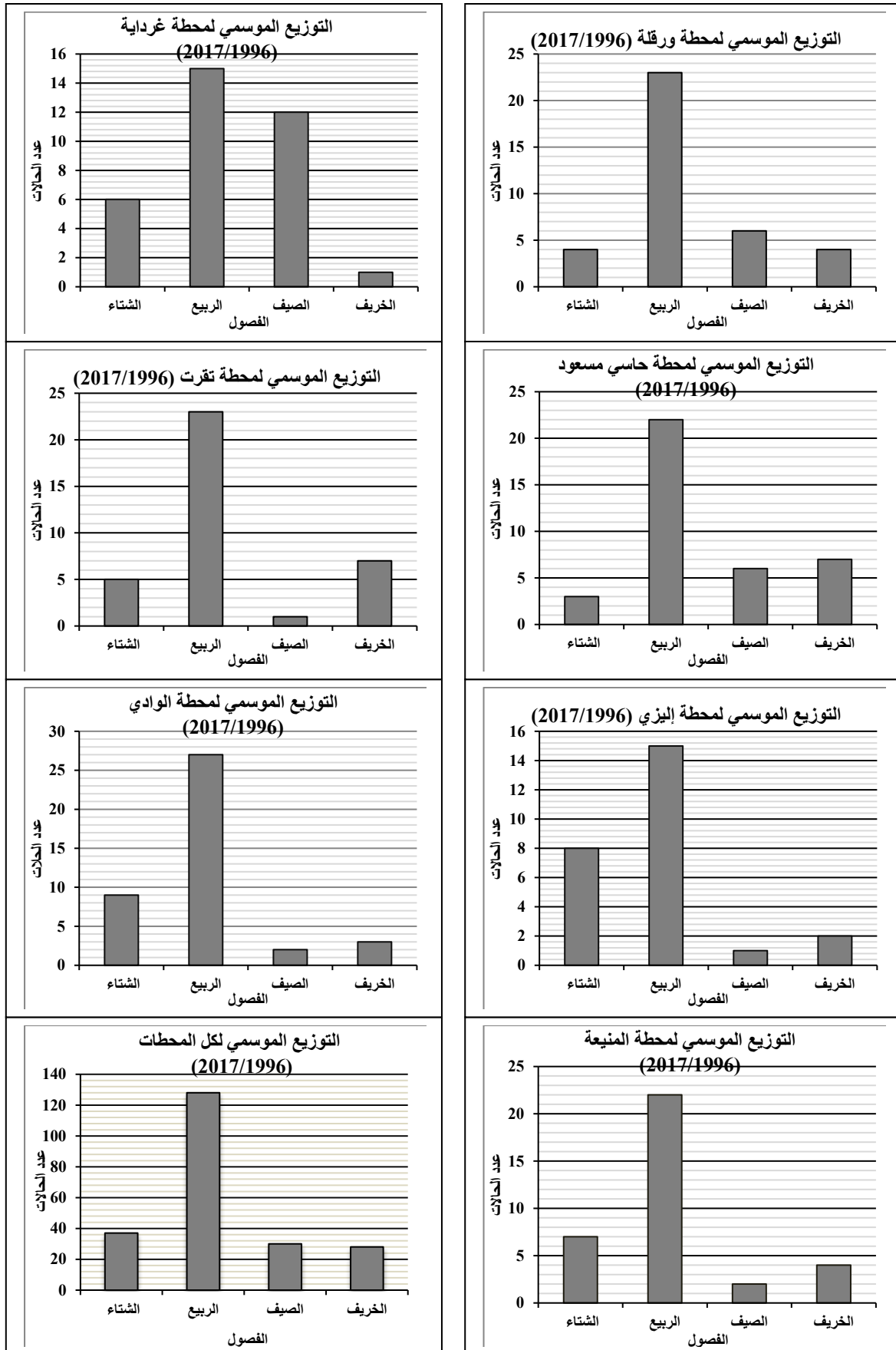
نلاحظ في محطة الوادي 15 حالة في شهر افريل و هو أكثر تكرار من بين المحطات الأخرى

✓ التفسير

نفسر اختلاف عدد الزوابع الرملية بين الأشهر لسبب وجود منخفض الضغط شرق البحر المتوسط والذي يتميز برياح شمالية شرقية في أشهر ما بين مارس و ماي وهذا ما توضحه المنحنيات البيانية لجميع المحطات، محطة غرداية تم تسجيل عدد من الحالات في أشهر جوان، جويلية و أوت لسبب تدفق الرياح الموسمية التي تتسبب في ارتفاعه الرمل و تنقله في تلك المنطقة في فترات أواخر الصيف

## III.3.5. التوزيع الموسمي :

الغالب إن النشاط الاعظمي للزوابع الرملية والترابية في منطقة الدراسة يكون في موسم الربيع و هذا يعود لخصوصيات المنطقة و قريبا من مصادر الرمل المتمثلة في صحراء ليبيا و صحراء جنوب الجزائر مع الحدود التشادية .



الشكل III. 5: التوزيع الفصلي للزوابع (2017/1996)



تم جمع بيانات التوزيع الشهري و جمع أشهر كل فصل مع بعضها وهذا في كل محطات الدراسة و طول المدة 1996\_2017 ثم تم رسم الأعمدة البيانية لعدد حالات الزوابع الرملية لكل فصل من الفصول الخاصة بكل محطة

#### ✓ التحليل

\_ تظهر الأعمدة البيانية تكرار الزوابع الرملية في كل فصل حيث نلاحظ تواجد العدد الأقصى من الزوابع في فصل الربيع من السنة لكل محطة و البيان موسمي لجمعها كما هو مبين في الشكل III. 5.

\_ لحظنا العدد الأقصى لحالات الزوابع الرملية والترابية في محطة الوادي حيث فاقت في فصل الربيع 25 زوبعة وهذا طول مدة الدراسة الممتدة من 1996 إلى 2017، لوحظ أيضا أدنى تكرار للزوابع الرملية و الترابية في فصلي الخريف والصيف من السنة لكل محطة و هذا طول مدة الدراسة.

\_ أدنى تكرار للزوابع الرملية و الترابية في محطة تقرت و هذا في فصل الصيف من كل سنة طوال فترة الدراسة 1996\_2017 .

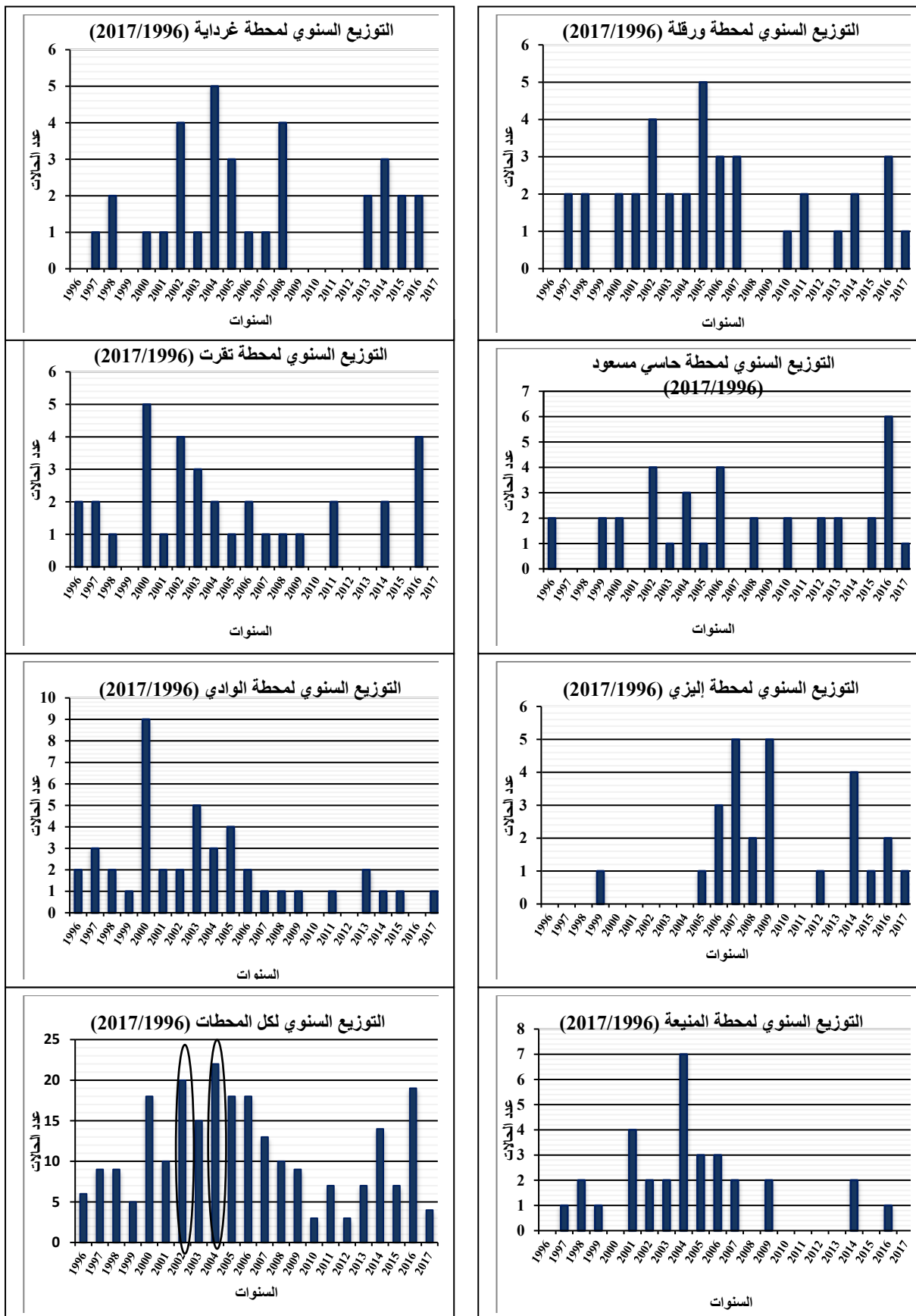
\_ في كل المحطات اجتاز عدد الزوابع الرملية 140 زوبعة مع احتساب الحالات المشتركة للمحطات

#### ✓ التفسير

\_ الحد الأقصى لوجود الزوابع الرملية والترابية يرتبط ارتباط كبير في تدرج الضغط المرتبط بتكوين منخفضات حرارية و نشاط مجرى الرياح و سرعتها و هاذ ابتداء من فيفري إلى أوائل فصل الصيف.

#### III.4.5. التوزيع السنوي :

من البيانات المستمدة من طرف محطات الرصد الجوي لمناطق الدراسة و بعد التحليل و التصنيف السنوي للزوابع الرملية و الترابية وجد إن هناك تباين بين سنوات الدراسة في الفترة الممتدة ما بين 1996 إلى 2017 و هذا ما يوضحه الشكل III. 6.



الشكل III. 6: التوزيع السنوي للزوابع (2017/1996)

✓ التحليل

نلاحظ تباين في توزيع عدد حالات الزوابع الرملية والترابية السنوي في كل المحطات و طول فترة الدراسة، أغلب الحالات كانت قد حدثت في سنوات 2000 ، 2002 و 2004 عند المشاهدة العامة للبيانات المحطات ، نصادف في محطة حاسي مسعود عدد أعظمي في سنة 2016 .  
منحنى الأعمدة البيانية الكلي للمنطقة مع احتساب الحالات المشتركة للمناطق نرى تردد أعظمي في كل من السنوات 2000، 2002، 2004 و 2016.

✓ التفسير

السنوات التي يكون فيها تردد الزوابع الرملية أعظمي بالنسبة لكل المحطات نفسها التي نصادف فيها انخفاض كبير لهطول الأمطار على باقي السنوات و بالتالي هناك علاقة عكسية بين هطول الأمطار

وحدوث الزوابع الرملية ، حيث تعمل كميات المياه المتساقطة على إكساب التربة وزن إضافي يحول دون صعودها إلى الغلاف الجوي .

في 2010 نادر ما نسجل وجود زوبعة رملية في كل المحطات وهذا ما يؤكد المعلومة السابقة لأنه في سنة 2010 كانت كميات معتبرة من الأمطار في منطقة الدراسة .

**III.5.5. نظام الرياح المرتبطة بتكوين الزوابع الرملية :**

يتعرف مراقب الطقس لدى مصلحة الأرصاد الجوية تقريبا في أي مدى من سرعة الرياح التي يمكن من خلالها حدوث الزوابع الرملية والترابية ، من الضروري استخدام معيار معين للسرعة قصد معرفة حدوث العاصفة الرملية والترابية ، يرتبط هذا المعيار أيضا بطبيعة التربة و الأرض وتتمثل في :

\_ محتوى الرطوبة على سطح الأرض

\_ الكثافة النباتية لسطح الأرض

\_ حجم النباتات التي تغطي التربة

\_ تأثير الجفاف ودرجة الحرارة على سطح الأرض

تم ضبط السرعة اللازمة لحدوث العواصف الرملية والترابية من طرف المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (OMM) و التي يجب أن تكون سرعتها القصوى أكبر من أو تساوي 16 م /ث .

### III.5.5. تقسيم اتجاه الرياح في منطقة الدراسة :

#### ✓ تقسيم اتجاه الرياح في الحالة العامة

من رسم (برنامج R : برنامج يستعمل الدراسة الإحصائية ) ودراسة واردة الرياح الخاصة بكل محطة في مواسم حدوث الزوابع الرملية طول مدة الدراسة 1996\_2017 و نجد أن الغالب على نظم الرياح يكون شمالي حيث يكون:

\_ شمالي - شمالي شرقي في محطة غرداية السرعة القصوى بلغت 21 م/ث.

\_ شمالي في محطة ورقلة السرعة القصوى بلغت 25 م/ث.

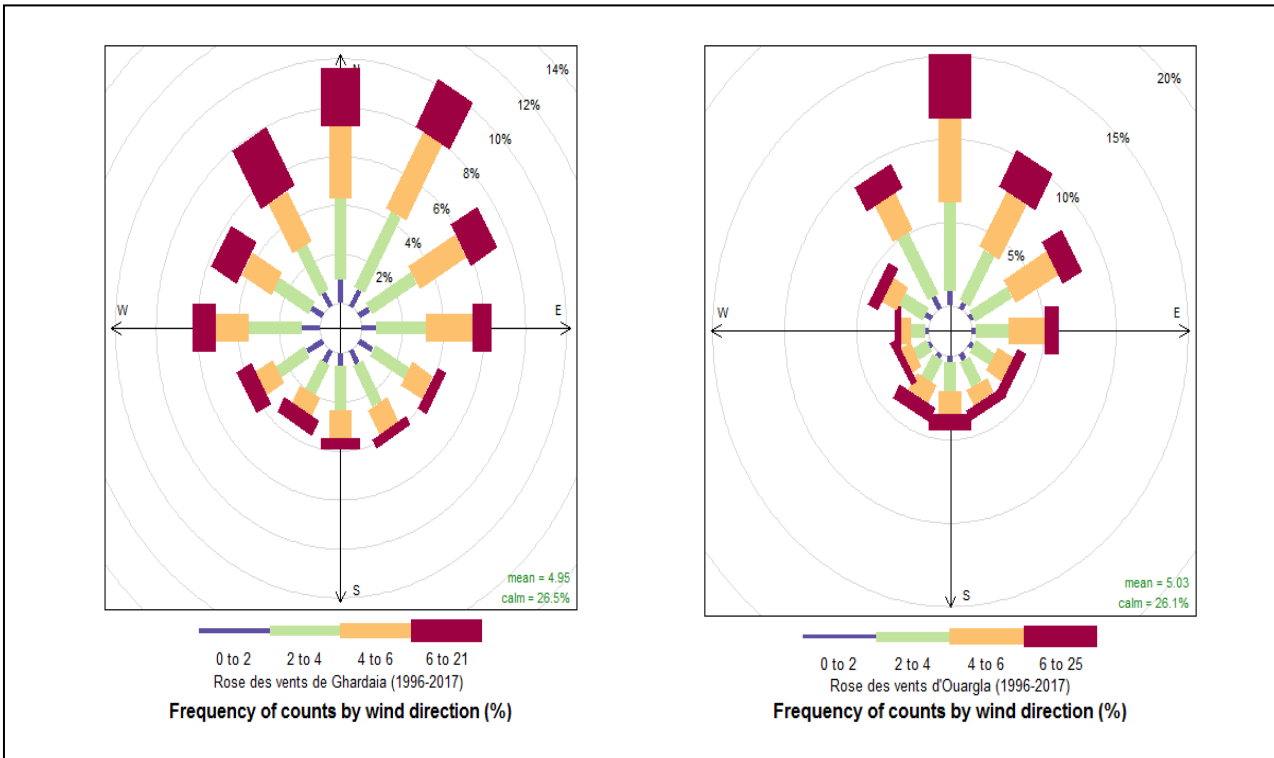
\_ شرقي في محطة تقرت السرعة القصوى بلغت 23 م/ث.

\_ شمالي - شمالي شرقي في محطة حاسي مسعود السرعة القصوى بلغت 24 م/ث.

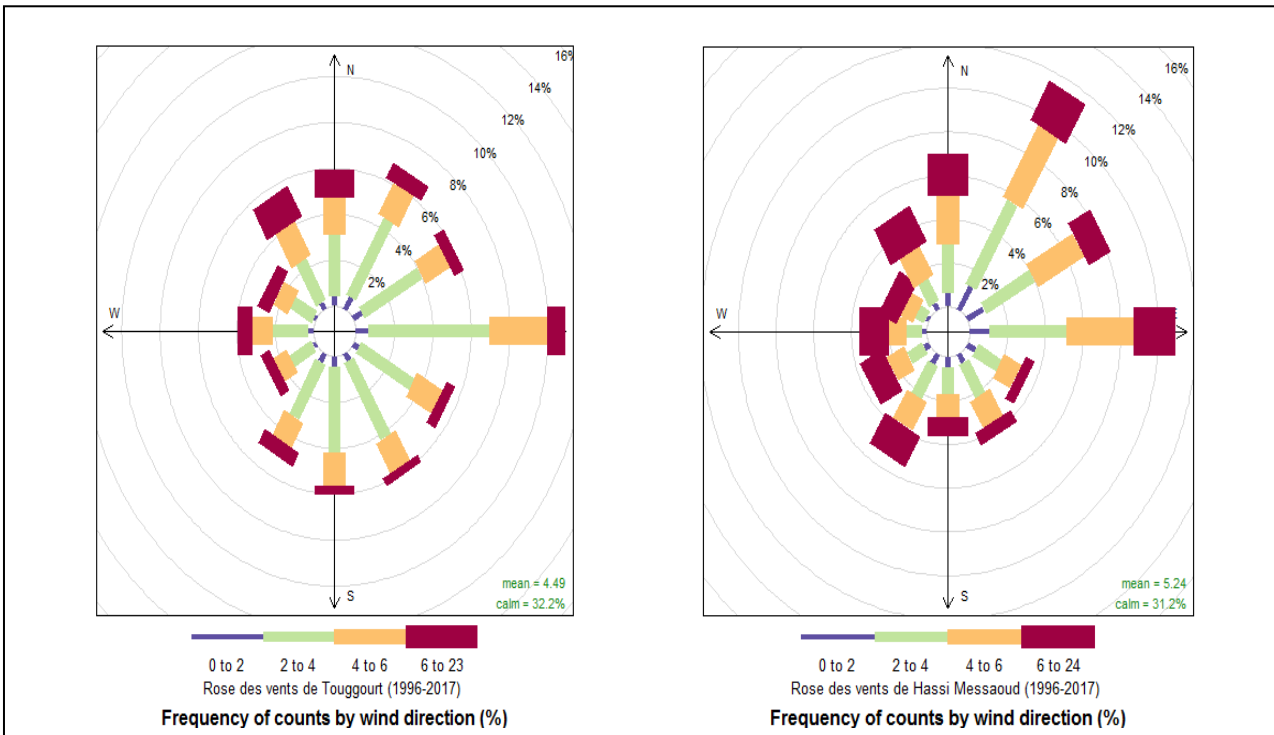
\_ شرقي في محطة الوادي السرعة القصوى بلغت 23 م/ث.

\_ شرقي في محطة إليزي السرعة القصوى بلغت 23 م/ث.

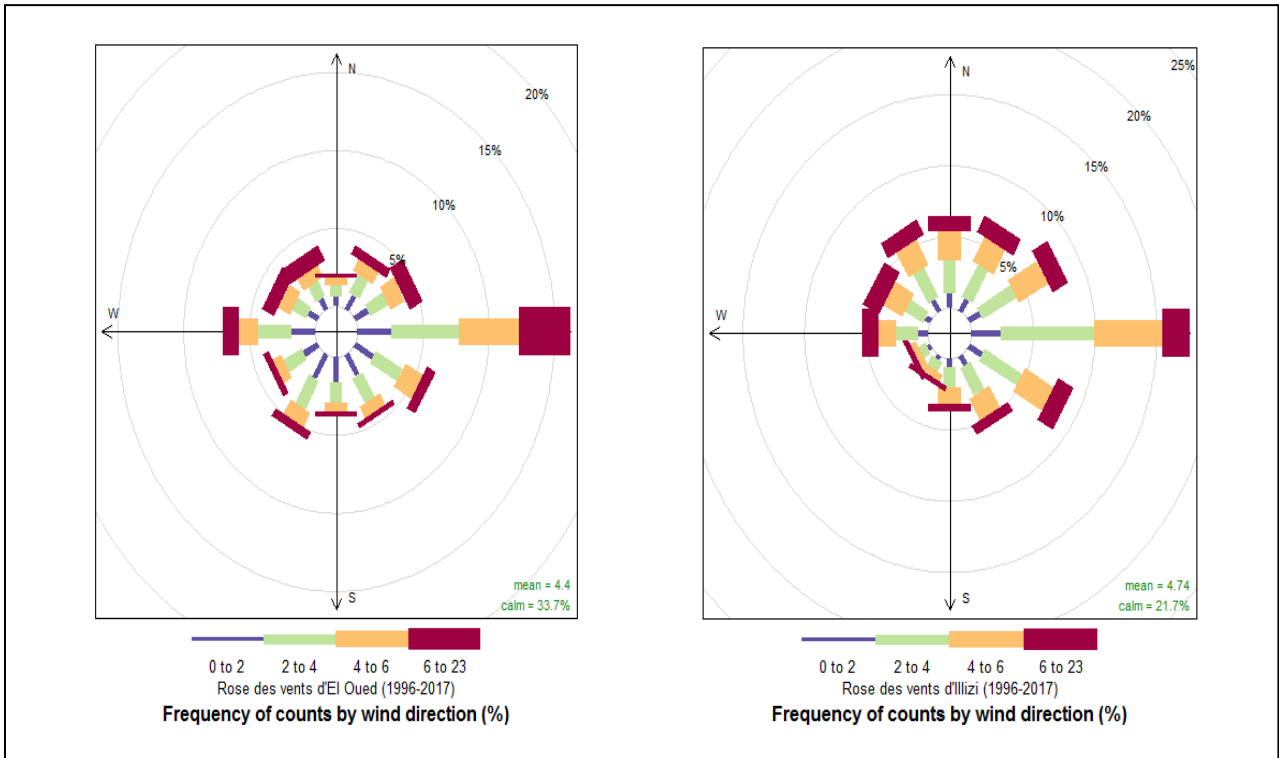
\_ شمال شرقي في محطة المنيعه السرعة القصوى بلغت 35 م/ث.



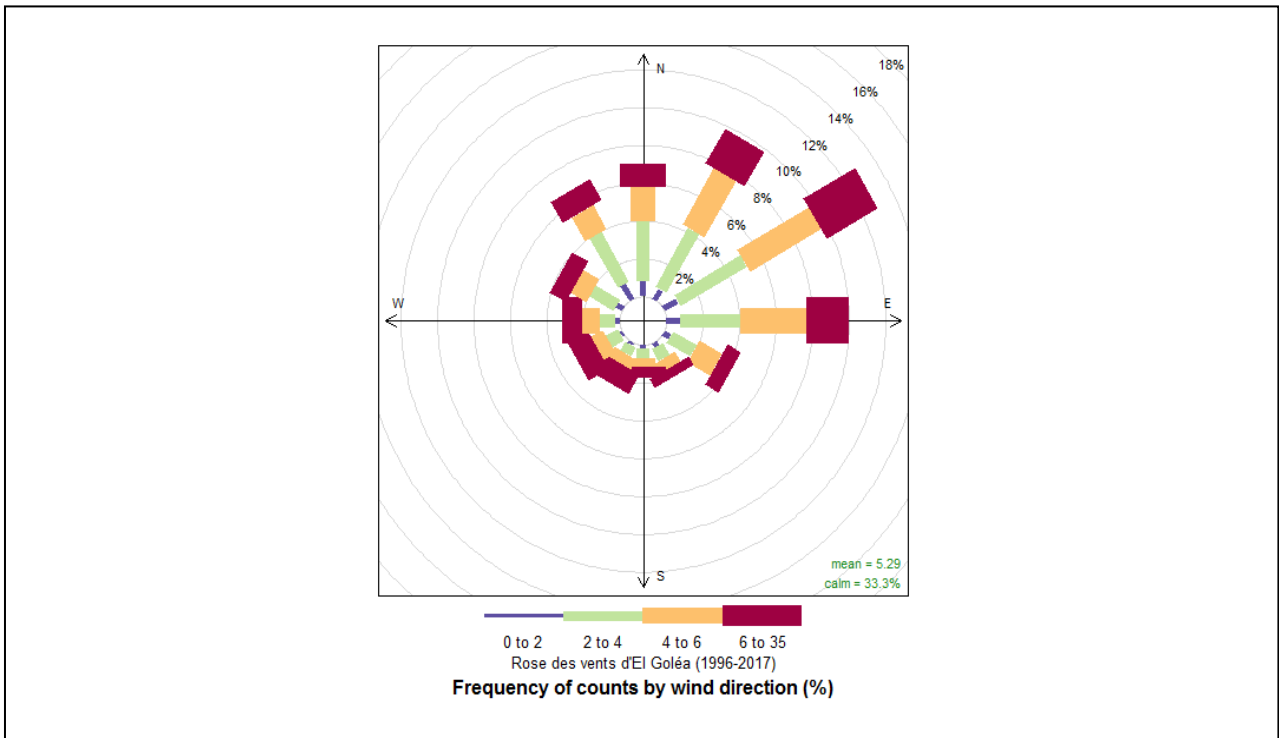
الشكل III 7: وردة الرياح الخاصة بمحطتي ورقلة وغرداية في فترة الدراسة (1996-2017) (برنامج R)



الشكل III 8: وردة الرياح الخاصة بمحطتي حاسي مسعود وتقرت في فترة الدراسة (1996-2017) (برنامج R)



الشكل III.9: وردة الرياح الخاصة بمحطتي إليزي والوادي في فترة الدراسة (1996-2017) (برنامج R)



الشكل III.10: وردة الرياح الخاصة بمحطة المنيعية في فترة الدراسة (1996-2017) (برنامج R)

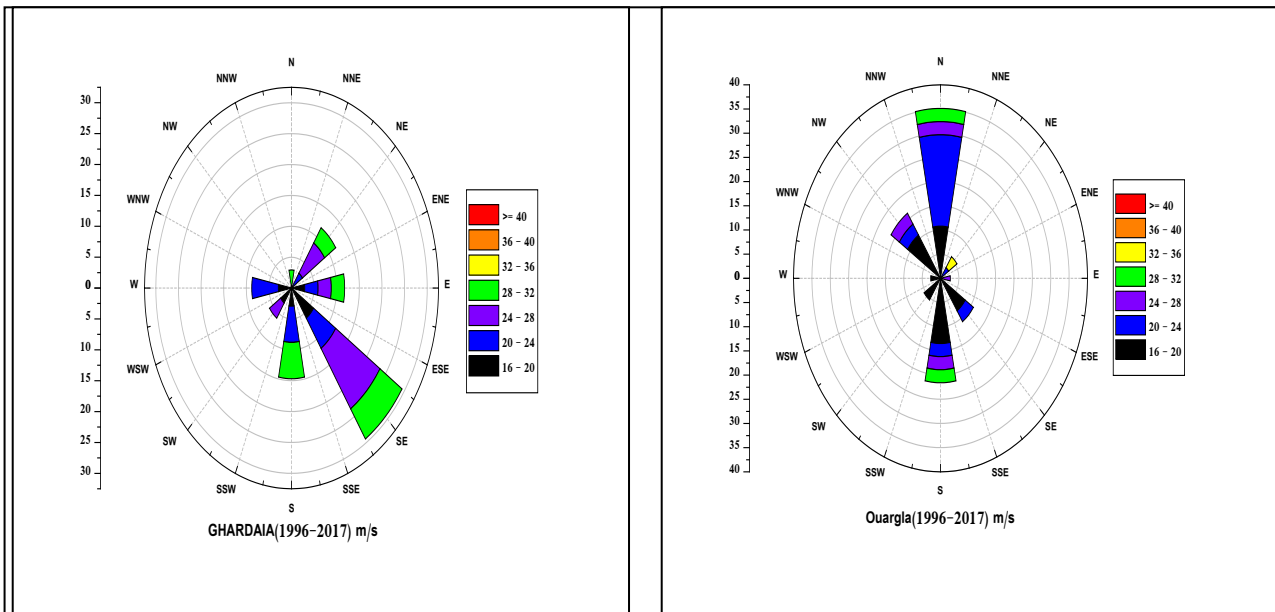
✓ تقسيم اتجاه الرياح في الحالات حدوث الزوابع

رسم وردة الرياح الخاصة بكل محطة في حالات وجود الزوابع فقط عبر برنامج (origin pro 9.0)

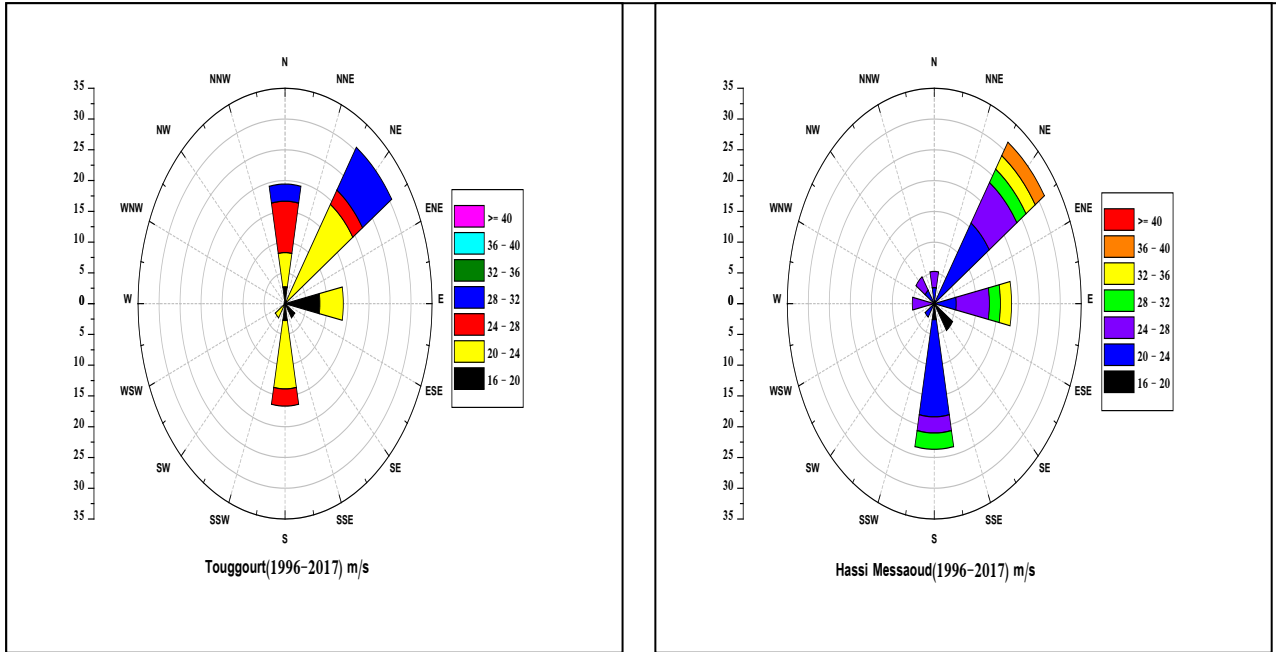
وتأكيد لمعومات الرياح العامة ندون أهم المعلومات في الجدول III 3. :

المحطة	الاتجاه	مجال السرعة السائدة	السرعة القصوى (م/ث)
غرداية	جنوبي _ شرقي	[28 – 24]	35
ورقلة	شمالي	[24 – 20]	35
تقريت	شمالي _ شرقي	[24 – 20]	36
حاسي مسعود	شمالي _ شرقي	[24 – 20]	38
الوادي	شرقي	[28 – 24]	32
إليزي	شرقي	[24 – 20]	31
المنيعية	شمالي _ شرقي	[32 – 28]	40

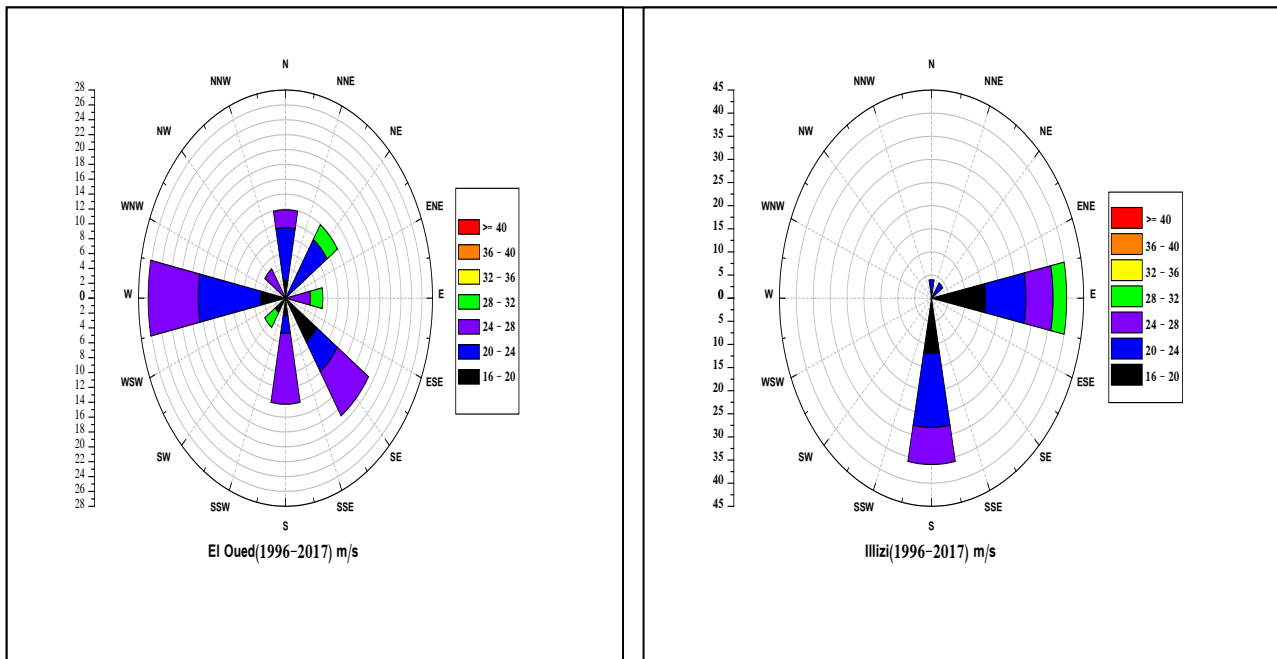
جدول III 3. يبين تحليل وردة الرياح حالات الزوابع فقط لكل المحطات (1996-2017)



الشكل III 11. وردة الرياح حالات الزوابع الخاصة بمحطتي ورقلة وغرداية في فترة الدراسة (1996-2017)

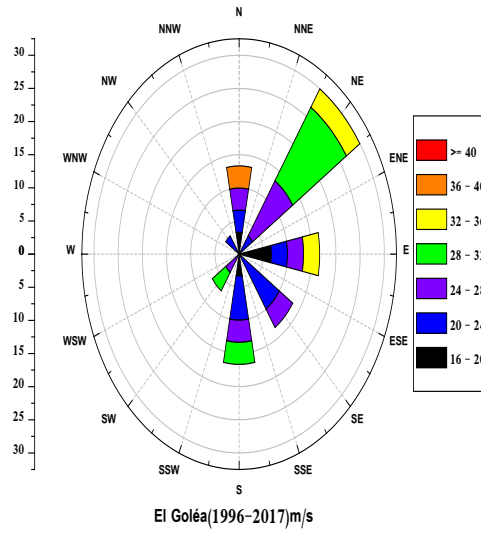


الشكل III. 12: وردة الرياح حالات الزوابع الخاصة بمحطتي حاسي مسعود وتقرت في فترة الدراسة (1996-2017)



الشكل III. 13: وردة الرياح حالات الزوابع الخاصة بمحطتي إليزي والوادي في فترة الدراسة (1996-2017)





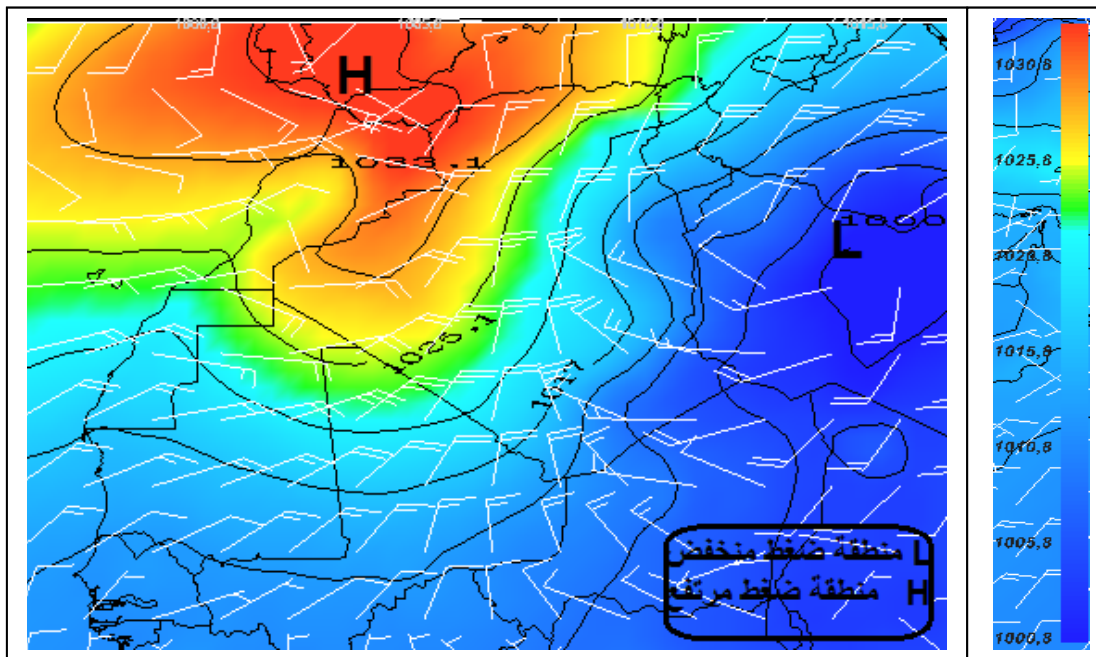
الشكل III.14: وردة الرياح حالات الزوابع الخاصة بمحطة المنيعة في فترة الدراسة (1996-2017)

### 6.III. الدراسة المكانية :

على المستوى الدراسة المكانية ندرس الزوابع الرملية والترابية باختيار الحالات المشتركة للزوابع عبر المحطات مما يتيح لنا دراسة على نطاق واسع (مقياس السنوي) ، نختار من الحالات المشتركة حدثين غباريين هامين يشترك فيها أغلب المحطات وهما (2004/03/3-5)، (2007/03/8-10) وهذا لتوفر المعطيات اللازمة للدراسة، تتمثل الدراسة في تحديد على الخريطة كل من مناطق الضغط المرتفع والمنخفض، سرعة واتجاه الرياح نختار ثلاث أزمنة من وقت حدوث الزوبعة و التي تتمثل في بداية ونهاية والحد الأقصى لعمر الزوبعة

#### 1.6.III العاصفة الرملية 2004/03/5-3 (ورقلة-تقوت-حاسي مسعود-غرداية-الوادي)

بداية الزوبعة 2004/03/03 على الساعة 12:00، أقصى إثارة للزوبعة 2004/03/04 على الساعة 12:00، نهاية الزوبعة 2004/03/05 على الساعة 18:00.



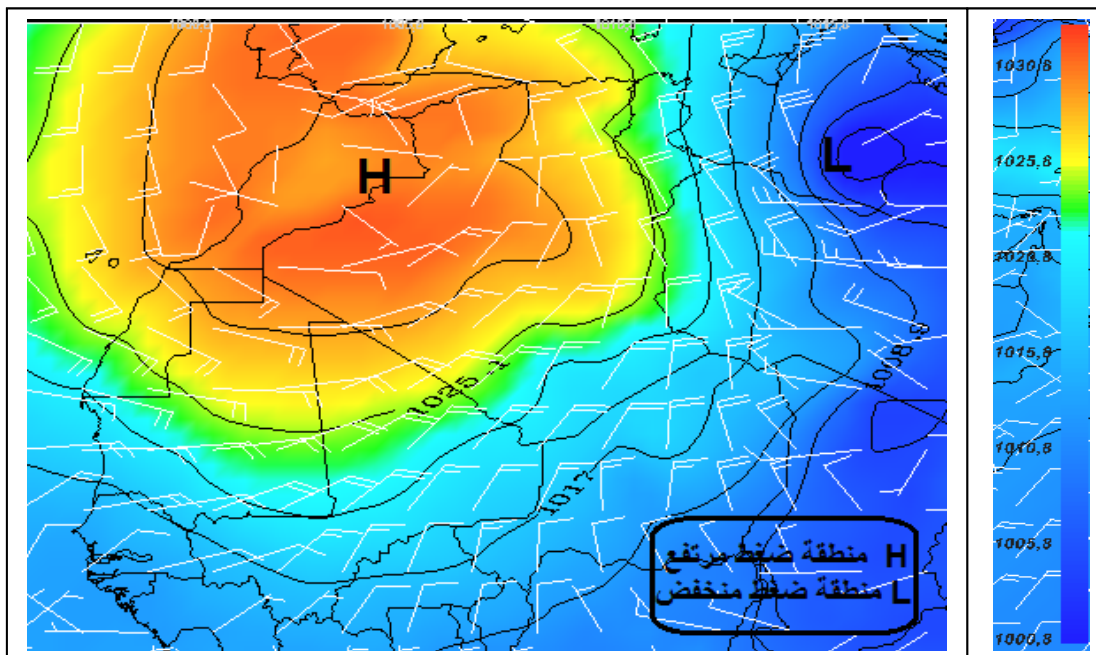
الشكل III 15.: توزيع الرياح ومناطق الضغط عند بداية الزوبعة (2004/03/03)

(برنامج (McIDAS-V1.8)(ECMWF)

تعمل مناطق الضغط المرتفع (1033 hpa) والمنخفض (1000 hpa) على إثارة رياح قوية تفوق

25 م/ث قادمة من الناحية الشمالية الغربية للبلاد، تسبب سرعة الرياح القوية إثارة كبيرة للرمل و هذا ما

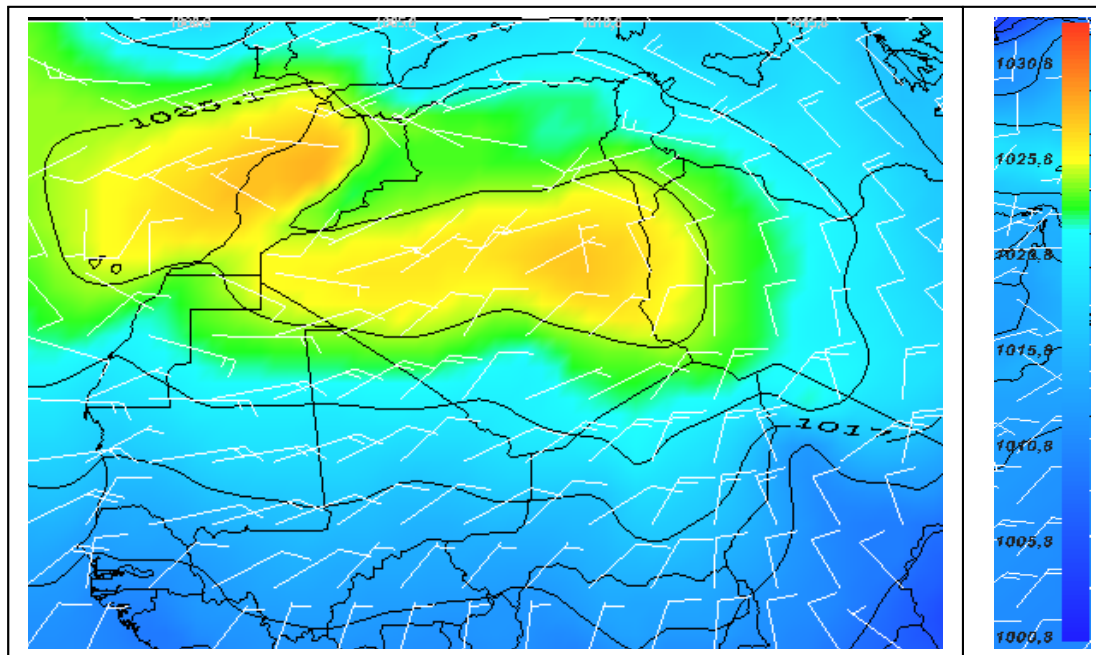
نلاحظه عند بداية اليوم الأول للزوبعة الرملية.



الشكل III 16.: توزيع الرياح ومناطق الضغط عند أقصى إثارة للزوبعة (2004/03/04)

(برنامج (McIDAS-V1.8)(ECMWF)

تصل الرياح إلى سرعة قصوى و تفوق 30 م/ث في اليوم الثاني للزوبعة مع تقارب ملحوظ لمنطقتي الضغط المنخفض والمرتفع و هذا ما يفسر الزيادة الكبيرة للرياح



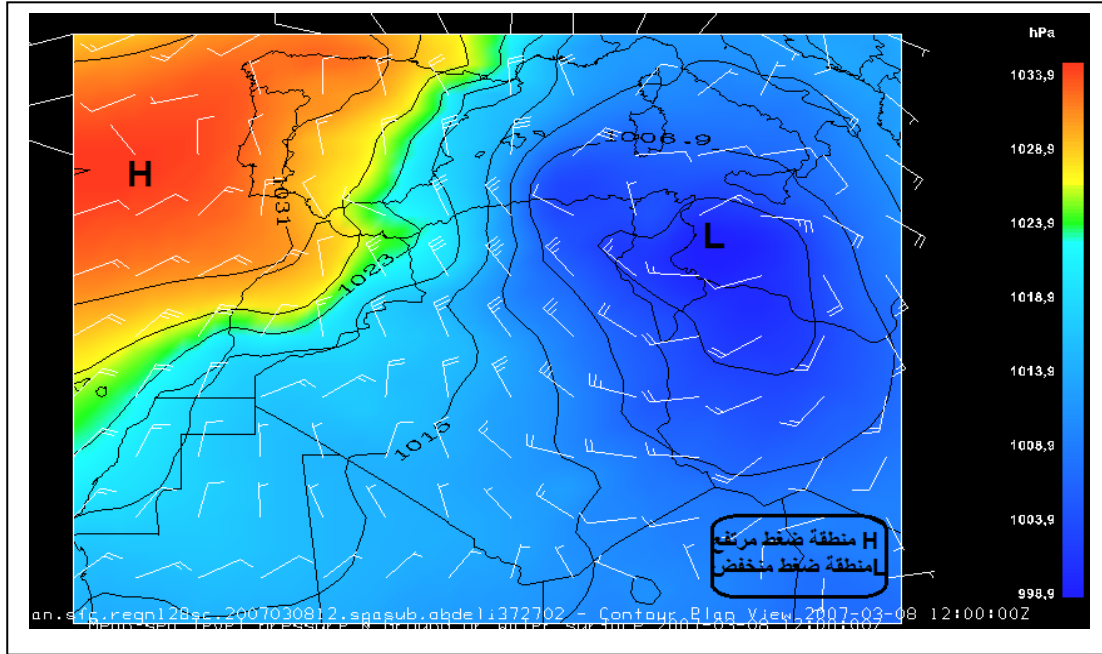
الشكل III 17: توزيع الرياح ومناطق الضغط عند نهاية الزوبعة (2004/03/5)

(برنامج McIDAS-V1.8)(ECMWF)

في اليوم الثالث من عمر الزوبعة نلاحظ ابتعاد منطقة الضغط المنخفض نحو أقصى شرق إفريقيا مع تبدد منطقة الضغط المرتفع و نزوحها إلى الغرب نحو الأطلسي ، مما يسبب في انخفاض كبير لسرعة الرياح إلى اقل من 15 م/ث و زوال الزوبعة الرملية.

### III.6.2 العاصفة الرملية 2007/03/10-8 (غرداية-المنيعة-حاسي مسعود-ورقلة-تقرت)

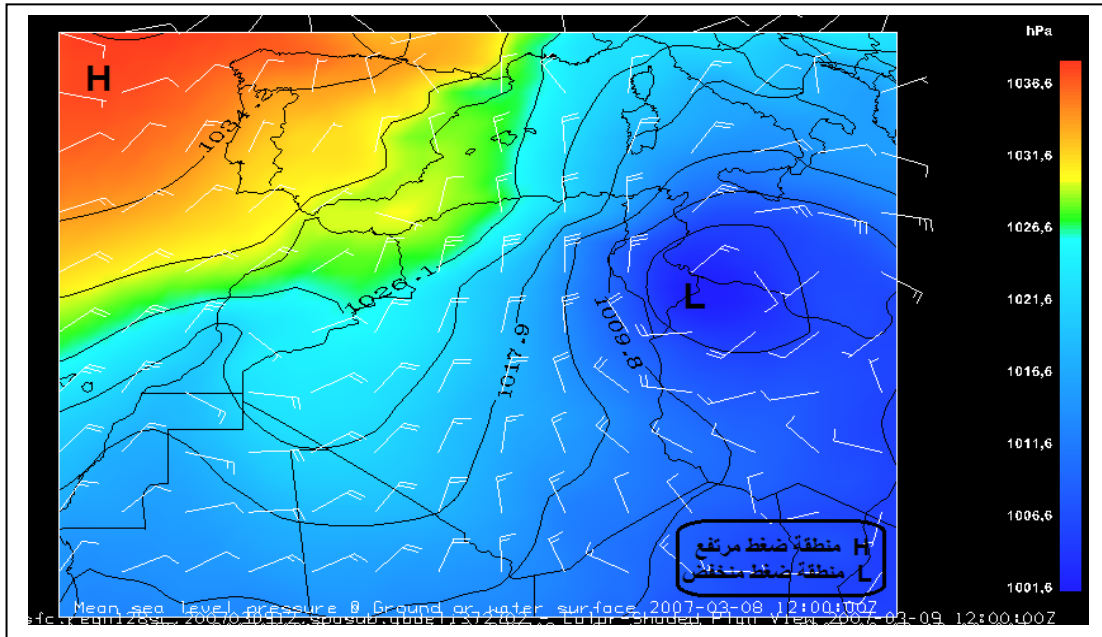
بداية الزوبعة 2007/03/08 على الساعة 12:00، أقصى إثارة للزوبعة 2007/03/09 على الساعة 12:00، نهاية الزوبعة 2007/03/10 على الساعة 12:00.



الشكل III 18: توزيع الرياح ومناطق الضغط عند بداية الزوبعة (2007/03/08)

(برنامج (McIDAS-V1.8)(ECMWF)

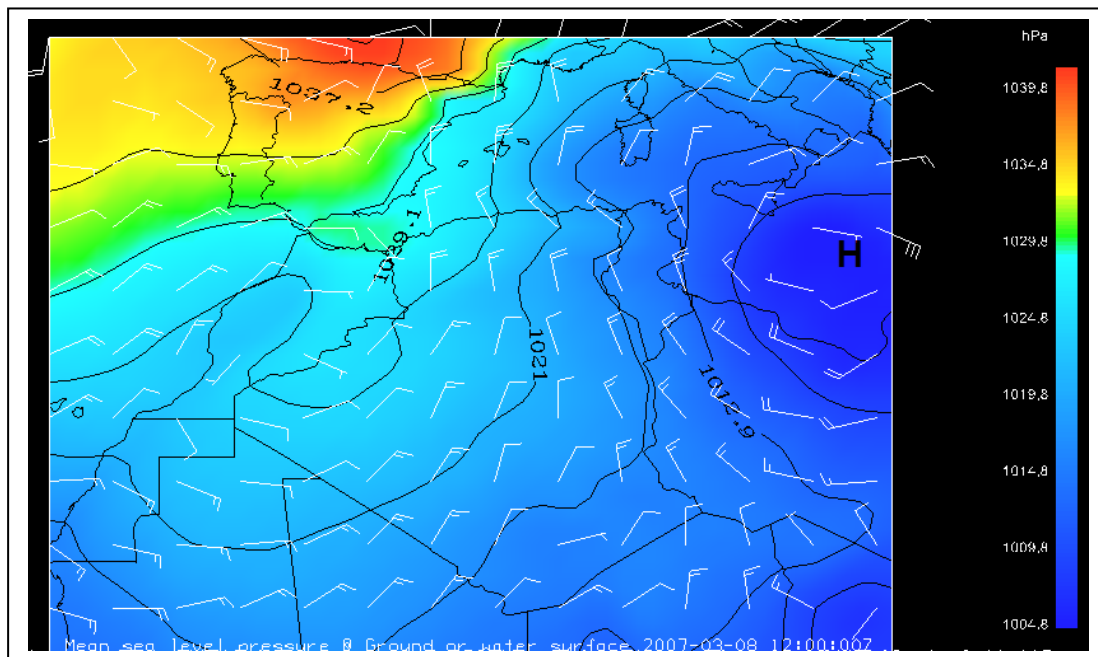
يعمل تواجد منطقتي الضغط المرتفع التي تصل في بؤرة المنطقة إلى (1034 hpa) في الغرب وتحديدا أقصى الأراضي المغربية ، ومنطقة ضغط منخفض حوالي (1001 hpa) في الشمال الشرقي وتحديدا على البحر الأبيض المتوسط ، تتسبب في نشوء رياح قوية شمالية تصل أو تفوق في بعض الأحيان 35 م/ث في بعض المناطق تقترب منطقتي الضغط أكثر فأكثر مسببة إثارة أقوى للرياح وتطاير كبير للغبار حيث تفوق سرعة الرياح 30 م/ث.



الشكل III 19: توزيع الرياح ومناطق الضغط عند أقصى إثارة للزوبعة (2007/03/09)

(برنامج (McIDAS-V1.8)(ECMWF)

تبتعد منطقتي الضغط المرتفع و المنخفض يؤول إلى انخفاض كبير في سرعة الرياح إلى اقل من 15 م/ث و زوال الظاهرة في اليوم الثالث لها.



الشكل III. 20: توزيع الرياح ومناطق الضغط عند نهاية الزوبعة (2007/03/10)

(برنامج McIDAS-V1.8)(ECMWF)

من دراسة الحالتين المختلفتين للظاهرة نستنتج مايلي :

- ❖ يتحكم في توزيع الزوبعة بنسبة كبيرة مكان تواجد مناطق الضغط المرتفع والمنخفض
- ❖ أغلب حالات اتجاه الرياح في الزوابع الرملية والترابية في البلاد تكون شمالية، شمالية\_غربية.

## الخلاصة العامة

تعتبر الزوابع الغبارية والترابية حدث مهم في المناطق الصحراوية، وهي ظاهرة تتسبب في العديد من المشاكل الاقتصادية كشل حركة النقل البري والجوي ومشاكل اجتماعية كالأضرار الجلدية والتنفسية وأمراض العيون.

تم إجراء دراسة تحليلية للزوابع الرملية والترابية وهذا لمعرفة سلوكها (اتجاهها السائد، مختلف توزيعاتها والظروف الجوية المتحكممة في تواجدها، اعتمدنا في دراستنا المناخية على سبعة محطات : ورقلة، حاسي مسعود، تقرت، الوادي، غرداية، المنيعية واليزي. للفترة الممتدة من 1996 إلى 2017. ولفهم سلوك هذه الظاهرة بدقة أكثر اعتمدنا على معطيات يومية لمواقع الدراسة (سرعة الرياح واتجاهها، والرؤية الأفقية). توصلنا في دراستنا إلى أهم النتائج وهي:

\_ تكون حالات الظاهرة ذو تردد أعظمي في محطة الوادي وأقل تردد في محطة إيزي.

\_ الترابط العكسي بين سرعة الرياح والرؤية الأفقية حيث كلما زادت السرعة قلت الرؤية الأفقية وهذا كان واضحا في الفترة الممتدة ما بين [12:00 ساعة و 15:00 ساعة] وأكثر نشاط للرياح يكون في فترة النهار ما بين [9:00 ساعة و 12:00 ساعة] وتقل أو تنعدم ليلا.

\_ على المستوى الشهري أكثر عدد حالات الظواهر الترابية والغبارية تكون في شهر مارس، وأقلها في شهر ديسمبر.

\_ على المستوى الفصلي تكون أكثر حالات الظواهر الترابية والغبارية في فصل الربيع وأقلها في فصل الشتاء.

\_ على المستوى السنوي لحظنا في الفترة الممتدة من 2002 إلى غاية 2006 هي الأكثر عرضة للظاهرة بنسبة 24% وهذا راجع إلى الندرة في التساقط السنوي للأمطار.

\_ في حالات الظواهر الترابية والغبارية تصل سرعة الرياح ما بين 30 و 40 ماث مع اتجاه شمالي شرقي في أغلب الحالات.

\_ تنتج العواصف الغبارية والترابية على المناطق الصحراوية لتواجد منطقة الضغط المرتفع شمال شرق محيط الأطلسي ومنطقة الضغط المنخفض على صحراء ليبيا.

وأخيرا، وكما تطرقنا إليه في مذكرتنا لمختلف التعاريف التي تخص الزوابع الرملية والترابية ، فإن الظواهر كانت ولا تزال ظاهرة لا يمكن قياسها، لان مختلف المعطيات المسجلة مرتبطة ارتباطا كبيرا بكفاءة وخبرة مراقبي الأرصاد الجوية ، لذلك من المستحسن ومن أجل الفهم الجيد لسلوك هذه الظاهرة يجب تطوير أدوات ووسائل التنبؤ، والاستعانة بوسائل الاستشعار عن بعد للتغلب على ضعف نقاط الملاحظة في الأماكن المعزولة. كما نوصي بجد جميع حالات العواصف الغبارية وتحليلها سينوبتيكيا لفهم ظروف إنشائها.



## قائمة المراجع

- [1]-الأخضر مريط، حساسية الصحراء المنخفضة وانعكاسات التدخل البشري، مقارنة منطقتي واد ريغ وواد سوف، الأسباب والنتائج، مذكرة الماجستير\_ جامعة منتوري قسنطينة
- [2]- Mokhtari M, Amélioration de la prise en compte des aérosols terrigènes dans les modèles atmosphériques à moyenne échelle. Thèse de doctorat, à l'Université de Toulouse, p201
- [3]- <https://sahaary.blogspot.com/2014/10/desertwikipedia.html> Consulté le 03/05/2019.
- [4]- <https://www.google.com/search?q=صحراء+ورقلة> Consulté le 03/05/2019.
- [5]-د. فهد بن محمد العتيبي العوامل المؤثرة في سرعة واتجاه الرياح
- [6]-منتدى الاكتشافات والاختراعات والبحوث العلمي \_الغلاف الجوي وحركة الرياح- Global Wind Atmospheric circulation
- [7]-Belkhir HEBBAL -Nadjib TALBI، Étude spatio-temporelle des événements de poussière et de sable sur le Sud Algérien. Validation avec l'indice de poussière IDDI, Mémoire MASTER ACADÉMIQUE, Université KASDI Merbah d'Ouargla
- [8]- [https://fac.ksu.edu.sa/sites/default/files/climatology\\_4.pptx](https://fac.ksu.edu.sa/sites/default/files/climatology_4.pptx) Consulté le 04/05/2019
- [9]- <https://www.aspdkw.com/?p=3116113> Consulté le 04/05/2019
- [10]-[http://www.esperanza21.org/sites/default/files/Air\\_cycles%20et%20circulation%20Meteo.Fr.pdf](http://www.esperanza21.org/sites/default/files/Air_cycles%20et%20circulation%20Meteo.Fr.pdf) Consulté le 04/05/2019
- [11]-حسان رمو الأمازيغ والمجال الصحراوي عبر التاريخ، تنسيق الوافي نوحى.
- [12]-د.نورة عبد التواب السيد، كتابمبادئ الجيومورفولوجيا.
- [13]- Dr. Mohamed E. Hafez -Associate professor of Applied Climatology -Geography Département, Faculté of Arts, -King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia.
- [14]- [file:///C:/Users/cc/Desktop/الكتبان%20الرملية/publication\\_3\\_22461\\_1609.pdf](file:///C:/Users/cc/Desktop/الكتبان%20الرملية/publication_3_22461_1609.pdf) Consulté 22/05/2019
- [15]-كتاب الكتبان الرملية: Ibrahim Hussein Max
- [16]-صباح باجي ديوان، التحليل المكاني لتوزيع وأشكال الكتبان الرملية، المجلة الأكاديمية العلمية\_ جامعة بغداد.



- [17]- [https://ar.wikipedia.org/wiki/كثيب\\_هلاي](https://ar.wikipedia.org/wiki/كثيب_هلاي) Consulté le 25/05/2019
- [18]-[https://mawdoo3.com/الرمليّة\\_الكثبان\\_الرمليّة](https://mawdoo3.com/الرمليّة_الكثبان_الرمليّة) Consulté le 25/05/2019
- [19]- <https://www.trendsmap.com/twitter/tweet/1085609653722071042> Consulté le 23/06/2019
- [20]-[http://www.aleqt.com/2018/08/05/article\\_1432311.html](http://www.aleqt.com/2018/08/05/article_1432311.html) Consulté le 14/05/2019
- [21]- <http://www.labbize.net/Arabic/Pictures/Oasis/Souf/Souf/Souf.htm> Consulté le 14/05/2019
- [22]- <http://www.saharaomran.ma> Consulté 14/05/2019
- [23]-Ali; Dust Phenomena -locally, regionally and globally (In Arabic)
- [24]-رابحي شهرزاد، تحديد جزيئات وملوثات الهباء الجوي في المناطق القاحلة. مذكرة ماستر أكاديمي. جامعة قاصدي مرياح ورقلة.
- [25]-[http://english.cas.cn/newsroom/research\\_news/201906/t20190606\\_211174.shtml](http://english.cas.cn/newsroom/research_news/201906/t20190606_211174.shtml) Consulté le 23/06/2019
- [26]- Actes ; Des Journées d'Étude et de Sensibilisation sur la quantification Sableen transit Éolien et sur la Lutte Contre l'Ensamblent.
- [27]- Duce, R. A. (1995) "Sources, distributions, and fluxes of mineral aerosols and their relationship to climate",
- [28]- Laurent, B., 2005, Simulation des émissions d'aérosols désertiques à l'échelle continentale :Analyse climatologique des émissions du nord-est de l'Asie et du nord de l'Afrique,Thèse de Doctorat, Université Paris 12.
- [29]- (Près Nickling [1994] et Shao [2000])
- [30]- (Engelstaedter et Washington, 2007b)(1990-1994)
- [31]- Brooks, N.P.J., and M. Legrand,2000 , Dust variability over northern Africa and rainfall in the Sahel, in Linking climate change to land surface change, McLaren S.J. and Kniveton
- [32]- Diana Bou Karam ; Mécanismes de soulèvement d'aérosols désertiques en Afrique de l'Ouest Océan Atmosphère. Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, 2008. Français.
- [33]- ((Books et Legrand)(2000))
- [34]- Cécile Kocha. Interactions entre poussières désertiques et convection profonde en Afrique de l'Ouest : Observations et modélisation à échelle convective. Météorologie. Université Paul Sabatier - Toulouse III, 2011. Français
- [35]- C. Rickwood (1981). "[The largest crystals](#)" (PDF). American Mineralogist. 66: 885–907.

- [36]- Bahri sadoui-m.senouci, phénomène de sable approche synoptique et modélisation, Mémoire de fin d'études, I.H.F.R-ORAN
- [37]- AMRANE Afaf et hamdi safa, Simulation numérique du cycle de vie d'une tempête de sable et de poussière, mémoire master académique\_ Université KASDI Merbah d'Ouargla.
- [38]- (the COMET program et Nasa)
- [39]-Kardous, M., 2005, Quantification de l'érosion éolienne dans les zones arides tunisiennes : Approche expérimentale et modélisation, Thèse de doctorat, Université Paris 12 Valde- Marne, 298 pp.
- [40]-Greeley, R., and J.D. Iversen, 1985, Wind as a geological process, Cambridge Planetary Series, Cambridge University Press, 333 pp.
- [41]-Roberson, John A.; Crowe, Clayton T. Engineering Fluid Mechanics, Edité par Houghton Mifflin, ISBN 10: 0395283574 / ISBN 13: 9780395283578. 1980.
- [42]-Tennekes A., « The Logarithmic Wind Profile » Journal of Atmospheric Sciences. vol.30, pp. 234-238, 1973.
- [43]-Rashidi M, Hetsroni G, and Banerjee S, 1990. "Particle-turbulence interaction in a boundary layer," International Journal of Multiphase Flow, vol. 16, no. 6, pp. 935–949.
- [44]-Chepil, W. S., 1951, Properties of soil that influence wind erosion: IV. State or dry aggregate structure, *Soil Sci.*, 72, 387-401.
- [45]-Bagnold. 1941 British Journal of Applied Physics The Physics of blown sand and desert dunes. Methuen, London,.
- [46]-Iversen, J.D., and B.R. White, 1982, Saltation threshold on Earth, Mars and Venus, *Sedimentology*, 29, 111- 119.
- [47]- Gillette da, stockton ph (1989) the effect of nonerodible particles on wind erosion at erodible surfaces. *J Geophys Res* 94: 12.885-12.839
- [48]-Marticorena, B., and Bergametti, G.: Modeling the atmospheric dust cycle: 1. Design of a soil-derived dust emission scheme, *J. Geophys. Res.*, 100, 6415-16430, 1995.
- [49]-Nickovic.S, Kallos.G, Papadopoulos.A, and Kakaliagou.O, "A model for prediction of desert dust cycle in the atmosphere," *Journal of Geophysical Research D*, vol. 106, no. 16, pp. 18113–18129, 2001
- [50]-DOUAIBA BENAOUA, Simulation des émissions d'aérosols désertiques à l'échelle Régionale : Analyse climatologique des émissions du Nord de l'Afrique. Thèse de doctorat à l'Université Mohamed Boudiaf d'Oran.

- [51]- د.علي محمد الدوسري، ظاهرة الغبار، محليا، إقليميا، عالميا. معهد الكويت للأبحاث العلمية، مركز أبحاث البيئة والعلوم الحياتية
- [52]- Richard M. Goody ET Yuk Ling Yung, Atmosphérique Radiation. Theoretical Basis, Oxford University Press, 1989 (ISBN 0-19-510291-6)
- [53]- [https://ar.wikipedia.org/wiki/رياح#أنواع\\_الرياح](https://ar.wikipedia.org/wiki/رياح#أنواع_الرياح) Consulté le 01/06/2019
- [54]- <https://www.arabiaweather.com/content/الرؤية-في-علم-الأرصاد-الجوية> Consulté le 02/06/2019
- [55]- Copyright 2002 by the américain geophysical union revws of geophysics p40 february2002.
- [56]- Ali AMIAR, Télédétection dans le domaine de l'infrarouge (Application dans la détection des poussières par les méthodes satellitaires), Mémoire MAGISTÈRE\_ UNIVERSITÉ KASDI MERBAH D'OUARGLA

## المخلص :

الهدف الرئيسي من هذا العمل هو الدراسة الزمانية والمكانية لسلوك و توزيع ومصدر الزوابع الرملية والترابية على بعض مناطق الصحراوي على نطاق الجنوب الشرقي الجزائري. اعتمدنا في دراستنا على مجموعة من معطيات الرصد الجوي من مختلف المحطات المتوزعة عبر التراب الوطني حيث يتم معالجتها من أجل فهم أفضل للعملية الفيزيائية المتعلقة بحركة الرمال والهباء الجوي وذلك اعتمادا على بعض المعطيات كسرعة واتجاه الرياح و الرؤية وهذا في مدة دراسة قدرها 22 سنة (1996-2017)، قمنا أيضا بمعالجة مكانية باختيار حدثين غباريين هامين والتعيين على الخريطة اتجاه الرياح ومناطق الضغط المرتفع و المنخفض. تحصلنا على النتائج حيث يكون نشاط الزوابع الرملية والترابية أعظمي في فصل الربيع ما بين شهر مارس وشهر ماي وفي سنوات 2002 و 2004 و 2006 كما أن اغلب الرياح تكون شمالية غربية.

**الكلمات المفتاحية:** العواصف، سرعة الرياح، الرؤية، الهباء، تطاير الرمال.

## Résumé :

L'objectif principal de ce travail est l'étude spatio-temporelle du comportement, de la répartition et de la source des tempêtes de sable et de poussière dans certaines zones désertiques de la région sud-est algérienne.

Dans notre étude, nous sommes appuyés sur un ensemble de données météorologiques provenant de différentes stations réparties sur le territoire national, où elles sont traitées afin de mieux comprendre le processus physique lié au déplacement du sable et des aérosols, à partir des certaines données indiquant la vitesse et la direction du vent et de la vision sur une période d'étude de 22 ans (1996-2017), nous avons également abordé spatialement le choix de deux événements de poussières désertiques importants, ont été observées sur la carte la direction du vent et les zones de haute et basse pression.

Nous avons obtenu les résultats où l'activité des tempêtes de sable et de poussière était la plus forte au printemps entre mars et mai et en 2002, 2004 et 2006 et où la plupart des vents soufflaient du nord-ouest.

**Mots-clés:** tempêtes. vitesse du vent. visibilité. aérosols. soufflage de sable.

## Abstract :

The main objective of this work is the spatio-temporal study of the behavior, distribution and source of sand and dust storms in some desert areas of the southeastern region of Algeria.

In our study, we rely on a set of meteorological data from different stations spread over the national territory, where they are processed to better understand the physical process related to the movement of sand and aerosols, based on some data indicating the speed and direction of wind and vision over a 22-year study period (1996-2017), we also discussed spatially the choice of two important desert dust events, were observed on the map Wind direction and the high and low pressure zones.

We obtained the results where sand and dust storm activity was highest in the spring between March and May and in 2002, 2004 and 2006 and most winds were from the northwest.

**Keywords:** storms, wind speed, visibility, aerosols, sand blasting

