الفصل الثالث

المناخ في الصحراء الحارة

Climate in Hot Desert

(٣,١) خصائص الغلاف الغازي

Characteristics of the Atmosphere

توطئة لإستعراض عناصر المناخ في الصحراء سنلقي الضوء على خصائص الغلاف الغازي المحيط بالأرض، نظراً لأهميته للكائنات الحية في الصحراء، وعلاقته بعوامل المناخ.

يمتد الهواء الجوي إلى عدة كيلومترات فوق سطح الأرض وتقل كثافته بدرجة كبيرة مع الإرتفاع، كما تقل نسبة الأوكسجين فيه مع الإرتفاع أيضاً.

ولقد أمكن تمييز طبقات جوية ثلاث في الغلاف الغازي وهي:

(٣,١,١) طبقة التروبوسفير Troposphere

وهي تشكل الطبقة السفلى من الغلاف الغازي، وتمتد من سطح الأرض حتى إرتفاع يتراوح من ٨ إلى ١٥ كلم ؛ وتتميز هذه الطبقة بأن درجة الحرارة خلالها تنخفض مع الإرتفاع بمعدل درجة واحدة مئوية لكل ١٥٠م ، وأن معظم التغيرات اليومية في الظواهر الجوية تحدث فيها ولا تتعداها إلى الطبقتين الآخريتين، كما أنها تحتوي على معظم بخار الماء والأوكسجين وثاني أكسيد الكربون.

(٣,١,٢) طبقة الستراتوسفير Stratosphere

وتعلو هذه طَبَقَة التروبوسفير، وتبدأ بنهايتها عند خط يعرف بالتروبوبوز Tropopause، وتمتد من عند هذا الخط إلى أعلى حتى إرتفاع يتراوح من ٥٥ إلى ٨٠ كلم. ويميز طبقة الستراتوسفير هذه، ثبات حرارتها وخلوها من العواصف، هذا وأمكن التعرف على ثلاث طبقات فرعية خلالها؛ وتتميز الطبقة السفلى منها بصفاء جوها وإستقراره، وتتوسط طبقة الأوزون Ozone layer هذه الطبقات الفرعية، وهي طبقة ساخنة، تصل درجة الحرارة خلالها إلى ٩٥ درجة مئوية؛ أما الطبقة الفرعية الثالثة التي تعلو طبقة الأوزون فتتميز بأنها مكهربة.

(٣,١,٣) طبقة الأيونوسفير Ionosphere

وهي تعلو طَبَقَة الستراتوسفير وتبدأ هذه من عند إرتفاع ٩٠ كلم وقد يصل إرتفاعها إلى حوالي ٢٦٠ كلم أو يزيد، ويميز هذه الطبقة العليا من الغلاف الغازي خفة غازاتها ويسودها غاز الهيدروجين.

(٣,٢) مكونات الهواء الجوي
Air Components

يتكون الهواء الجوي من خليط من:

١- غازات تحتفظ بحالتها الغازية تحت أي ظروف جوية مثل النيتروجين والأوكسجين وثاني أكسيد الكربون.

٢- بخار الماء الذى يتقلب بين الحالة الغازية والسائلة والصلبة.

٣- بعض الأجسام الصلبة مثل ذرات التراب والملح.

٤- بعض الملوثات الغازية وغيرها نتيجة النشاط البشري: الصناعي والعمراني.

هذا ويتكون الهواء الجاف النقي من عدة غازات دائمة، ويشكل النيتروجين ٧٨٪ من حجم الهواء والأوكسجين ٢١٪ من حجمه، وثاني أكسيد الكربون ٠,٠٣٪، وتكوِّن النسبة الباقية غازات أخرى مثل النيون، والأرجون والهيليوم والكربتون والزينون والأوزون والرادون وغيرها.

ومن الملاحظ أن نسبة الغازات الدائمة في الهواء الجوى، ظلت ثابتة تقريباً مع مرور الزمن ومن مكان لآخر، ولكن نتيجة للنشاط البشري، الصناعي والعمراني، زادت نسبة ثاني أكسيد الكربون مما أدى إلى ما يعرف بظاهرة تأثير البيوت الزجاجية، نظراً لما تسببه زيادة ثاني أكسيد الكربون في الجو من زيادة في الحرارة حيث إنه يمتص الحرارة المنعكسة من سطح الأرض. هذا وقد أصبحت هذه الظاهرة مشكلة بيئية كونية، عقدت لها عدة مؤتمرات لحلها، نظراً لما سيترتب عليها من تغيير في مناخ العالم، ولما قد يتبعه من إنصهار الجليد في القطبين، وإرتفاع مستوى سطح البحر وغرق المدن الساحلية والجزر، وكذلك إعادة توزيع المحاصيل جغرافياً. وسنستعرض فيما يلي أهم عناصر المناخ في الصحاري الحارة:

(٣,٣) عناصر المناخ
Atmospheric Elements

(٣,٣,١) المطر Rain

ومن أهم مميزات المطر في المناطق الصحراوية هي ندرته، إذ إنه بوجه عام، قليل إذا ما قورنت متوسطات معدلاته السنوية بتلك في مناطق أخرى؛ فعلى سبيل المثال فإن معدلات متوسطات الأمطار السنوية عند بعض محطات أرصاد — القصيم، عنيزة، مكة المكرمة في المملكة العربية السعودية، قد بلغت على التوالى ١٦١,١، ١٢٦,٧، ١٠٩,٣٥ ملليمترا، وبلغت في القاهرة ٢٣,٨ وفي الخرطوم ١٦٤ وفي الشارقة ١٠٣,٤

وفي الإسكندرية ١١٩,٤ملليمتراً. (الجدول رقم٣). هذا وتقل متوسطات معدلات الأمطار السنوية هذه كثيراًعنها في بعض المناطق الأخرى التي أوردها (البتانوني ، ١٩٩٢م) مثل مدينتي حِمْص وحَلبَ بالجمهورية العربية السورية، ومدينة واو في جنوب السودان، حيث بلغت معدلات متوسطات الأمطار السنوية عندها على التوالي ٦١٢ ، ٩٠٤ ، ١١٠٣ ملليمتراَ.

الجدول رقم (٣). يوضح متوسطات معدلات المطر الشهري والسنوي بالملليمتر في بعض محطات الأرصاد في صحاري بعض الدول العربية (Mahmoud and Obeid , 1969)، البتانوني ، ١٩٩٢م ، التيسان ، ٢٠٠٠م ، والشعيفاني ، ٢٠٠٢م) .

إسم محطة الأرصاد	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المعدل السنوى
القصيم بالسعودية	٢٣,١٨	١٢,٥٦	٣١,٦٠	٢٥,٠٥	٧,٢٥	صفر	٠,٠٠٥	٠,٠٥	٠,٣٦	٦,٥٠	١١,٨٠	١٩,٤٦	١٦١,١
عنيزة بالسعودية	١٩,٣٥	١٣,٣٤	٣٤,٠٤	٣٢,٤٦	٤,٠٣	صفر	صفر	٠,٤٥	٠,٥٦	٣,٢٨	١١,٨٠	١٨,٤٠	١٣٦,٧
مكة المكرمة	١٦,٨٤	١,٦٠	٣,١٨	١٢,٥٥	٠,٦٨	صفر	٢,٥٢	٥,٩٩	٣,٢٤	٨,٢٠	٢١,٣٧	٣١,٧٤	١٠٩,٣٥
القاهرة بمصر	٣,٧	٤,٢	٢,٣	٠,٦	٠,٥	٠,٣	صفر	صفر	صفر	٠,١	٢,٥	٨,٦	٢٣,٨
الخرطوم السودان	صفر	صفر	صفر	١,٠	٤,٠	صفر	٥٢,٠	٥٧,٠	١٨,٠	٤,٠	صفر	صفر	١٦٤,٠
الشارقة بالأمارات	٢٤,٨	٢٠,٣	٧,٤	٨,٩	٤,١	صفر	٠,٩	صفر	٠,٢	صفر	١١,١	٢٥,٨	١٠٣,٤
الإسكندرية مصر	٥٤,٩	٢٦,٦	١٣,٩	٤,٢	١,٥	–	–	٠,٣	١,٠	٩,٣	٢٣,١	٢٥,٦	١١٩,٤

وهذا المطر على قلته، غير منتظم، فهو موسمي الهطول، إذ إنه يهطل خلال فصل معين محدود من السنة، وينعدم المطر أو يكون في حكم العدم في بقية العام، وبذلك يمتد فصل الجفاف فترة طويلة ينحبس خلالها الماء عن نباتات الصحراء وحيواناتها؛ فعلى سبيل المثال، فعند محطتي أرصاد القصيم وعنيزة (الشعيفاني، ٢٠٠٢م) يهطل المطر خلال الفترة من شهر نوفمبر إلى أبريل ويكون هناك فصل صيف ينعدم فيه المطر تماماً أو يكون في حكم العدم، هذا وتلاحظ ظاهرة موسمية المطر هذه عند المحطات الصحراوية الأخرى المبينة في (الجدول رقم ٣).

ومن خصائص المطر الصحراوي أنه مختلف المدة والشدة والزمان والمكان إذ يتميز المطر الصحراوى بعدم إنتظامه من عام إلى آخر، فالمطر السنوي في السنوات المتتالية

تختلف كميته إختلافا بيناً، ويزداد ذلك الاختلاف كلما قلت كمية المطر السنوي؛ وعند محطة أرصاد القصيم مثلاً بلغت معدلات المطر السنوي للأعوام ١٩٩٠، ١٩٩١، ١٩٩٢، ١٩٩٣، ١٩٩٤، ١٩٩٥م على التوالي ٥٥، ١٣٦، ١٩٤، ١٩٩، ١٢٩، ٢٤٨ ملليمتراً (الشعيفاني ،٢٠٠٢م)؛ وفي محطة أرصاد برج العرب في مصر، بلغت معدلات الأمطار السنوية في الأعوام ١٩٥١، ١٩٥٢، ١٩٥٣م على التوالي ٥٧,٥، ١٥٦، ٨٥ ملليمتراً؛ وفي محطة أرصاد الماظة بلغت معدلات الأمطار السنوية لنفس الأعوام الثلاث السابقة على التوالي ٦٩، ١٢، ٤٧ ملليمتراً. (القصاص ، ١٩٩٩م).

والسنوات ذات المطر الأقل من المتوسط هي "نوبات الجفاف" وقد تمتد فترة المطر الأقل من المتوسط إلى موسمين متواليين يعود بعدها المطر إلى معدله الطبيعي، وفي بعض الأحيان تمتد فترة المطر القليل لعدة سنوات عجاف متوالية، على نحو ما أصاب منطقة الساحل السوداني الممتدة جنوب الصحراء الأفريقية الكبرى من المحيط الأطلسي حتى البحر الأحمر بين ١٩٦٩ و١٩٨٤م، الأمر الذى أصاب بلاد هذه الأقاليم بأضرار إقتصادية وإجتماعية بالغة إستدعت الإهتمام العالمي (القصاص ، ١٩٩٩م).

هذا و يصيب المواقع القارية، بمشيئة الله تعالى مطر طارىء نتيجة لحدوث إعصار طارىء فيها، يحدث مرة كل عدد من السنين، بغير انتظام موسمي أو مكاني؛ هذا وينشأ الإعصار في منطقة من الجو المنخفض، تتحرك فيها الرياح دوارة على نمط حلزوني، تدور حول موضع مركزي. وحركة الإعصار هذه تحدث الإضطراب في حيز واسع تجذب إليه كتلاً من الهواء المحمل بالرطوبة (بخار الماء) تتساقط مطراً ينبت على إثره المرعى الذي يأتيه الرعاة من أماكن بعيدة فسبحان الله القائل في محكم تنزيله ﴿ وَٱللَّهُ ٱلَّذِىٓ أَرۡسَلَ ٱلرِّيَٰحَ فَتُثِيرُ سَحَابٗا فَسُقۡنَٰهُ إِلَىٰ بَلَدٖ مَّيِّتٖ فَأَحۡيَيۡنَا بِهِ ٱلۡأَرۡضَ بَعۡدَ مَوۡتِهَاۚ كَذَٰلِكَ ٱلنُّشُورُ ﴾(سورة فاطر ،آية ٩).

ومن مظاهر عدم انتظام المطر في الصحراء أيضاً، اختلاف معدلاته في الشهر المماثل في الأعوام المتتالية، فمثلاً عند محطة أرصاد القصيم، بلغ معدل المطر في شهر فبراير في كل من الأعوام ١٩٩١، ١٩٩٢، ١٩٩٤، ١٩٩٥م، على التوالي ٥٤، ١,٠، ٢٣، ٢,٣ ملليمتراً (الشعيفاني، ٢٠٠٢م). وفي مدينة بورتسودان (في جمهورية السودان)، وفي شهر نوفمبر كان معدل المطر في الأعوام ١٩٥١، ١٩٥٢، ١٩٥٣، ١٩٥٤م على التوالي ١٢٣,٢، ٦,٩، صفراً، ١٣,١ ملليمتراً (القصاص، ١٩٩٩م).

ومن مميزات المطر الصحراوي أيضاً، أنه ينزل في زخات حادثة كالفجأة تمتلئ على أثرها المنخفضات وتسيل المسايل المائية والأودية والشعاب.

هذا ولا يتوزع المطر بالتساوي خلال الشهر الماطر، إنما يقتصر هطوله على أيام محدودة، وهذا النمط من هطول المطر يقلل من فعاليته (الشعيفاني، ٢٠٠٢م).

ولا يتصف المطر الصحراوي بالتباين الزماني، كما أوضحنا سابقاً، ولكنه يتصف بالتباين المكاني أيضاً، إذ إن المطر يسقط في شكل زخات تقع على حيز محدود دون توزيع منتظم، وتنشأ نتيجة لذلك اختلافات في أرصاد المطر السنوية والشهرية واليومية في المحطات المتقاربة؛ ويوضح الجدول رقم(٤أ) التباين في معدلات الأمطار السنوية في أربع محطات في حيز مدينة القاهرة (القصاص، ١٩٩٩م)، كما توضح البيانات في الجدول رقم(٤ب) تباين معدلات المطر في محطتين متقاربتين في منطقة شمبات من ضواحي الخرطوم بحري بجمهورية السودان (Mahmoud, and Obeid , 1969).

هذا وبرغم أن النباتات الصحراوية تستفيد من ماء الندى المكثف على أجسادها أو على سطح التربة إلا أنها تعتمد في الأساس على ماء الأمطار الذى تمتصه التربة وتحتفظ به في باطنها؛ وتتوقف كمية مياه المطر التي تمتصها التربة على عدة عوامل:

منها كمية المطر، ونمط هطوله، وقوام التربة، وعمقها، ودرجة إنحدارها، وكساؤها النباتي، ودرجة الحرارة، ورطوبة الجو.

الجدول رقم (٤أ).يوضح المطر السنوي (ملليمتر) في أربع محطات في حيز مدينة القاهرة بجمهورية م. صر العربية (القصاص ، ١٩٩٩م).

العام	ألماظة	الأزبكية	الجيزة	حلوان
١٩٥١	٦٩	٦١	٥٥	٦٢
١٩٥٢	٤٧	٢٦	٥٤	١١
١٩٥٣	١٢	١٠	٩	٧
١٩٥٤	١٦	٢٥	٣١	٢٤

الجدول رقم (٤ ب). يوضح المطر (ملليمتر) في محطتين متقاربتين في منطقة شمبات في حيز مدينة الخرطوم بحري بالسودان (Obeid and Mahmoud, 1969).

محطة الأرصاد	١٩٦٧م	
	٢٩ يوليو	٦ أغسطس
محطة أرصاد شمبات	٥,٦	٥٥,١
معهد شمبات الزراعي	١١,٠	٦٧,٠

فالمطر الخفيف، إذا سقط على تربة جافة دافئة فإنة يتبخر في خلال ساعات قلائل، فلا يكون له تأثير يذكر على محتوى التربة الرطوبي؛ هذا والمطر الغزير قصير الأمد الذي ينزل في شكل زخات، يفقد معظمه عن طريق الإنسياب السطحي، ولا تمتص منه التربة إلا القليل؛ وتتوقف كمية المطر الذى يفقد بالإنسياب السطحي أساساً على مقدار المطر الكلي ونمط هطوله وكذلك على نوع التربة، ودرجة الإنحدار وعلى الغطاء النباتي؛ وعادة يكون فقد الماء بالإنسياب السطحي، أشد ما يكون عندما تهطل أمطار غزيرة فجائية، أو تهب عواصف مطيرة تستمر فترة قصيرة، وتسقط على منحدرات خالية من النباتات، أو تعمرها مجتمعات نباتية متباعدة أفرادها متناثرة؛ وتحت هذه الظروف لا تستطيع التربة أن تمتص الماء بالسرعة الكافية لإستيعاب ماء المطر

جميعه، وخاصة لو كانت التربة نفسها ثقيلة القوام أو تعلوها طبقة من المدر والحصى. هذا وتزداد فعالية المطر إذا كان هطوله معتدلاً، واستمر فترة، وسادت موسمه فترة رطوبة جوية عالية، ودرجة حرارة منخفضة، وكانت خصائص التربة ملائمة.

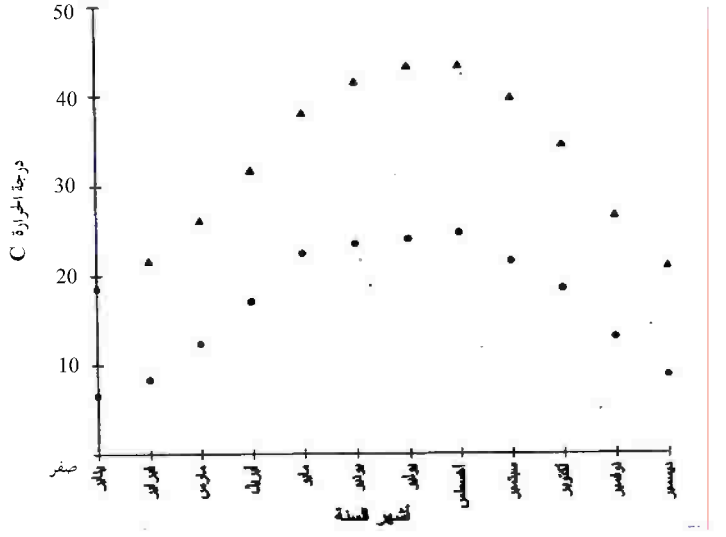
وللتوزيع الموسمي للمطر تأثير كبير على محتويات التربة الرطوبي، فعندما يكون المطر غزيراً، وموزعاً بانتظام على مدى موسم النمو، فإن محتوى التربة الرطوبي يزداد. أما إذا كان المطر قليلاً ومتقطعاً غير منتظم، فيكون محتوى التربة الرطوبي منخفضاً.

(٣,٣,٢) درجة الحرارة Temperature

تتعرض الصحاري الحارة لمناخ حار شديد القيظ، يتميز بالتباين الشديد بين درجات الحرارة اليومية والسنوية، ويظهر ذلك مثلاً عند فحص البيانات المناخية عند العديد من محطات الأرصاد المنتشرة في مواقع مختلفة في الصحاري العربية الحارة وغيرها. فمثلاً توضح البيانات المتحصل عليها عند محطة أرصاد القصيم في صحراء المملكة العربية السعودية (الشعيفاني ، ٢٠٠٢م)، تعرض هذه المنطقة الصحراوية لمناخ حار شديد القيظ في الفترة الممتدة من شهر مايو حتى سبتمبر، إذ تتراوح درجة الحرارة العظمى بين (٣٨,٢، ٤٣,٣ درجة مئوية) (الجدول رقم ٥، والشكل رقم ٣) وهي التي تبيِّن ما يسود البيئة من ظروف قاسية تُشَكِّل إجهاداً بيئياً، على الكائنات الحية.

الجدول رقم (٥). يوضح البيانات الخاصة بمتوسطات معدلات درجات الحرارة العظمى والـ صغرى °C الشهرية في محطة أرصاد القصيم للفترة (١٩٩٠ – ٢٠٠٠م) .

الشهر / درجة الحرارة	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
العظمى	١٧,٩	٢١,٣	٢٥,٣	٣٢,٣	٣٨,٢	٤٢,٤	٤٢,٩	٤٣,٣	٤٠,٧	٣٥,٣	٢٧,٠	٢١,٦
الصغرى	٦,٧	٧,٦	١١,٠١	١٧,٠٥	٢٢,٠٢	٢٤,٧	٢٥,٤	٢٥,٦	٢٢,٧	١٨,٥	١٣,١	٨,١



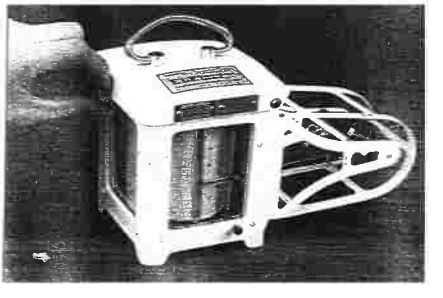
الشكل رقم (٣,١) يوضح متوسطات معدلات درجات الحرارة الشهرية العظمى والصغرى c في محطة أرصاد عنيزة للفترة (١٩٨٦- ١٩٩٦ م) .

العظمى ▲ الصغرى ●

فالإختلاف اليومي في درجة الحرارة بين الليل والنهار كبير، ويتضح ذلك بمقارنة متوسطات درجة الحرارة العظمى والصغرى، كما أن الاختلاف الموسمي بين الصيف والشتاء أكثر اتساعاً ويتضح ذلك بمقارنة درجات الحرارة العظمى والصغرى بين أبرد وأحر أشهر السنة، فقد بلغ متوسط درجة الحرارة العظمى في شهر يناير وهو أبرد شهور السنة (١٧,٩ درجة مئوية) وبلغ متوسط درجة الحرارة الصغرى (٦,٧ درجة مئوية)، وبلغت درجة الحرارة العظمى في أحر أشهر السنة وهما يوليو وأغسطس (٤٢,٩ و٤٣,٣م°) على التوالي، وبلغت درجة الحرارة الصغرى فيهما على التوالي (٢٥,٤، ٢٥,٦م°). هذا وتستعمل ثرمومترات الحدين الأقصى والأدنى Maximum and Minimum Thermometers لتسجيل أقصى وأدنى درجات الحرارة لفترة معينة.

فالحدود القصوى لا- المتوسطات - هي التي تبين ما يسود في البيئة الصحراوية من ظروف قاسية تشكل إجهادات حرارية تؤثر في الوظائف الحيوية لحيوانات الصحراء ونباتاتها؛ وعليه فإن الفعاليات الحيوية للكائنات الحية في الصحراء، تتأثر، حقيقة، باللحظات التي تحل فيها درجات الحرارة القصوى التي تلحق الضرر بهذه الكائنات الحية، وتلك التي تحل فيها درجات الحرارة الدنيا التي يلحق فيها الصقيع الضرر بها، وكذلك تتأثر بطول موسم النمو. وعليه فإن التسجيلات المستمرة لدرجات الحرارة (لا القراءات المنفردة)، تمثل الطريقة المثلى للتعرف على درجات الحرارة السائدة في البيئة على مدى من الزمن، و يمكن تحقيق ذلك بإستعمال ثرمومترات مُسَجِلة Thermographs (صورة ٤ أ).

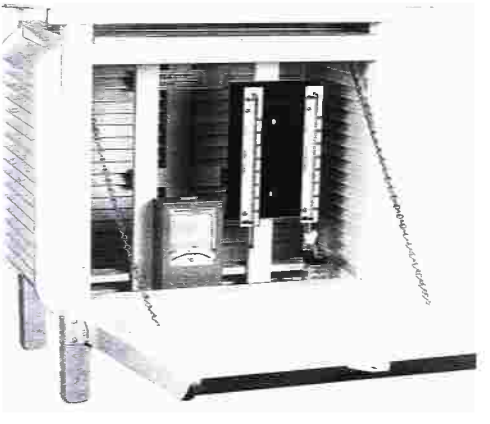
وهنالك أجهزة من هذا النوع تسجل درجة الحرارة والرطوبة النسبية في آن واحد، تسجيلاً مستمراً، وتسمى(مقاييس الحرارة والرطوبة المُسَجِلة)Thermohygrographs (صورة ٤ ب)



صورة (٤أ). توضح جهاز ثرموميتر مسجل (Thermograph).

صورة (٤ب). توضح مقياس درجة الحرارة والرطوبة المُسجِل. (Thermohygrograph).

هذا وتوضع أجهزة الأرصاد عادة في غرفة أرصاد (Meteorological screen) ذات سقف مزدوج، وجوانب من قطع خشبية متفرقة، تسمح بمرور الهواء وإستمرار دورانه خلال الغرفة، وذلك كي لا يسخن هواء الغرفة لدرجة أعلى من الهواء الخارجي، وفي ذات الوقت لا تتعرض الأجهزة لأشعة الشمس المباشرة أثناء النهار، ولا لتكاثف الندى، وسقوط المطر عليها (صورة ٥).



صورة (٥). توضح غرفة أرصاد مكونة جوانبها من قطع خشبية تفصلها مسافات، ويلاحظ بداخلها الهيجرومتر ذو الثرمومترين المبلل والجاف.

وكما هو الحال في التباين في درجة حرارة الهواء بين النهار والليل، فإن درجة حرارة سطح التربة ترتفع نهاراً وتنخفض في الليل، ويكون الإنخفاض كبيراً، بل هو أكبر من إختلافات درجات حرارة الهواء بين الليل والنهار؛ وتوضح دراسة (Cloudsley–Thompson and Chadwick , 1964) هذه الظاهرة. كما أفاد (البتانوني ، ١٩٩٢م) أن درجة حرارة سطح التربة نهاراً في أحد الأودية في الصحراء المصرية (وادي حوف المجاور لحلوان) بلغت ٦٠م°، بينما كانت درجة حرارة الهواء في ذات الوقت ٤٠م°، وفي الليل بلغت درجة حرارة سطح التربة ٢٢م°، ودرجة حرارة الهواء ٢٢,٥ م°. هذا وفي نفس الموقع بلغت درجة حرارة سطح التربة في الشتاء ٦,٥م° ليلاً و٣٤,٥م

نهاراَ، بينما كانت درجة حرارة الهواء ١٠,٥م° ليلاَ و٢١م° نهاراَ؛ وتوضح هذه البيانات مدى الاختلاف اليومي والموسمي في درجات الحرارة على سطح التربة.

هذا وترتفع درجة حرارة سطح التربة الرملية نهاراً لدرجة عالية جداً فمثلاً أورد (Cloudsley–Thompson and Chadwick , 1964) البيانات التالية عن درجة حرارة سطح التربة في مواقع صحراوية مختلفة، نقلاَ عن (Buxton , 1923): ٨١م° و٧٨م° في الصحراء الكبرى؛ ٧٢م° في صحراء كلهارى؛ ٧١,٥م° عند تكتون أريزونا؛ ٦٩م° عند أجرا في الهند؛ ٥٨م° بالقرب من القاهرة. وتؤثر درجة حرارة سطح التربة العالية على الكائنات الحية خاصة النباتات المنبطحة الزاحفة وتلك التي في طور النمو، وكذلك على الزواحف التي تسعى وتدب على الأرض. ولقد أبان(Cloudsley – Thompson and Chadwick , 1964) أن المناخ في باطن التربة يزداد إستقراراً ويقل التفاوت في درجات الحرارة بصورة مطردة بزيادة عمق التربة؛ فقد أوضحا أنه لا يطرأ تغيير يذكر في درجة حرارة رمال الصحراء الكبرى أثناء النهار عند عمق ٥٠ سنتيمتراً، ولا يتعدى مدى التباين الموسمي أكثر من ١٠م° عند عمق متر واحد. وتوضح البيانات المناخية التي أوردها الباحثان نقلاً عن (Cloudsley–Thompson , 1956) أنه في سطح الرمال في منطقة ما في جنوب تونس، بلغ مدى تباين درجات الحرارة النهاري في شهر أبريل ٣٠م°، بينما إنخفض عند عمق خمسة سنتيمترات في جحر حشرة الجندب إلى ١٨م° وإنخفض إلى ١٢,٥م° عند عمق ٣٠ سنتيمتراً في داخله.

وتوضح البيانات المناخية التي أوردها البتانوني(١٩٩٢م) في الجدول رقم (٦) تعرض سطح التربة لإختلافات شديدة في درجات الحرارة بينما تقل هذه الإختلافات بزيادة عمق التربة.

الجدول رقم (٦). يوضح درجات حرارة سطح التربة (درجة مئوية) وعلى عمق متر واحد في مديرية التحرير في جمهورية مصر العربية في شهر يناير ممثلاً للشتاء، ويولية ممثلاً للصيف في قراءات ثلاث في اليوم.

الشهر	٦ صباحاً		١٢ ظهراً		٦ مساءً	
	سطح التربة	عمق متر واحد	سطح التربة	عمق متر واحد	سطح التربة	عمق متر واحد
يناير	٩,٢	١٨,٢	٢٤,٣	١٧,٠	١٢,٠	١٨,١
يولية	٢٢,١	٢٠,٣	٥٣,٣	٢٠,٢	٢٨,١	٢٠,٣

وبناءً على ما تقدم فإنه يصبح من المهم معرفة مدى العمق الذي تصل إليه حيوانات الصحراء وهي تعد أجحارها التي تقضي فيها فترة النهار، وفترة البيات الشتوي أو البيات الصيفي، والعمق الذي تنبت فيه البذور وتمتد إليه الجذور.

(٣,٣,٣) الرطوبة النسبية Relative Humidity

يسمى الماء الموجود بالهواء على هيئة بخار بالرطوبة Humidity، وتعتبر الرطوبة من العوامل المهمة ذات التأثير المباشر على شدة النتح.

وتسمى الكمية المطلقة من الماء الموجود في الهواء بالرطوبة المطلقة Absolute humidity ويعبر عنها بوزن الماء الذي يحتويه المتر المكعب من الهواء، هذا وليست لهذه الرطوبة المطلقة من الأهمية كعامل بيئي ما للرطوبة النسبية، إذ إن الأخيرة هي التي تحدد ما إذا كان المناخ رطبا أم جافاً؛ وتقاس الرطوبة النسبية بالنسبة بين كمية بخار الماء الموجود بالهواء، في درجة حرارة خاصة وضغط جوي خاص، والكمية اللازمة لتشبعه ببخار الماء في هذه الظروف. فمعنى ٥٠٪ رطوبة نسبية مثلاً، أن الهواء يحتوى على نصف كمية البخار اللازمة لتشبعه؛ وكلما قلت الرطوبة النسبية زادت السرعة التي يتبخر بها الماء من ورقة النبات الناتحة أو من سطح تربة مبللة.

وتؤثر عوامل البيئة المختلفة على الرطوبة الجوية، كدرجة الحرارة والرياح والتعرض والكساء الخضري، والمحتوى المائي للتربة؛ فإرتفاع درجة الحرارة يرفع السعة المائية للهواء، أي كمية بخار الماء اللازمة لتشبع حجم معين منه، وبذلك تهبط الرطوبة النسبية؛ أما في درجات الحرارة المنخفضة فإن الهواء يتسع لقدر أقل من بخار الماء، ولذلك تزداد رطوبته النسبية. هذا وتنخفض الرطوبة النسبية أثناء النهار مع إرتفاع درجة الحرارة، كما أنها ترتفع أثناء الليل مع برودة الهواء؛ أي أن العاملين – درجة الحرارة والرطوبة النسبية – يتغيران في إتجاهين متضادين. لقد أوضح (Cloudsley – Thompson and Chadwick , 1964) هذه العلاقة خلال يوم من أيام شهر سبتمبر عند وادي حلفا في الصحراء في شمال السودان؛ وقد يصبح الهواء مشبعاً بالماء إلى حد تكثف الندى أثناء الليل – حتى في الطقس الجاف نسبياً – إذا هبطت درجة الحرارة ليلاً بمقدار كبير. وفي وجود وزن معين من بخار الماء بالهواء يزداد النتح من النباتات والبخر من التربة إذا زادت درجة الحرارة، وذلك نتيجة لما يسببه العامل الأخير من هبوط الرطوبة النسبية.

وللرياح أيضاً تأثير كبير على رطوبة الجو؛ فالرياح الجافة تنقص الرطوبة لطردها الهواء الرطب المحيط بالنباتات وخلطه بالهواء الجاف البعيد، وفي ذلك تنشيط للنتح. أما الرياح الرطبة فذات تأثير مضاد؛ مثال ذلك إذا هبت رياح من مسطحات مائية واسعة، وكان هبوبها مستمراً أو كثير الحدوث، فإنها تزيد من رطوبة الجو.

(٣,٣,٣,١) طرق قياس الرطوبة الجوية

Methods of measuring relative humidity

أكثر الأجهزة إستعمالاً في قياس الرطوبة النسبية وأبسطها هو الهيجرومتر ذو الثرمومترين المبلل والجاف Wet – and – dry bulb hygrometer (صورة ٦) ويحاط الثرمومتر المبلل بغلاف من الشاش، متصل بخزان صغير مملوء بواسطة حزمة من خيوط

قطنية، يرتفع فيها الماء من الخزان بالخاصية الشعرية ليعوض ما يفقد بالتبخر من ماء الغلاف، وبذلك يظل مشبعاً بالماء باستمرار. ويعمل تبخر الماء من الغلاف على خفض درجة حرارته خفضاً يتناسب مع شدة التبخر.

ويتخذ الفرق بين درجتي حرارة الثرمومترين مقياساً لنقص بخار الماء بالهواء تحت درجة التشبع. فإذا كانت درجة الحرارة التي بيَّنها الثرمومتران واحدة فإن الهواء يكون مشبعاً. وكلما زاد الهواء جفافاً زاد الفرق بين قراءتيهما؛ وهنالك جداول تحسب منها الرطوبة النسبية على أساس درجة الحرارة الجوية والفرق بين قراءاتي الثرمومترين المبلل والجاف.

صورة (٦). توضح جهاز الهيجروميتر ذو الثرمومترين المبلل والجاف لقياس الرطوبة النسبية .

هذا والهيجرومتر ذو الثرمومترين المبلل والجاف، يعيِّن إذن رطوبة الهواء النسبية في بقعة معينة ولحظة معينة، ولكن لا يسجل قوة التبخر الجوية التي تعمل على سحب ماء النبات أو التربة، إذ إن قوة هذا السحب تزداد كلما زادت درجة الحرارة ولو لم تتغير الرطوبة النسبية؛ ويقاس هذا السحب أو الشد بما يسمى نقص التشبع (Saturation deficit) وهو المقدار الذي ينقصه ضغط بخار الماء في الهواء، وقت القياس عن ضغطه في حالة التشبع، ويقاس ضغط البخار بالملليمترات من

الزئبق، وذلك في أي درجة من درجات الحرارة ويمكن حساب نقص التشبع من قراءة الثرمومترين المبلل والجاف، مادامت درجة الحرارة معروفة. فمثلاً إذا كانت الرطوبة النسبية ٧٥٪ في درجة حرارة ١٥م°، فإنها تقابل ضغطاً لبخار الماء يساوى (١٢,٧٣ × ٧٥/ ١٠٠) أي ٩,٥٦ مم زئبق، علماً بأن ١٢,٧٣ مم زئبق هي قيمة ضغط بخار الماء في الهواء عند درجة حرارة ١٥م°. ويكون نقص التشبع مساوياً للفرق بين أعلى ضغط ممكن لبخار الماء (وهو ١٢,٧٣مم) في درجة حرارة ١٥م° والضغط الواقعي للبخار في نفس الدرجة (وهو ٩,٥٦مم) أي ٣,١٧مم زئبقي. هذا وهنالك جداول جاهزة تبين الضغط البخاري عند درجة التشبع عند درجات الحرارة المختلفة، ويمكن تحويل الرطوبة النسبية إلى النقص في الضغط البخاري إذا عرفت درجة الحرارة. وقد يختلف نقص التشبع كثيراً في الرطوبة النسبية الواحدة مع إختلاف درجة الحرارة، إذ إن نقص التشبع يزداد بإرتفاع درجة الحرارة مثلما أورده (Cloudsley–Thompson and Chadwick, 1964) في الجدول رقم (٧).

الجدول رقم (٧) .يوضح إختلاف قيم نقص التشبع مع إختلاف درجة الحرارة رغم ثبات قيمة الرطوبة النسبية.

الرطوبة النسبية(٪)	درجة الحرارة(م)	قيمة نقص التشبع (مم زئبق)
٥٠	١٠	٤,٦٠
٥٠	٢٠	٨,٧٧
٥٠	٣٠	١٥,٩١
٥٠	٤٠	٢٧,٦٦
٥٠	٥٠	٤٦,٢٦

هذا ومن الناحية البيئية فإن نقص التشبع يحمل مغزى أكبر مما تحمله الرطوبة النسبية إذ تعطي أرقامه وقيمه صورة صحيحة عن حالة الرطوبة في الجو وتبين قدرة

التبخر الجوية ؛ فحياة النباتات وتوزيعها مرتبطان بالنقص في التشبع أكثر من إرتباطهما بالرطوبة النسبية ؛ فمثلاً تدخل في نطاق أراضي الرعي الصحراوية مناطق ذات رطوبة نسبية عالية ، كما إن الرطوبة النسبية في النطاق الساحلي بجنوب مراكش تصل إلى ٩٠٪ في فصل الصيف ، ومع ذلك فالنباتات الجفافية المتشحمة ، وأنواع أم اللبن – الشبيهة بالكاكتوس – تمتد على طول الساحل ، وذلك لأنه بالرغم من إرتفاع الرطوبة النسبية فإن نقص التشبع كبير ، ولذلك فسرعة التبخر عالية. (مجاهد وآخرون ، ١٩٩٠م).

هذا وإذا قورن نقص التشبع في مختلف المناطق ، لوحظ أن المناطق القطبية والجبال العالية ، تتميز بأقل درجات النقص ، بينما تتميز الصحاري الحارة بأقصى هذه الدرجات ، ولذلك فإن قدرة التبخر الجوية عالية فيها.

ويمكن الحصول على تسجيل مستمر للرطوبة النسبية بإستعمال مقياس الرطوبة المسجل أو الهيجروجراف (Hygrograph) وهو كما يصفه يتركب من خصل من شعر الإنسان ، طولها حوالي ثمان بوصات ومثبتة من طرفها ؛ ويزداد طول هذه الخصل مع الجو الرطب ، كما أنها تقصر في الجو الجاف ، وتتصل برافعة تحرك قلماً يسجل على أسطوانة دوارة ، يحركها جهاز ساعة تحريكاً موقوتاً ، بحيث تدور دورة كاملة كل إسبوع ، ويُغطى سطح الأسطوانة بقرطاس خاص من ورق مقسم ، مبينة عليه درجات الرطوبة النسبية وكذلك ساعات اليوم وأيام الإسبوع ؛ ويرتفع القلم كلما زادت الرطوبة النسبية ، وبذلك يسجل على القرطاس رطوبة أعلى ، ويهبط كلما إنخفضت ، فيسجل إنخفاضاً على القرطاس.

ومن الملائم بغية المقارنة تسجيل درجة الحرارة والرطوبة النسبية على قرطاس واحد ؛ ويسمى الجهاز الذي يسجل هذين العاملين ، كما سبق أن ذكرنا ، بمقياس الحرارة و الرطوبة المُسجِّل أو الثرموهيجروجراف (Thermohygrograph).

وقد دلت التجارب على أن جهاز قياس درجة الحرارة والرطوبة المُسَجِل جهاز يمكن الإعتماد عليه في تسجيل درجة الحرارة والرطوبة النسبية بدرجة كبيرة في الدقة في قرطاس واحد، ويتيح فرصة لمقارنة هذين العاملين البيئيين؛ علماً بأنه يجب معايرته من وقت لآخر للتحقق من إستمراره في أحسن آداء.

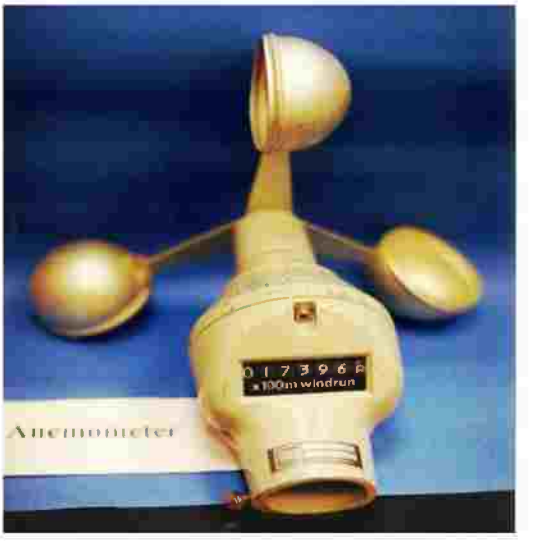
(٣,٣,٤) الرياح Winds

والرياح عامل بيئي على قدر كبير من الأهمية، خاصة في السهول المنبسطة وعلى شواطىء البحار وعلى الهضاب والمرتفعات.

تثير الرياح الشديدة عواصف ترابية وعواصف رملية؛ وتبدو العواصف الترابية وهي تزحف إلى الأمام، لتسود بحلولها ظلمة مطبقة؛ ويقدر ما تحمله العاصفة بحوالي ٤٠٠٠ طن من التراب في الميل المكعب من الهواء، وقد تستمر عاصفة التراب في مسارها إلى ألفي ميل أو أكثر (البتانوني ، ١٩٩٢م). أما العواصف الرملية فهي سحابة من الرمل تتحرك قرب سطح الأرض حتى لا يكاد يجاوز إمتدادها عدة أقدام فوق سطح الأرض، وهي هبات من الرمل تدفعها الرياح الشديدة في مسارها (البتانوني ، ١٩٩٢م).

(٣,٣,٤,١) طرق قياس سرعة الرياح Measuring wind speed

ويستخدم في قياس سرعة الرياح جهاز يسمى أنيموميتر (Anemometer)، وأشهرها وأبسطها أنيموميتر روبسون، ويتركب الجهاز من عدد من الكؤوس المعدنية نصف الكروية متصلة بأذرع متحركة، تدور في مستوى أفقي بتأثير حركة الهواء. وتتصل الأذرع في مركز الجهاز بقائم رأسي يدير عداداً تقرأ عليه سرعة الرياح (صورة ٧).



صورة (٧). توضح جهاز الأنيموميتر لقياس سرعة الرياح (Anemometer) وهناك أيضاً أجهزة تـ. سجيل كهربائية، تقيس سرعة الرياح وتسجلها تسجيلاً مستمراً .

(٣,٣,٥) التبخر Evaporation

تتوقف قوة التبخر الجوية على عدة عوامل أهمها درجة الحرارة والرطوبة النسبية وقوة الرياح والطاقة الشمسية، وتمثل هذه القوة، مقدرة الهواء الجوي على التجفيف، تجفيف التربة وتجفيف النباتات والحيوانات، ولكليهما أبلغ الأثر في حياة النباتات والحيوانات.

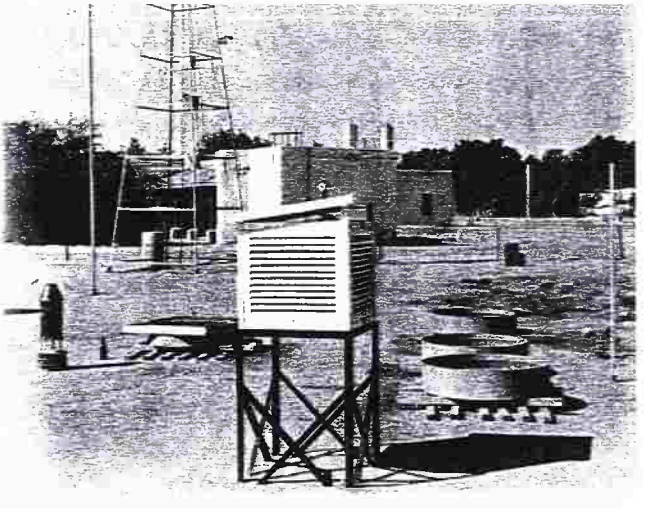
ويرتبط توزيع النباتات بالتبخر؛ فلا يقتصر تأثير التبخر على فقد الماء من النباتات فقط ولكنه يعمل أيضاً على إنقاص محتوى التربة المائي، وللأثر الأخير أهمية بالغة في المناطق الجافة بنوع خاص؛ ويعبر التبخر إلى حد كبير عن كفاية المطر في أية منطقة وخاصة عندما يكون المحتوى المائي قليلاً؛ فكلما زاد التبخر في منطقة من المناطق زاد الحد الأدنى لكمية المطر اللازمة لإنتاج نوع معين من الكساء

الخضري؛ فمعدلات التبخر في المناطق الجافة تفوق كثيراً معدلات الأمطار (الشعيفاني ،٢٠٠٢م)، ويساعد ذلك على تكوين كساء نباتي جفافي. ولشدة التبخر الجوية علاقة وثيقة أيضاً بإحتياجات النبات المائية، أي بكمية الماء اللازمة له طول حياته لإنتاج قدر معين من المحصول.

(٣,٣,٥,١) طرق قياس التبخر Measuring evaporation

في بعض محطات الأرصاد، يقاس معدل التبخر، بقياس فقد الماء من سطح مائي حر محفوظ في أناء أسود غير عميق (الشكل رقم ٤)؛ لقد وُجِدَ أن التبخر من مثل هذا الإناء متفق إلى حد كبير مع سرعة النتج في النباتات (مجاهد وآخرون ، ١٩٩٠م).

يوضح الشكل رقم(٤) إحدى محطات الأرصاد ويلاحظ مقياس المطر (في اليسار)، وغرفة الأرصاد بجوانبها المكونة من قطع خشبية تفصلها مسافات وآنية التبخر مصفوفة (في اليمين).



الشكل رقم (٤). يوضح إحدى محطات الأرصاد: ويلاحظ مقياس المطر (في اليسار)، وغرفة الأرصاد بجوانبها المكونة من قطع خشبية تفصلها مسافات، وآنية التبخر (في اليمين).