محاضرات في

الجغرافيا المناخية والحيوية

إعداد

أ.د. إبراهيم دسوقي محمود

أستاذ الجغرافيا التاريخية
وعميد كلية الآداب بقنا
سابقاً

د. طارق محمد أبو الفضل الكاشف

مدرس الجغرافيا الطبيعية
ونظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد
بجامعة جنوب الوادي

قنـــا

فهرس المحتويات

الموضوع	الصفحة
فهرس المحتويات	٣-٤
الفصل الأول: الجغرافيا المناخية "تعريفها- مراحل تطورها - فروعها وأهميتها"	٥-٣٨
أولاً: التعريف بالجغرافيا المناخية	٥-٨
ثانياً: الفرق بين الطقس والمناخ	٩-١٢
ثالثاً: مراحل تطور الجغرافيا المناخية والجديد فيها	١٢-٢٧
رابعاً: فروع علم المناخ	٢٧
خامساً: أهمية علم والمناخ وتطبيقاته المختلفة	٢٨-٣٢
سادساً: النظام المناخي (تعريفه ومكوناته وطبيعة عمله)	٣٢-٣٨
الفصل الثاني: الغلاف الجوي "تركيبه، طبقاته، قياس عناصره"	٣٩-٥٠
أولاً: تعريف الغلاف الجوي وأهميته	٤١-٤٢
ثانياً: نشأة الغلاف الجوي	٤٢-٤٤
ثالثاً: تركيب الغلاف الجوي	٤٤-٤٥
رابعاً: الخصائص الطبيعية للغلاف الجوي	٤٥-٤٦
خامساً: طبقات الغلاف الجوي	٤٦-٥٠
الفصل الثالث: عناصر المناخ وطرق قياسها	٥١-١١٨
أولاً: الإشعاع الشمسي والإشعاع الأرضي والجوي	٥٣-٦٤
ثانياً: الحرارة	٦٥-٨٣

الموضوع	الصفحة
ثالثاً: الضغط الجوي	٨٣-٩٣
رابعاً: الرياح والكتل الهوائية والجبهات	٩٤-١٠٦
خامساً: التبخر والرطوبة	١٠٦-١٠٨
سادساً: التكاثف وأشكاله	١٠٩-١١٨
الفصل الرابع: الأقاليم المناخية وطرق تصنيفها	١١٩-١٧٦
أولاً: تعريف الأقاليم المناخية والغرض من تصنيفها	١٢١-١٢٤
ثانياً: أهم التصنيفات المناخية	١٢٥-١٣٠
ثالثاً: التقسيم العام للأقاليم المناخية على سطح الأرض	١٣١-١٥٨
الفصل الخامس: أسس الجغرافيا الحيوية	١٥٩-١٩٥
أولاً: التعريف بالجغرافيا الحيوية ومجالاتها وفروعها	١٦١-١٦٤
ثانياً: جغرافية التربة	١٦٤-١٧٠
ثالثاً: جغرافية النبات	١٧١-١٨٩
رابعاً: جغرافية الحيوان	١٩٠-١٩٤
المصادر والمراجع	١٩٥-١٩٩

الفصل الأول

الجغرافيا المناخية

"تعريفها- مراحل تطورها - فروعها وأهميتها"

الفصل الأول

الجغرافيا المناخية

"تعريفها- مراحل تطورها - فروعها وأهميتها"

أولاً: التعريف بالجغرافيا المناخية:

تعتبر الجغرافيا المناخية أحد فروع الجغرافية الطبيعية التي تتناول دراسة العناصر والظواهر المناخية التي تؤثر على مكونات البيئة، والتأثير المتبادل فيما بينها، وأنها تعتمد على المعطيات الاحصائية والقياسات التي يتناولها علم الارصاد الجوية, ولكن بطريقة تختلف عما يعتمده المتخصص في المتيورولوجيا, إذ أن المتخصص في المناخ يقوم بجمع تلك الإحصاءات والبيانات أولا وتحليلها وتوزيعها جغرافيا (مكانيا وزمانيا) ثانيا, وإظهار علاقتها المكانية والزمانية بفروع الجغرافية الأخرى والبيئة ومفرداتها.

يهتم علم المناخ (Climatology) باظهار متوسط أو معدل أحوال الجو التي تسود منطقة ما بدلاً من اظهار التغيرات اليومية لأحوال الجو في المنطقة والتي يعنى بإبرازها علم الميتيورولوجيا (Meteorology) أو الأرصاد الجوية.

تعتبر الجغرافيا المناخية فرع رئيسي من أفرع الجغرافيا الطبيعية، وتدرس الجغرافيا المناخية:

- عناصر المناخ وتوزيعها أفقيا ورأسيا على سطح الكرة الأرضية .
- الأقاليم والظواهر و الأشكال المناخية وأسس تقسيمها .
- التغيرات الطقسية والجوية والمناخية .
- العوامل المؤثرة في العناصر الجوية والظواهر والأقاليم المناخية .
- التأثيرات المناخية على الإنسان ونشاطته الإقتصادية ومنشاته.

وتهتم الجغرافيا المناخية بدراسة الغلاف الجوي Atmosphere، الذي يحيط بالكرة الأرضية عامة وبقسمه الأسفل الذي يلامس سطح الأرض خاصة، وما ينتج عن تفاعل الغلاف الجوي (تبعاً لسقوط الأشعة الشمسية على سطح الأرض ومرورها عبر الغلاف

الجوي) مع الأغلفة الطبيعية الأخرى للكرة الأرضية، التي تتمثل في الغلاف المائي Hydrosphere، والغلاف الصخري Lithosphere، والغلاف الحيوي – Bio Sphere خاصة الغلاف النباتي)، مما يؤدي إلى تنوع كبير في درجات حرارة الهواء الملامس للأجزاء المختلفة من سطح الأرض، ومن ثم يختلف مقدار الضغط الجوي، واتجاه الرياح، وسرعتها، وكمية الأمطار الساقطة، واختلافها من جزء إلى آخر على سطح الأرض. وتبعاً لتنوع هذه العناصر المناخية Climatic Elements، تتنوع حالة المناخ Climatic Condition من مكان إلى آخر على سطح الأرض.

تركز جغرافية المناخ على دراسة العناصر والظواهر التي تحدث في الغلاف الجوي وطبيعة العلاقة القائمة بينهما ، فضلاً عن التاثير المتبادل الذي تعكسه على خصائص وعناصر البيئة بشكل عام والانسان بشكل خاص ،

تركز جغرافية المناخ على دراسة معدل قيم العناصر والظواهر التي تحدث في الغلاف الجوي وطبيعة العلاقة القائمة بينهما، فضلاً عن التاثير المتبادل الذي تعكسه على خصائص وعناصر البيئة بشكل عام والانسان بشكل خاص، وهذا ما دفع الانسان الى دراسة تلك العناصر والظواهر فيها بحيث اصبح الفصل بينهما امراً في غاية من الصعوبة، إذ أنهما يرتبطان في العناصر اولاً ، والمكان والزمان ثانياً، الا ان التوسع والتقدم في دراستهما اعطاهما سمة الاستقلال في التخصص والتاثير ومجال البحث، مما يتطلب ذلك الوقوف أمام مفهومهما ومجال دراستهما.

يتضمن مصطلح ((المناخ)) العناصر الاساسية التي يتكون منها وهي ((الاشعاع الشمسي ، الحرارة ، الضغط الجوي ، الرياح ، الرطوبة وصور التكاثف)) ، فضلاً عما يرافقهما من ظواهر طقسية ومناخية تتكون في الغلاف الجوي ، كما يعتمد كل منهما على التسجيلات التي توفرها محطات الرصد الجوي المحلية منها والعالمية ، فضلاً عما يعتمد عليهما حالياً في مجال التنبؤ بعناصرهما ووفق طرائق التنبؤ ووقتها لحالة الجو المتوقعة لمدة طويلة في حالة التنبؤ المناخي.

ثانياً: الفرق بين الطقس والمناخ:

المناخ هو متوسط أحوال الجو المتعاقبة في مكان ما لمدة طويلة قد تكون شهراً أو فصلاً أو سنة أو سنوات متعددة، أما الطقس فهو حالة الجو من حيث عناصر المناخ المختلفة لمنطقة محددة لفترة زمنية قصيرة، تقدر ببضعة أيام.

علم المترولوجيا Meteorology أو ما يطلق عليه علم الارصاد الجوية يختلف فيما يتناوله عما يتضمنه علم الطقس والمناخ, فالمترولوجيا و من اشتقاقها' كلمة يونانية تتألف من مقطعين (Meteors) وتعني الاجواء العليا و(Logos) وتعني دراسة أو علم، ووفق هذا المفهوم فان علم المترولوجية يهتم بدراسة الظواهر الجوية من خلال رصد وقياس الاشعاع الشمسي والحرارة والضغط والتي هي نفس العناصر التي يتناولها علم الطقس والمناخ والتي تعرف عند المترولوجيين بعلم الارصاد التقليدي Meteorological rationale , وتدخل الاهتمامات هذه ضمن علم فيزياء الجو وحركته ومايتولد عن ذلك من أنماط وأشكال مختلفة من الظواهر الجوية.

ولابد من التفريق بين المناخ والطقس، فالمناخ يعطي صورة عامة وشاملة عن حالة الجو في تلك المنطقة.المناخية التي تميزها عن غيرها من المناطق عبر فترات زمنية طويلة، فمثلا يوصف مناخ حوض البحر المتوسط بأنه حار جاف صيفا، ومعتدل ماطر شتاء، أو يوصف مناخ المنطقة الاستوائية بأنه حار وماطر طوال العام.

بينما يعطي الطقس صورة مؤقتة عن حالة الجو التي تتغير تلك المنطقة من حيث الارتفاع والانخفاض في درجات الحرارة، أو سقوط الأمطار، أو هبوب الرياح، وهذا ما ينطبق على وصف النشرة الجوية لمنطقة معينة.

ومما سبق يتضح أن علم المناخ يهتم بدراسة حالة العناصر الجوية في منطقة ما على سطح الأرض، عن طريق حساب متوسطاتها، ومتغيراتها، وقيمها، خلال مدة قد تصل إلى ٣٥ سنة. لذا يختلف علم المناخ عن علم الأرصاد الجوية والطقس .

فالمترولوجي كما توضح يهتم بـ:

- مراقبة الجو وقياس العناصر المناخية.
- ووضع التنبؤات بها وفقا للأرقام المجردة،

في حين أن الجغرافي المتخصص في دراسة جغرافية المناخ يقوم بتحليل تلك البيانات والإحصاءات وإظهار العلاقات المتبادلة فيما بينها وتأثيراتها على ما يحدث في الغلاف الجوي من ظواهر ومظاهر وما تعكسه على مكونات البيئة وعناصرها وفي مقدمتها الإنسان وأنظمته المختلفة.

يعد مصطلحي (الطقس والمناخ) مصطلحين جغرافيين متداخلين ومترابطين بعلاقات وثيقة تجمعهما العناصر الاساسية التي يتكونان منهما وهي (الاشعاع الشمسي ، الحرارة ، الضغط الجوي ، الرياح ، الرطوبة وصور التكاثف) ، فضلاً عما يرافقهما من ظواهر طقسية ومناخية تتكون في الغلاف الجوي ، كما يعتمد كل منهما على التسجيلات التي توفرها محطات الرصد الجوي المحلية منها والعالمية ، فضلاً عما يعتمد عليهما حالياً في مجال التنبؤ بعناصرهما ووفق طرائق التنبؤ ووقتها لحالة الجو المتوقعة لمدة قصيرة في حالة الطقس ، أم لمدة طويلة في حالة التنبؤ المناخي .

ونظراً لهذا الارتباط والتداخل في العناصر التي يتناولها كل منهما في ضمن الغلاف الجوي فقد حتم ذلك على الدارس في جغرافية الطقس والمناخ ان يدرك ما يوجد بينهما من اختلاف وتداخل في الفصول والمباحث التي تتناول دراستهما ، إذ أن الطقس يتناول ويجمع ويحلل عناصر الطقس وظواهره الجوية التي تكون على أساس علم المناخ في وقت ومدة قصيرة ، في حين تؤكد الدراسات المناخية على تلك العناصر وظواهرها الجوية لمدة اطول وتاثير الظروف التي يتعرض لها الغلاف الجوي على عناصر المناخ وما يعكسه ذلك على الحياة الطبيعية والحيوية على سطح الارض .

يمكن ان نحدد مفهوم كل من الطقس (Weather) والمناخ (Climate) ، **فالطقس:**(هو حالة الجو في مكان ما من خلال مدة قصيرة قد تكون خلال اليوم الواحد او لعدة ايام والتنبؤ بحالته) ، ويعني ذلك رصد وتحليل لعناصر الطقس وما يرافقها من ظواهر جوية كالضباب ، السحب ، العواصف الغبارية ..... وغيرها والتنبؤ بها ، إذ لم يعد الطقس كما كان عليه سابقاً مجرد إشارات لطبيعة عناصره وانما تحليل لتلك العناصر آنياً مع الاهتمام بتفسير اسباب حدوثها وتقدير ما يمكن أن تكون عليه وما يرافقها من ظواهر جوية متوقعة في الغلاف الجوي خلال الاربع وعشرين او

الثمانية وأربعين ساعة المقبلة ، إذ أن لمثل هذا التنبؤ في الوقت الحاضر اهميته على حياة الانسان اليومية ، وبالشكل الذي اعطى للجغرافيين مكانة متميزة في تناولهم لعناصر المناخ عن غيرهم من المترولوجيين واللذين يتناولون مجرد رصد وقياس هذه العناصر بدون تحليل اولاً ، ولان الجغرافيين اكثر من غيرهم قدرة في التحليل والربط والتوقع او التنبؤ ثانياً .

أما المناخ (Climate) فقد تعددت المفاهيم عنه ،هناك من يحدده بأنه مجموع المتوسطات أو المعدلات الشهرية او الفصلية والسنوية لكل جانب من جوانب الطقس ، بما فيها التغيرات الحالية او المتوقعة لمساحة واسعة ولعدد من السنوات ن وهو بذلك يبحث شخصية الطقس او سلوكه العام الذي يسود في كل شهر من اشهر السنة خلال سنوات الرصد ، وباختصار فانه حالة الطقس بعناصره المختلفة ، في حين حدد له مفهوماً اوسع يتضمن بانه ((الحالة العامة للغلاف الجوي في منطقة ما لفترة طويلة قد تزيد عن شهر من الشهور او فصل واحد او حالة الغلاف الجوي الدائمية)) . كما تضمن هذا التعريف تفاصيل عديدة عن عناصر المناخ (الاشعاع الشمسي ، الحرارة ، الضغط الجوي، الرياح ، الرطوبة ، التساقط ، الكتل الهوائية ... وغيرها) ، كما يضاف الى ذلك الظواهر المناخية التي تتكون في الغلاف الجوي كالضباب، السحب والعواصف الترابية والعلاقة والتباين بين عناصر المناخ محلياً او اقليمياً .

ويمكن أن نتتبع تعريف علم المناخ عند المتخصصين فيه ، اذ عرفه عالم المناخ ((تريوارثا)) بانه((مجموع معدل حالة الجو بعناصره المختلفة)) ، ويؤكد ((توماس بلير Thomas Blair)) في مؤلَفه (علم المناخ) بان المناخ يمثل ((جميع التغيرات التي تطرأ على عناصر الطقس من يوم الى اخر)) ، ويعرفه ((جرفت ودرسكول)) بانه ((تركيب حالة الطقس ، وبانه اكثر من معدل حالة الطقس، بل يتعداه الى التباين في قيم العناصر وتوزيعها)) اما العالم ((اوليفر)) فيعرفه على أنه ((مجموع حالات الطقس)) .

ويعرفه ((نعمان شحاده)) بانه ((الخصائص الرئيسية المميزة لحالة الجو في منطقة معينة ولمدة طويلة)) كما ورد في ((الانسكلوبيديا المناخية)) تحديداً للمناخ على

انه : ((معدل الحالة الفيزيائية للجو مع الاختلافات الاحصائية في الوقت والمكان)) ، ووفقاً لما تقدم اعلاه فان المناخ يعني : ((حالة الغلاف الجوي من حيث الاشعاع الشمسي ، الحرارة ، الضغط الجوي، الرياح ، الرطوبة والتساقط وصوره لمساحة واسعة من الارض ولعدد من الاشهر او السنوات)) ، وهذا المفهوم يعطينا صورة واضحة عن عناصر الطقس خلال اليوم او الايام والتي تجمع لترسم لنا طبيعة وخصائص المناخ للمنطقة المدروسة وبالشكل الذي لايمكن للمناخ ان يستغني عن تسجيلات الطقس والتي توفر للمهتم في المناخ تفسير وتحليل ما يرافق عناصر المناخ من هذه من ظواهر جوية واحوال مناخية يمكن ان نستنتج منها التنبؤ او التوقعات المستقبلية للمناخ، من هنا ظهرت اهمية دراسة الظروف الجوية سواء اكانت طقسية ام مناخية في جغرافية الطقس والمناخ ، اذ ان من يهتم بدراسة المناخ يعتمد على ما توصل اليه دارس الطقس من معلومات عن التغيرات الجوية لعناصر الطقس والتي توفر له امكانية التحليل واظهار الاختلاف والتباين في توزيع الظواهر الجغرافية وايجاد العلاقة بينهما واستخراج المتوسطات الشهرية والسنوية لهذه العناصر لمدة لاتقل عن (٣٠ سنة) واعطاء صورة كاملة لحالة المناخ لاي منطقة على سطح الارض وما يمكن ان يكون عليه المناخ مستقبلاً ، اذ ان جميع الظواهر الطبيعية والبشرية توجد ، تنمو ، تتطور، وتزول تحت مظلة المناخ .

ثالثاً: مراحل تطور الجغرافيا المناخية والجديد فيها:

اهتم الانسان منذ القدم بالعناصر والظواهر الجوية لما لها من تاثير مباشر على الحياة البشرية، وغالبا ما اقتصر اهتمام الانسان خلال العصور القديمة والوسطى على وصف العناصر والظواهر الجوية وتاثيرها على الانسان،وما يزال العلماء مهتمين بدراسة المناخ والطقس من اجل استثماره في خدمة البشرية على افضل وجه فالاحوال الجوية تؤثر في حياة الانسان من مختلف المجالات.فللعناصر المناخية نفوذ في نوع اللباس حيث يكون اللباس خفيفا في اوقات الحر وثقيلا في اوقات البرد، كما ويؤثر على نوعية المساكن وتصميمها فتختلف انواع المساكن من اقليم لاخر، من مساكن الاسكيمو الجليدية في المناطق القطبية،والمساكن الحجرية والاسمنتية في الوطن العربي

واوربا، الى الخيام التي يسكنها البدو، وغيرها من انواع المساكن والتي تاثرت جميعها بالبيئة المحلية، وتؤثر عناصر المناخ خاصة الحرارة والامطار على الزراعة ومن ثم على توفر الغذاء للانسان والحيوان، وللظروف الجوية علاقة قوية مع انتشار الامراض التي كانت وما تزال تفتك بالبشر ،كما ان للاحوال الجوية تاثير على وسائل النقل المختلفة فكان لابد للانسان من فهم حركة الرياح لتسهيل ونجاح تنقل السفن التجارية والحربية عندما كانت السفن الشراعية تعتمد في حركتها عبر البحار على سرعة الرياح واتجاهها،كذلك الضباب والصقيع والفيضانات والثلوج ما تزال تعرقل حركة وسائل تنقل الانسان،وكذلك لابد من محاولة التعرف على الظواهر الجوية الخطيرة مثل الزوابع والعواصف الجوية التي لها تاثير سلبي على حياة البشر مثل الفيضانات والاعاصير التي تدمر الانسان والارض.

نظراً لان جميع الظواهر الطبيعية والبشرية التي وجدت على سطح الارض تتاثر بما يحدث من تغيرات في الغلاف الجوي والتي هي أساسا تمثل عناصر الطقس والمناخ ، فقد دفع ذلك بالإنسان الذي هو احد واهم مفردات عناصر البيئة الى الاهتمام بتلك التغيرات لما تعكسه من تاثيرات على حياته وأنشطته المختلفة ، حيث لا يوجد أيّ مفصل من مفاصل حياته لا يتاثر بتلك التغيرات سواء بشكل مباشر او غير مباشر .

لقد تطورت المفاهيم عن الظروف الجوية منذ القدم واول الاعمال العلمية عن الظروف الجوية كانت في زمن الاغريق واشهرها ما احتواه كتاب ارسطو (المتيورولوجيا) وكتاب ابو قراط(الهواء والماء والاماكن) زمن الامثلة في في موضوع المناخ تقسيم ارسطو العالم الى اقاليم مناخية حسب درجات الحرارة وهي الاقليم الحار في المنطقة جنوب الصحراء الكبرى(حول المنطقة الاستوائية) وهي منطقة غير ماهولة والاقليم البارد في العروض العليا شمال اوربا وهي غير ماهولة ايضا وبينهما يقع الاقليم المعتدل الذي نشات فيه الجضارات القديمة في المنطقة من اوربا الى الصين،كما وظهرت فكرة كروية الارض عند الاغريق ويؤيد ذلك محاولاتهم لقياس محيط الارض ومن اهمها قياس ايراتوستين الذي لقب بابي الجغرافية.

ويرجع اهتمام الإنسان بالظواهر الجوية منذ ان وجد على سطح الأرض، اذ كان الانسان في بداية مراحل حياته الاولى اكثر احساساً بالتاثير المباشر لظواهر الطقس اليومية لانه كان بدائياً يخضع خضوعاً مباشراً في جوانب حياته (المأكل ، الملبس والمأوى)، مما دفعه ذلك الى التفكير فيما يحيط به من تلك المؤثرات ويعطيها تفسيراً يتناسب وعقليته البدائية البسيطة وبالشكل الذي ارجعها الى قوى طبيعية والى ارادة الالهة لانها تقع خارج إرادته ، مما دفعه ذلك إلى عبادتها ، فأقام لها الطقوس والقرابين وأعطى لعدد من الظاهرات تسميات منها (آله الشمس رع Ra) و (آله قرص الشمس آتون)، وهو المسؤول في نظره عن سقوط أشعة الشمس على سطح الارض وبعث الحياة في كل الكائنات الحية .

وأعتقد السكان القدامى من الفراعنة ايضاً بان الاله (بورياس آله الرياح) هو المسؤول عن هبوب الرياح ، وان الاله (بلوفيوس) هو آله المطر عند الرومان ، والإله (ثور) هو آله الرعد عند القبائل في شمال أوربا من الاسكندنافيين . كما ذكرت تسميات للآلهة ارتبطت بتاثير الظواهر التي تحدث في الغلاف الجوي منها ماورد عند سكان العراق مثل (آنليل) والذي يمثل لديهم الهواء والجو والظواهر المتعلقة بهما حتى انهم اطلقوا عليه (سيد الهواء) او (الرب الهواء) ، والآله (آنور) للسماء ، والآله (سين) للقمر والآله (شمس) الذي اطلق على الشمس .

ونظراً لتاثير الظواهر الجوية التي يعيش الانسان تحت مظلتها فقد تم الربط بين رؤية البرق وسماع الرعد ، او بين رؤية الهالة حول قرص الشمس وسقوط المطر (حتى انهم يذكرون دائماً بان الشمس عندما تكون في بيتها تسقط الامطار) ، وتوسعت معرفتهم عن احوال الجو في نظرتهم للنجوم وصوروها بشكل (ابو الجنيب، او السرطان ، او بشكل ماعز (الجدي)) في مكان غروب الشمس وقبل شروقها ، وظهرت هذه التسميات عند مختلف الشعوب البدائية من البابليين والمصريين والاشوريين والصينيين والهنود والاغريق .

وأستمر اهتمام السكان بالظواهر الجوية التي تحدث في الغلاف الجوي والتي هي اساساً انعكاساً لما تتعرض له عناصر الطقس والمناخ من تغيرات خاصة بعد ان

استقروا وازداد عددهم وبشكل اسهم في بروز الملامح الحضارية ، حيث بدأ النتاج الفكري الجغرافي في هذا الجانب يتبلور من خلال الربط بين هذه الظواهر تحليلاً وتفسيراً وحتى توقعاً ، وكان للصينيون دوراً بارزاً في هذا المجال ، اذ تعد الشعوب الصينية من اقدم الشعوب التي اهتمت بملاحظة الجو وظواهره نظراً لممارستهم الزراعة التي ترتبط بما يحدث من تغيرات جوية، اما الاغريق والرومان فقد كانوا يؤمنون إيماناً مطلقاً بالظواهر الجوية وتاثيرها مما دفع بهم إلى التفكير بها والنظر لها بنظرة واقعية.

واستمرت الدراسات الطقسية والمناخية والأنواء الجوية حتى قام (كيروهيستس Kyrhestes) عام (١٠٠ ق.م) بدراسة الرياح وتأثيرها ، ووضع تصميم لبرج الرياح Tower of the win)، وهو أول مرصد أنوائي في تلك الفترة ، وكانت للشعوب الأخرى إسهامات عديدة في هذا الجانب ، اذ يعد الصينيون القدماء من الشعوب التي اهتمت بملاحظة الجو وما يحدث في الغلاف الجوي من ظواهر لعلاقتها بطبيعية حياتهم الزراعية ، فقد راقبوا الأمطار وحددوا مواعيد سقوطها منذ أكثر من (٣٠٠ سنة مضت)، حتى وصلوا إلى التنبؤ بتحديد مواعيد سقوطها وفصولها . ولم تكن الشعوب الهندية اقل اهتماماً من غيرهم بما يحدث من ظواهر طقسية ومناخية ، في بيئاتهم وخاصة الامطار منها والذي مكنهم من التوصل الى وضع قياسات للإمطار بوساطة أجهزة خاصة بهم ربما كانت هي الاولى من نوعها في العالم.

وكانت المحولات الأولى في هذا الجانب للعالم (أبو قراط) في كتابه الذي كان تحت عنوان (الهواء والماء والاماكن Air , Water and Places) وذلك عام (٤٠٠ ق.م) ، كما يعد كتاب (هيرودوت) وهو(تاريخ الطقس والرياح الموسمية) والذي ألفه عام (٤٤٠ ق.م) اول كتاب وصف فيه الظروف الجوية ، حيث ذكر فيه ((ان اعصاراً مصحوباً بوابل من المطر مرَّ على (طيبة) في مصر فدمر مزارعها ومبانيها)) ، كما يعد (ارسطو) من اعظم من تناول هذه الجوانب وكتب عنها في مؤلفه المشهور (المترولوجيا) عام (٣٥٠ ق.م) وفيه درس الظواهر الجوية دراسة منطقية وواقعية ، وقام (بارمينس) عام (٥٠٠ ق.م) بتقسيم العالم الى ثلاثة اقاليم هي : (Torrid) او التي اسماها المنطقة المحروقة والتي تقابل المنطقة الاستوائية

وهـي فـي اعتقـاده خاليـة مـن السـكان لارتفـاع حرارتهـا ، والمنطقـة الثانيـة هـي (Tempenate) المعتدلة ، والمنطقة الثالثة Fungid وهي الشديدة البرودة والتي حدودها شمال المنطقة المسكونة والتي تتميز بان سكانها يختلفون عن البشر واطلق عليهم (بالمتوحشين) ، وان ارسطو وغيره من الباحثين في ذلك الوقت كان ينقصهم الأجهزة لقياس عناصر الطقس والمناخ ، ولهذا كانت اراؤهم ونظرياتهم تفتقر الى التحصين والبراهين .

ونظراً لان العرب أكثر شعوب العالم تاثراً بتاثيرات البيئة الطبيعية وفي مقدمتها خصائصها الطقسية والمناخية ، وهذا ما دفعهم الى الاهتمام بالظروف الطبيعية التي تواجه العربي في جزيرته ذات الظواهر الطقسية والمناخية القاسية ،حيث الجفاف والتقلب والتذبذب في عناصر الطقس والمناخ والذي دفعهم للتوصل الى تحديدات لم يسبقهم فيها أية مجموعة بشرية عن الرياح والامطار ومواسم سقوطها ، والذي مكنهم من التنبؤ بحالة الطقس فصول السنة الملائمة للتنقل بحيواناتهم ام للزراعة نتيجةً لخبرتهم الطويلة بمراقبة طلوع ومغيب الشمس ، النجوم، او ما يسمى بالغروب الكوني للمنازل القمرية، وكان العرب يحددون ذلك باسم النوء (الجمع أنواء) .

واسهم العلماء العرب المسلمون في تطوير المفاهيم حول الظروف الجوية ، ولم يتوقفوا عند حدود المفاهيم الاغريقية وانما تم تطويرها بالاضافات العديدة التي يمتلكونها من خلال ارثهم الجغرافي الكبير في المجالات الجوية سواء التي كانت تتم عن طريق الملاحظة المباشرة ام بالاستنتاج ، اذ كان للعرب كتابات متميزة عن الفلك والجو ، حيث ساعدهم في ذلك رحلاتهم البحرية بصفة خاصة في دراسة الدورة العامة للهواء على سطح الارض ، خاصةً في المحيط الهندي والذي كانت سفنهم تجوب مياهه بلا توقف خلال اشهر السنة ، استطاعوا تحديد نظام حركة واتجاه الرياح الموسمية ، وهم الذين اعطوها هذا الاسم الذي عرف فيما بعد إلى مصطلح (Monsoons) ، كما انهم اول من اطلق تسمية (الطوفان) على الاعاصير المدارية التي كانت تحدث في المحيط الهندي وبحر العرب والتي تعرف حالياً بـ(التايفون Typhoon) .

وتعد الكتابات التي وردت عند (المسعودي وأخوان الصفا والقزويني والادريسي) وغيرهم قد تناولت ولاول مرة الظروف الطقسية والمناخية والعوامل المؤثرة عليها ، فضلاً عن مساهمتهم في إعطاء تفسير لتلك الظواهر، فقد ورد عن (المسعودي) في كتابه ((مروج الذهب)) اشارات عديدة وواضحة عن الرياح فقد حدد اتجاهاتها وانواعها وشدتها ، كما أنه ربط بين مواعيد هبوبها وما يرافق ذلك من عواصف او زوابع في الخليج العربي والبحر العربي والمحيط الهندي ، كما في قوله: ((ومن الرياح ما يكون مهبه من النجم دون ما يظهر من قصر البحر ، ولكن من يركب البحر من الناس كبحر النيل وبحر العرب وبحر الهند وبحر اليمن وبحر قلزم ارياح يعرفونها في اوقات تكون فيها مهابها)) ، وهذا يعد طفرة في علم الطقس والمناخ.

كما حدد المسعودي العوامل المؤثرة في المناخ حيث ورد عنه ((قد تختلف قوى الارضين وفعلهما في الابدان لثلاثة اسباب ، كمية الهواء التي فيها ، وكمية الاشجار ، وكذلك مقدار ارتفاعها وانخفاضها ، فالارض التي فيها مياه كثيرة ترطب الابدان ، والارض العادمة للمياه تجففها ، واما اختلاف كونها من قبل الاشجار ، فان الارض الكثيرة الاشجار تقوم الاشجار التي فيها مقام السترة ، والارض المكشوفة من الاشجار العادمة لها حالها عكس حال الارض كثيرة الاشجار ، واما اختلاف قواها من قبل مقدار علوها وانخفاضها فان الارض العالية المشرفة فسيحة والارض الفسيحة المنخفضة العميقة حارة)) ، وهذا التوضيح للعوامل المؤثرة قريب الى حد ما لما يتم تناوله حالياً، كما تمكن بطريقة علمية من اظهار العلاقة بين جبال الهملايا وتاثيراتها على مسارات الرياح الموسمية وسقوط الامطار .

وبجانب المسعودي فقد حدد (أخوان الصفا) اثار وافكار عن الطقس والمناخ لم يتناولها أحد من قبلهم ، فقد لاحظوا حرارة الغلاف الجوي نتيجة لانعكاس اشعة الشمس ، وان تحول الاراضي المزروعة الى صحاري هو بفعل الحرارة، كما تناولوا التساقط تكويناً وتفسيراً بقولهم ((اذا ارتفعت البخارات في الهواء وتدافع الهواء الى الجهات ، ويكون تدافعه الى جهة اكثر من جهة ، ويكون من قدام له جبال شامخة

مانعة ، ومن فوق له برد الزمهرير مانع ، ومن اسفل مادة البخارين متصلة فلا يزال البخاران يكثران ويغلظان في الهواء، وتتداخل اجزاء البخار وتظم اجزاء البخار الرطب بعضها الى بعض وصار ماكان دخاناً يابساً ماء ونداء ، ثم تلتم الاجزاء المائية بعضها الى بعض، فان كان صعود ذلك البخار الرطب بالليل والهواء شديد البرودة منع ذلك من تصاعد البخار في الهواء قليلاً ، واذا عرض لها البرد صارت سحاباً رقيقاً)) ، واذاما تمعنا في ذلك لوجدنا بأنهم تتبعوا تكون صور التكاثف، بخار، تكون السحب ، سقوط الامطار وهذا اقرب الى واقع المعرفة التي تعلل وتوضح صور التكاثف ، كما اعطوا وصفاً لطبقات الجو وقسموها الى ثلاث طبقات اعلاها واكثرها حرارة (الاثير) ، واوسطها قارسة البرودة واسموها (الزمهرير) ، والطبقة الدنيا القريبة من الارض واسموها بـ (النسيم) ، كما حددوا سمك الغلاف الجوي بـ(١٢ كم) معتمدين على حسابات هندسية وفلكية ، وتوصل إخوان الصفا إلى أن الأرض لا تسخن من الاشعاع الشمسي فقط وانما من الاشعاع الأرضي أيضا .

وأضاف (القلقشندي) آراء عن الأحوال المناخية من خلال إشارته إلى خط الاستواء وتصنيفه الأرض ، فضلاً عن ما أشار إليه في أسباب حدوث الرياح وأنواعها والى السحاب وكونه بخاراً متصاعداً من الأرض يرتفع من الطبقة الحارة إلى الطبقة الباردة فيثقل ويتكاثف فيصير سحاباً ، ووصف الرعد بأنه حدوث صوت هائل يسمع من السحاب ، وأن البرق ضياء يخرج من أطراف السحب ، ولم يترك ظاهرة من ظواهر التساقط إلا وأشار إليها .

ويعد (أبن حوقل) أول من فند نظرية اليونانيين عن المنطقة الاستوائية والتي وصفوها بالمنطقة المحروقة غير المسكونة ، إذ أكد بوجود السكان فيها بعد ان اجتاز خط الاستواء ، حيث وجد عدد كبير من الناس في مثل هذه المناطق . ووضع العالم (الادريسي) أول تقسيم للأرض ، إذ قسمها إلى سبع اقاليم مناخية على شكل احزمة مستطيلة افقية تبدأ في خط الاستواء وموازية له، وجعل بداياتها من الغرب الى الشرق . كما قسم (المقدسي) العالم سنة (٩٨٥م) إلى (١٤ اقليماً مناخياً) ، واضاف الى العوامل التي كانت سائدة عند اليونانيين عامل جديد هو الموقع بالنسبة

لليابس والماء ، حيث اكد ومن خلال ملاحظاته بان السواحل الشرقية للقارات اكثر مطراً وحرارة من السواحل الغربية ، وهذا ما اكده العالم (همبولت Humboldt) بعد أكثر من (٨٠٠ سنة) .

فضلاً عن ذلك فقد تضمنت مقدمة (ابن خلدون) حقائق علمية عن عناصر المناخ وتاثيراتها ، اذ ربط بين المناخ وعادات الشعوب وتقاليدهم وانشطتهم المختلفة ، والتي هي انعكاساً لتاثير الظروف الجوية ، وبذلك عُد ابن خلدون من اوائل من اكد على الحتم البيئي . كما تمكن العلماء العرب في القرن الحادي عشر الميلادي بتقدير سمك الغلاف الجوي بنحو (٩٢ كم) معتمدين في ذلك على طول المدة التي يمكثها الشفق فوق الأفق ن كما تمكن عدداً منهم خلال هذه الفترة التاريخية من إعطاء وصف كامل للظواهر الجوية كالرياح وتأثيرها على حركة الملاحة والأمواج والتيارات البحرية وحركة المد والجزر، وقد ورد وصف عن الرياح والتيارات والعواصف التي تحدث في المحيط الهندي في مؤلف (ابن ماجد) والمعروف بـ(الفوائد في أصول علم البحار والقواعد) وفي (الرسالة البحرية) .

وتطورت الدراسات الطقسية والمناخية مع النهضة الأوربية والتي رافقها نقل الكتب والمؤلفات العربية وترجمتها اولاً ، فضلاً عن اختراع الآلات والأجهزة التي توفر إمكانيات رصد عناصر الطقس والمناخ والظواهر الجوية ثانياً ، بحيث بدأت هذه الدراسات تخطو خطوات واسعة وسريعة .

وانتقل الإنسان من مرحلة الوصف لعناصر الطقس والمناخ والظواهر الجوية إلى مرحلة القياسات المباشرة بعد توفر أجهزة القياس هذه والتي تم اختراعها ووفق ما يلي :

١- استطاع العالم جاليلو Galileo عام (١٥٩٣)م من اختراع الثرمومتر Thermometer لقياس درجة الحرارة .

٢- تمكن العالم تورشلي Evan gelisra Torricelli عام (١٦٤٣)م من اختراع جهاز البارومتر Barometer والذي اخذ يستعمل في قياس الضغط الجوي .

٣- عام (١٦٤٨)م اكتشف العالم برايس باسكال بان هناك فراغاً فوق الجو ولكنه لم يجد من يصدقه .

٤- عام (١٦٦١)م استطاع بويل Boyle من اكتشاف العلاقة بين حجم الهواء وضغطه.

٥- أنشأت عام (١٦٦٤) م أول محطة رصد في باريس والتي تحتفظ الآن باطول مدة لتسجيل الحرارة في العالم ، ثم أعقبتها تأسيس محطات رصد في ايطاليا وألمانيا وبريطانيا وروسيا .

٦- في عام (١٦٦٧)م تمكن العالم (هوك) من اختراع مقياساً لقياس سرع الرياح.

٧- عام (١٦٦٨)م تمكن العالم (آدموند هالي) Edmund Halley من اكتشاف ما يؤكد قاعدة باسكال حول الضغط الجوي والتي عرفت بخلايا (هادلي) ، ووصف فيها الدورة العامة للرياح The general circulation والتي ركز فيها على الرياح التجارية والموسمية .

٨- وتمكن العالمين (فهرنهايت) والعالم (سيليز) Fahrenheit عام (١٧١٤)م و Calicoes عام (١٧١٥)م من وضع المقياسين الفهرنهايتي والمئوي (سيلز) ، واللذان سميا باسميهما.

٩- في (١٧٨٣- ١٧٨٤)م تمكن (بنجامين فرانكلين) من التوصل إلى ان انظمة الطقس في امريكا الشمالية تتحرك من الغرب الى الشرق .

١٠- عام (١٧٨٣)م وضع العالم (دي سواسور) مقياس درجة الرطوبة Hygromete .

١١- عام (١٧٨٧)م ظهر مقياس المطر Rain gage والذي تمكن من خلاله توفير احصاءات واقعية عن المطر .

١٢- عام (١٨٠٦)م وضع العالم (فرانسيو بيوفورت) تصنيف سرع الرياح.

١٣- عام (١٨٢٧)م تمكن العالم الالماني (دوف Dove) من وضع أساس لفهم العواصف Storms ، حيث اكد بان العواصف الجوية هي نتيجة التقاء الرياح المدارية مع الرياح القطبية ، ويعد اول من وضع مصطلح المناخ الشمولي .

١٤- عـام (١٨٤٥)م تمكـن العـالم (بيرجهـاوس) Burghous مـن وضـع أول خريطة للامطار .

١٥- عام (١٨٥٤)م ظهرت الى الوجود اول محطة للارصاد الجوية في بريطانيا والتي اخذت على عاتقها جمع البيانات الجوية عن الدول المجاورة وتسجيلها يومياً والتي اقتصرت على طبقات الجو السفلى .

١٦- استطاع العالم (اسبي)Espy من توضيح حركة وتطور العواصف والكتل الهوائية. واوجد العالم (كوريولس) Caspard Coriolis ما يعرف بقوة كوريولس وهي : (تنحرف الرياح الى يمين اتجاهها في النصف الشمالي والى يسار اتجاهها في النصف الجنوبي ، والذي ربط فيه بين اختلاف الضغط الجوي واتجاه الرياح نتيجة لدوران الأرض من الغرب إلى الشرق .

١٧- عام (١٨٥٧)م اكتشف العالم (بايز – بايلوت) Buys – Ballot قانونه المعروف حول سرع واتجاه الرياح حسب قيم الضغط الجوي .

١٨- عام (١٨٦٠)م بدأ العالم (روبرت فيرو ري) بدراسة المناخ في انكلترا ، وبدات توقعاته عن حالة الطقس وانتشارها .

١٩- وتمكن العالم (دوف Dove) ايضاً عام (١٨٦٢)م من وضع خريطة مثل فيها المعدلات الشهرية للحرارة في العالم ، كما يعد بانه اول من حدد مفهوم الكتل الهوائية Air masses وتاثيرها على الخصائص المناخية ، فضلاً عن دوره الكبير في وضع معادلة رياضية للموازنة الاشعاعية Radiation Budget ، وفي نفس العام وضع العالم رينو Renou خريطة للتوزيعات الضغطية في غرب اوربا .

٢٠- ولم يصل الاهتمام بالطقس ويتقدم الا من خلال مساهمة الفنيين العسكريين الامريكيين وحاجتهم لذلك في الحروب ، حيث اسس سلاح الاشارة في الجيش الامريكي عام (١٨٨٢)م اول مؤسسة اطلق عليها (مؤسسة خدمة الطقس الوطنية) والتي بقيت تدير شؤون الطقس والتنبؤ به حتى اليوم في امريكا وبقية دول العالم ، كما حاول (جون فنلي) الخبير الفني الامريكي في ذلك الوقت من تحديد خط سير العواصف خاصة (التورنادو Tornado) وتحولت خدمة الطقس الوطنية التي اسسها العسكريون قبل

اكثر من (١٢٠ سنة) الى ادارة محطات الفضاء الخارجي للقمر (نوا 5 . NOAA)، ويقع قريباً منها مبنى (طقس العالم) في (كامب سبرنغ) في ولاية (مريلاند) والتي يوجد فيها اكبر كومبيوتر في العالم لحساب الطقس والتنبؤ به، وتنسق (نوا) مع منظمة الطقس الدولية التابعة للامم المتحدة في جمع المعلومات الدولية ودراستها وتحليلها ورسمها على خرائط وتوزيعها.

وبالرغم من التطور الذي رافق جوانب متعددة من الدراسات المناخية الا ان هذا التطور كان يسير ببطء شديد بسبب قلة البيانات المناخية عن طبقات الجو العليا ولعدم وجود اسس نظرية كافية لتطور العلم ، ويعد (دليل المترولوجيا) اقدم كتاب كلاسيكي في العصر الحديث يعالج المناخ باسلوب وصفي ، وهو يتكون من ثلاثة اجزاء : تناول الجزء الاول (المناخ العام) ، في حين ركز الجزئين الثاني والثالث على (المناخ الاقليمي) . وظهر الكتاب مرة اخرى باسم ((اطلس الميترولوجيا)) للمؤلفين (بارثلوميو و هربرتسون). اما خلال القرن العشرين فقد تطورت الدراسات الطقسية والمناخية بشكل سريع تماشى مع التطور العلمي والتكنولوجي الذي شهده العالم والذي تمثل بظهور المدارس على يد عدد من العلماء ومنهم (بيركنز Berkenze) الذي اسس مدرسة بيركن Berken بعد الحرب العالمية الاولى عام (١٩١٧)م في تحليل خرائط الطقس وتفسير الامواج Waves والدوامات الهوائية ، واسس شبكة كثيفة من محطات الرصد جنوب النروج ، وتمكن من اكتشاف الجبهة الدافئة Warm Front والجبهة القطبية Polar Front بين سنتي (١٩١٨ و ١٩١٩)م واثرهما في تطور المنخفضات الجوية وتاثيراتها ، وتمكن بعد ذلك العالم (بيرجرن Bergeron)الذي اكتشف جبهة الامتلاء Eclouded Front في المنخفضات الجوية . وتعد الفترة الواقعة بين الحربين العالميتين من الفترات التي شهدت تطوراً في الدراسات الطقسية والمناخية لحاجة الدول الى ذلك ، فقد اهتمت الحكومات والعلماء والباحثين في ذلك لحاجتها في الطيران المدني والعسكري فازداد استعمال البالونات والطائرات والاقمار الصناعية والصواريخ والمركبات الفضائية مما ادى الى تطور المعرفة العلمية عن الخصائص المناخية .

وتوجت الدراسات المناخية عام (١٩١٨)م بظهور أكثر التصانيف المناخية شيوعاً في الجغرافية هو تصنيف العالم الالماني (كوبن W.Koppen) والذي قسم العالم الى (خمسة اقاليم مناخية كبرى) تتخللها اقاليم ثانوية معتمداً في ذلك على الحرارة اولاً ، والعلاقة بين الحرارة والامطار ثانياً، واعتمد على النبات الطبيعي كأساس في تصنيفه المناخي .

وفي عام (١٩٢١)م طور العالم الروسي (فيدروف Fedrov) مبادئ علم المناخ المركب Complex climatology والذي يعتمد على دراسة تكرار انماط الطقس اليومي . ورافق هذا التطور العلمي الذي شهده العالم استخدام جهاز (الراديو ساوند Sond – Radio) او المسبار الراديوي عام (١٩٢٨)م حيث نجح العالم الارصادي الجوي الروسي (مولتخانوف) في استخدامه في الرصد ويشمل درجات الحرارة على ارتفاعات عالية جداً من سطح الارض . واستخدمت محطات الرصد الجوي في الولايات المتحدة هذا الجهاز منذ عام ١٩٣٥ م وارتفع عدد محطات الرصد الجوية التي تستخدم الراديو سوند لرصد وتسجيل خصائص الطبقات العليا للهواء في الولايات المتحدة من (٦ محطات عام١٩٣٧ م) إلى (٣٣٥ محطة عام ١٩٣٥) ، وطور العالم بيرجرن سنة ١٩٣٠ مبادئ علم المناخ الديناميكي Dynamic Climatology والذي فسر فيه (أن أنماط الطقس المستقرة كالكتل الهوائية والجبهات تمثل عمليات ديناميكية في الغلاف الجوي) ، وشهدت الفترة بين (١٩٣٣ – ١٩٤٠) ظهور دليل الميترولوجيا لمؤلفة كوبن Koppen وجيجر Geiger في خمسة أجزاء والذي تم التركيز فيه على الأسلوب الكمي في الوصف والاعتماد على الإشكال البيانية والجداول الإحصائية لعناصر الطقس، وظهر بين عامي (١٩٣١– ١٩٣٣) ظهر تصنيف جديد للأقاليم المناخية ينافس تصنيف كوبن هو تصنيف العالم الأمريكي الشهير (ثورنثويت THORNTHWAITE والذي أعتمد على حساب التبخر والنتح في تقدير فعالية الامطار ، كما شهدت هذه السنوات ظهور مدرسة عالم الأرصاد الجوي للسويدي (روسبي ROSSBY) في تفسير الدورة العامة للغلاف الجوي وتتلمذ على يده علماء في شيكاغو، وطور النماذج التجريبية في المعالجات المناخية وفسر

الحركات الموجية في الجو حتى عرفت(بأمواج روسبي) ، وقد عدلت الكثير من المعتقدات السابقة عن التيارات النفاثة (JETSTREAM) التي تتكون في طبقات الجو العليا والتي لها دورها الكبير في عملية انتقال الطاقة من المناطق المدارية إلى المناطق القطبية وفي نشوء وتطور المنخفضات الجوية .

وتعد مدرسة شيكاغو التي درس فيها (روسبي) أول المدارس الجغرافية التي أعتمدت الحاسوب الالكتروني في تحليل البيانات المناخية وساعدت بدرجات كبيرة على تطوير النماذج الجغرافية والتوسع فيها وكان من نتائج أبحاثها (أستنباط الخصائص العامة للمناخ والطقس) و(الخصائص الديناميكية للغلاف الجوي) . كما يعد العالم (جيجر GEIGER) الرائد الاول في المناخ التفصيلي والذي تناول دراسة الطبقة السفلى من الغلاف الجوي الملاصق لسطح ألارض .

وازدادت خلال الحرب العالمية الثانية الدراسات حول الغلاف الجوي وحاجة الدول فيما يتعلق بالتنبؤ الجوي عن الطقس ليوم أو يومين أو أكثر مع تطور علم المناخ الشمولي وتمكن العالم الجغرافي (جياو giao) سنة (١٩٤١)م من تفسير الدورة العامة للهواء فوق مناطق معينة عن طريق (بناء نماذج رياضية تقوم على النظريات الهيدروديناميكية والعوامل المؤثرة والتي منها طبيعة سطح الارض ومصادر الحرارة ومصادر البرودة ومعامل انعكاس الأشعة الالبيدو (Albedo) ، وبعد إن أدركت دول العالم أهمية التعاون في مجال الطقس والمناخ وفي دراسة الغلاف الجوي والتنبؤات الجوية ، لذلك بادرت إلى تأسيس المنظمة العالمية للأنواء الجوية (World) (WMO Meteorological organization) عام (١٩٥٦)م والتي هي أكثر منظمات الأمم المتحدة نشاطاً ومقرها (جنيف) في سويسرا .

وحدث خلال السنوات الماضية القريبة تطورات كبيرة في دراسة الغلاف الجوي خاصة من خلال التوسع الذي شهده العالم في عدد المحطات المناخية في الخمسينيات من القرن الماضي والتي وصلت الى (١٠٠٠٠ محطة ارصاد جوية) و(١٠٠٠ محطة جوية) لقياس درجات الحرارة والضغط الجوي والرياح في مستويات مختلفة ، فضلاً عن وجود (٣٠٠٠ سفينة مجهزة باحدث الاجهزة المترولوجية ، كما توفرت

اجهزة متطورة لقياس الاشعاع الشمسي وجمع المعلومات عن طبقات الغلاف الجوي ونقلها الى محطات الارصاد الجوية وتصنيفها ووضعها بشكل خرائط للطقس Weather Maps تعرف باسم (Synoptic Chat) والتي توفر معلومات عن الظروف الطقسية التي يمكن من خلالها التنبؤ بحالات الطقس المتوقعة .

كما شهد العالم تطوراً في صناعة الاقمار الاصطناعية والتي لها دورها الكبير والمميز في تطور الدراسات الطقسية والمناخية ، حيث اطلق اول قمر اصطناعي (تيروس Tiros) للرصد الجوي في عام (١٩٦٠)م وقد احدث طفرة هائلة في مجال مراقبة الطبقات الجوية وما يحدث فيها وارسال ذلك الى محطات المراقبة الارضية ، وازدادت مساحة المناطق التي يتم رصدها ، والعناصر المناخية التي يتم قياسها ، وزودت الاقمار الاصطناعية ومنها قمر (NOAA-5) باجهزة تصوير يمكن من خلالها ارسال صور ملونة في غاية الدقة والوضوح لمساحة تصل الى (٢٠٠٠ كم٢) كما انه يحمل آلة تصوير ليلية اخرى (سبكترومیتر Spectrometer) تستعمل الاشعة ما دون الحمراء لقياس درجة الحرارة في الغلاف الجوي ، وشهدت السنوات التي أعقبت ذلك وضع برامج للاقمار الاصطناعية اكثر تطوراً ، حيث توج ذلك بصناعة القمر (نمبوس Nimbus-6) والذي زود باجهزة بالغة الدقة يمكن من خلالها تصوير السحب وتحت مختلف الظروف الجوية ، كما يتضمن جهازاً لرصد الاشعة دون الحمراء .

واتفقت دول العالم على تخصيص ما يعرف بالساعة الطقسية العالمية (World Weather Watch) حيث تقوم كل دولة من دول اعضاء منظمة الارصاد الجوية العالمية بإذاعة وتلفزة معلومات مناخية تفصيلية عن حالة الطقس فوق اراضيها لمدة ساعة يومياً على موجات محددة بحيث يمكن إن تستغلها أجهزة الاتصال في دول العالم الأخرى ، وتحديد الطقس اليومي فوق أجزاء سطح الأرض لخدمة الملاحة الجوية والبحرية ، وقد بلغ عدد محطات الأرصاد الجوية العالمية المشتركة في نظام الرصد العالمي نحو (٣٣٠٠ محطة) عام (١٩٧٠)م منها (٥١١ محطة) افريقية و(٨٧٥ محطة) في آسيا و(٢٩٨ محطة) في امريكا الجنوبية و(٤٤٤ محطة) في امريكا

الشمالية و(٣١٤ محطة) في المحيط الهادي الجنوبي و(٨٣٥ محطة) في اوربا و(٢٤ محطة) في القارة القطبية الجنوبية ، وهذا يعني أن تطور دراسة الطقس أصبحت ذوات صبغة عالمية ، حيث يؤكد (ادوارد لورنز) استاذ الجغرافية في معهد (ماساشوستس للتكنلوجيا) ومؤلف كتاب (احوال الطقس) بان العالم اصبح قرية واحدة في مجال الطقس ، ووضع (نظرية الفراشة) التي يقول فيها (إذا نفضت فراشة جناحيها في حوض الامزون ستؤثر على سرع الرياح واتجاهاتها في المنطقة التي تطير فيها ، وتؤثر نظرياً على اعصار (نيواورلينز) في امريكا ، وسقوط مطر مفاجئ في جدة ، وموجة برد في كلكتا) .

وأسهمت أقسام العلوم الطبيعية والجغرافية في عدد من الجامعات الكبرى كما في (جامعة شيكاغو ، وجامعة كاليفورنيا ، وسكنسن ، والجامعات البريطانية) في تطوير أبحاث علميّ الطقس والمناخ ، فضلاً عن التقدم العلمي الذي أحرزته الدراسات الطقسية والمناخية في الاتحاد السوفيتي سابقاً .

ويقف برنامج الأبحاث الجوية العالمي (GARP) الذي يضم أكثر من (٥٠٠٠) باحث ينتمون الى اكثر من عشر دول) في دراسة ووضع برامج عالمية لدراسة الخصائص الطقسية والمناخية التي تحدث في الغلاف الجوي ، وعقد المؤتمرات الدولية حول هذه التغيرات التي تحدث في الغلاف الجوي حالياً والتوقعات التي ستكون عليه مستقبلا.

رابعاً: فروع علم المناخ:

وفق ما تقدم أعلاه فأن التطور العلمي الذي رافق مجالات دراسة علم الطقس والمناخ لا تدخل في ضمن التأثيرات المحدودة,والتي تطرقنا عنها , إذ تعددت فروع جوانب دراسته وتخصصاته فمنها من يدخل في تناول الرصد الجوي وعمليات التنبؤ الجوي ووضع النماذج المناخية، فضلا عن دخول المتخصصين في علم الطقس والمناخ الجوانب التطبيقية لما تم التوصل له نظريا في الطقس او المناخ فظهر علم المناخ التطبيقي (Applied Climatology)، وفي أدق التفاصيل والمستويات، فقد توج ذلك بظهور تخصصات دقيقة وفروع تعالج جوانب متعددة منها ما يدخل بالمناخ

التفصيلي (Micro climatology) والمناخ المحلي (Local Climatology) والمناخ الـــــديناميكي (Climatology Dynamic) والمنـــــاخ الشـــــمولي (Synoptic Climatology) وهذه الفروع وغيرها تؤكد العلاقة بين علم المناخ ومكونات البيئة والتي كلها توجد (تنمو ، تتطور ، وتزول) تحت تأثير الخصائص الطقسية والمناخية.

خامساً: أهمية علم والمناخ وتطبيقاته المختلفة:

علم المناخ التطبيقي Applied Climatology، أصبح من بين العلوم الجغرافية ذات الأهمية العلمية في حياة الإنسان ومنها:

أ. المناخ والنبات الطبيعي:

تؤثر الظروف المناخية تأثيراً مباشراً في تشكيل النباتات الطبيعية على سطح الأرض، وفي تنوع تلك الغطاءات النباتية من مكان إلى آخر. وهناك تشابه وتوافق شديد بين كل من الأقاليم المناخية والأقاليم النباتية، وذلك لأن الأقاليم النباتية هي انعكاس للظروف المناخية السائدة، فتكاد تتفق أبعاد نطاقات الغابات الاستوائية مثلاً مع الأقاليم المناخية الاستوائية، وفي المناطق، غزيرة الأمطار، مرتفعة الحرارة، تزداد كثافة الغطاءات النباتية، وتعلو الأشجار الضخمة، وتتشابك أغصانها، وتتميز بسرعة نموها، وتقل الأشجار حجماً، وتقل كثافتها، وتتباعد عن بعضها بعضاً، مع تدني كمية الأمطار السنوية الساقطة (خاصة في العروض المدارية).

ب. المناخ والزراعة:

ترتبط الأعمال الزراعية ارتباطاً وثيقاً بالخصائص الطقسية والمناخية، ولا يخفى على أحد أثر كل من الإشعاع الشمسي Insolation، والرطوبة Moisture، والرياح Wind، وحدوث الصقيع Frost، والندى Dew، والبَرَد Hail، على نمو النبات أثناء مراحل النمو المختلفة. ومن ثم ظهر علم جديد هو المتيورلوجيا الزراعية، وعلم المناخ الزراعي، ويتناول الأخير دراسة أثر العوامل المناخية، التي لها دور بارز في مراحل نمو النبات Phenology، وتلك التي تحدث فترات إعداد الأرض للزراعة، ومواعيد الإزهار، ونضج الثمار، وخصائص الدورة الزراعية، وجمع المحاصيل، وطرق الري، ومواعيدها، وطرق الصرف.

ج. المناخ والإنتاج الحيواني:

رتبط التوزيع الجغرافي للحيوانات بتغير الأقاليم المناخية على سطح الأرض، ويكاد يكون لكل إقليم مناخي حيواناته وطيوره الخاصة، لذا تضطر الحيوانات والطيور البرية إلى القيام بالهجرة الفصلية تبعاً لتغير الظروف المناخية.

وتبعاً لتنوع الظروف المناخية تتنوع المراعي الطبيعية، ففي مناطق السافانا في العروض المدارية تسود حرفة رعي الأبقار والماشية، وتتمثل في الصحاري الحارة . حيث تقل الموارد المائية . حرفة رعي الجمال والماعز وبعض الأغنام، ويسود في سهول الاستبس الاستوائية حرفة رعي الخيول إلى جانب تربية الضأن.

وقد أكدت الدراسات أن الأبقار التي تُربى في الأقاليم المعتدلة، والمعتدلة الباردة، تعد أكبر حجماً ووزناً من تلك الأبقار التي تربى في المناطق المدارية. كما أن أغنام المناطق المعتدلة الباردة تحمل عادة من اللحم والدهن والشحم والصوف ما يفوق أضعاف تلك التي تربى في المناطق شبه الجافة.

د. المناخ والصناعة:

استخدم لاندسبرج Landsberg مصطلح علم المناخ التكنولوجي Technoclimatolgy، ليوضح أهمية الظروف المناخية في كثير من الأعمال الصناعية والهندسية. وأكد بأن المناخ من العوامل الرئيسية، التي تؤثر في اختيار مواقع المصانع ومراكز الإنتاج المختلفة. فعلى سبيل المثال، تتركز صناعة الطائرات وصناعة السينما في القسم الغربي من ولاية كاليفورنيا في الولايات المتحدة الأمريكية، حيث تزداد عدد ساعات شروق الشمس، إلى جانب ندرة حدوث الضباب واعتدال المناخ. كذلك تتركز صناعة المنسوجات القطنية في لانكشير (بريطانيا) حيث المناخ المعتدل ذو الرطوبة المرتفعة. وكذلك الحال في دلتا جمهورية مصر العربية، حيث تتركز تلك الصناعة لارتفاع الرطوبة.

ويؤكد راسيل بأن نتائج التجارب أوضحت انخفاض معدل إنتاجية العمال بنسبة ٧٥ %، إذا ما ارتفعت درجة الحرارة إلى ٣٠ درجة مئوية، أو إذا انخفضت عن ٢٠ درجة مئوية. وتنعدم القدرة الإنتاجية عند درجة الحرارة ٤٩ درجة مئوية.

هـ. المناخ والنقل:

تتأثر حركات النقل البرية، والجوية، والبحرية، بالظروف المناخية المتنوعة. إذ تتأثر سلامة الحركة على طرق النقل البري بتغير الظروف الطقسية. فكثيراً ما تزيد حوادث السيارات عندما يشتد الضباب Fog، وتسوء الرؤية.

ويهتم المتخصصون عند اختيار مواقع المطارات بالأماكن، التي لا تتعرض لحدوث الضباب بكثرة، ولا تتأثر بحدوث الزوابع والأعاصير أو تتعرّض لأخطار سقوط الثلج. ولا تستغني الملاحة الجوية عن بيانات الطقس وذلك تأميناً لسلامة حركات الطيران.

ويلزم الملاحين البحريين الإلمام بالتغيرات الطقسية أثناء القيام بالإبحار، من اتجاه الرياح، وسرعتها، ومواعيد حدوث العواصف، والأعاصير، وأثر ذلك على حالة البحر.

و. المناخ وصحة الإنسان:

قسم الباحثون في علم المناخ الطبي Medical Climatology، أنواع الأمراض حسب الظروف المناخية الممثلة في كل أقاليم العالم المختلفة. فهناك أمراض المناطق الحارة الرطبة، وأمراض المناطق الباردة، وأمراض المناطق الجبلية. فتنتشر الأنفلونزا وأمراض الحنجرة وفقر الدم (الأنيميا) في المناطق الباردة، والملاريا والحمى الصفراء والكوليرا والتيفود والدوسنتاريا في المناطق المدارية الحارة الرطبة، ومرض النوم بسبب ذبابة تسي تسي في المناطق الاستوائية، كما تؤثر العواصف الرملية في انتشار أمراض العيون خاصة الرمد الربيعي. هذا إضافة إلى تلوث الهواء Air Pollution،)خاصة عندما يصاحب ذلك حدوث الضباب)، وأثر ذلك على صحة الإنسان. فعندما ترتفع درجة تلوث الهواء بالأتربة، والدخان، والمواد الغازية السامة يصبح الهواء، الذي يستنشقه الإنسان بالغ الخطورة على حياته، وقد أدى ذلك إلى مصرع الآلاف من سكان مدينة لندن عندما تعرضت لحدوث الضباب الأسود الملوث بالأتربة والغازات سنة ١٩٠٢، لذا اهتم هدجسون Hodgson، بدراسة أثر تلوث هواء مدينة نيويورك بغازات ثاني أكسيد الكربون، وثاني أكسيد الكبريت، وأول أكسيد الكربون، فوق المناطق الصناعية وأثرها في زيادة نسبة الوفيات.

ز. المناخ والجريمة:

هناك ارتباط وثيق بين درجة الحرارة، وأنواع الجرائم، ونسبتها، إذ تختلف نسبة الجرائم من منطقة إلى أخرى باختلاف درجات الحرارة، فجرائم العنف تزداد في المناطق والفصول الحارة وتنخفض في الفصول الباردة، في حين تزداد جرائم الأموال في المناطق والفصول الباردة. ويزداد معدل الجريمة بالاقتراب من خط الاستواء، بينما تزداد جرائم المسكرات بالاقتراب من القطبين.

ح. المناخ وفن العمارة:

يختلف تصميم نماذج بناء المساكن في المناطق، التي تستقبل كميات كبيرة من الأمطار والثلج (تكون الأسقف هرمية الشكل) عن تلك، التي تتمثل في المناطق الحارة الجافة (الأسقف أفقية أو مستوية الامتداد). كما أن المباني في المناطق المعتدلة، والمعتدلة الباردة، تتباعد عن بعضها بعضاً وشوارعها واسعة، لتسمح بأكبر قدر من الأشعة الشمسية بدخول المنازل. أمّا المناطق الحارة الجافة فتكون المساكن متقاربة، وشوارعها غالباً ما تكون ضيقة، حتى ينعم السكان بأكبر قسط من الظلال. ويعمل المتخصصون على اختيار الموقع المناسب لبناء المنازل واختيار أنسب الاتجاهات لواجهتها، وذلك تبعاً لزوايا سقوط الأشعة الشمسية واتجاه هبوب الرياح وتنوع الظروف الطقسية.

ط. الأهمية الجيوستراتيجية لعلم المناخ:

للمناخ أهمية جيوستراتيجية، يقدرها بحق المخططون لسير المعارك الحربية. وأصبح من بين أعمال سلاح الإشارة في الجيوش المتقدمة رصد العناصر الجوية وتسجيلها أولاً بأول، لخدمة القوات الجوية، والبحرية، والبرية. ويذكرنا التاريخ بأن من أسباب فشل حملة نابليون بونابرت على الأراضي الروسية قسوة الظروف المناخية الشتوية لهذه البلاد وما تعرض له جنوده من البرد القارس والثلج الساقط، وأصبحت تحركاتهم مشلولة تحت هذه الظروف المناخية. ويحكي التاريخ قصصاً عديدة توضح أثر الظروف الجوية في نجاح المعارك أو فشلها. فقد فشل الفرنجة في دخول دمياط سنة ١٢١٨م بسبب الظروف الجوية القارسة. وتكررت هذه الظروف أثناء الحربين العالميتين الأولى

والثانية، حيث اجتاحت جيوش الألمان الأراضي البولندية خلال فترة انقطاع الأمطار، ومن ثم أحسنوا استخدام وحداتهم الميكانيكية في الهجوم. واجتازت البوارج الألمانية مضيق دوفر الحصين خلال يوم ملبد بالغيوم فلم يستطع السلاح البريطاني إيقاف الهجوم الألماني. وعلى ذلك تؤدي الظروف الطقسية دوراً بارزاً في سير المعارك الحربية، فقد يكون من الصعب القيام بالهجوم الجوي أثناء حدوث العواصف والأعاصير، أو عند حدوث الضباب الكثيف وسوء حالة الرؤية.

سادساً: النظام المناخي (تعريفه ومكوناته وطبيعة عمله):

(١) تعريف النظام المناخي:

النظام المناخي هو "النظام البالغ التعقيد المؤلف من خمسة مكونات رئيسة هي الغلاف الجوي والغلاف المائي والغلاف الجليدي وسطح اليابسة والغلاف الحيوي والتفاعلات التي تحدث بينها، ويتطور النظام المناخي بمرور الوقت تحت تأثير ديناميكيته الداخلية ونتيجة للتأثيرات الخارجية، مثل الثورانات البركانية والتغيرات الشمسية والتأثيرات البشرية، مثل تغير تكوين الغلاف الجوي والتغير في استخدامات الأراضي". (IPCC; 2007, P. 147)

(٢) مكونات النظام المناخي:

يتألف النظام المناخي للأرض بشكل رئيس من خمسة مكونات أساسية تتكامل مع بعضها البعض، وكل منها مرتبط ومتداخل مع الآخر، هي:

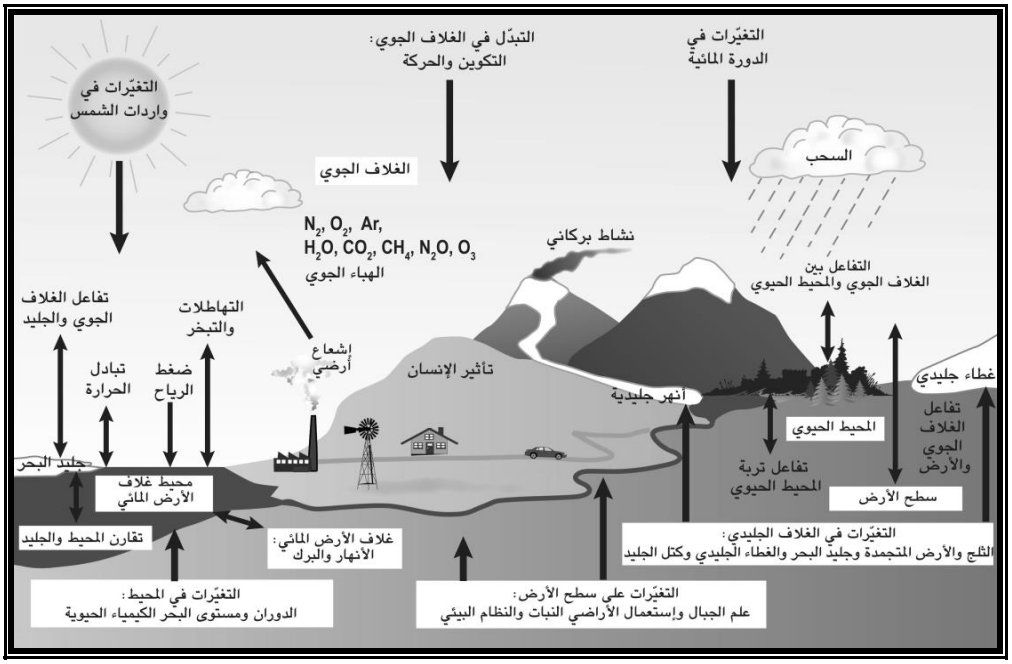
أ- الغلاف الجوي: وهو الجزء الأكثر تقلباً وتغيراً وعدم استقراراً وقابلية لتغير مكوناته في النظام المناخي، وتعد التغيرات في مكوناته أو في خصائصه من أهم مسببات التغيرات المناخية، ويضاف إليه كل ما يحمله الغلاف الجوي من سحب وغيوم وغازات وأبخرة وأهباء (Aerosols).

ب- الغلاف المائي: ويشمل كل أشكال ومسطحات الماء العذب والمالح في صورته السائلة من أنهار وبحيرات ومياه جوفية وبحار ومحيطات.

جـ- الغلاف الصخري: ويشمل سطح الأرض والتربة والصخور بأنواعها وأشكال سطح الأرض وأغطيته المختلفة، ويعد تغير الغطاء الأرضي من أهم العوامل المؤثرة في التغيرات المناخية.

د- الغلاف الجليدي: ويشمل كل أشكال الماء المتجمد من ثلج وجليد في مختلف الأشكال.

هـ- الغلاف الحيوي: ويشمل كافة الكائنات الحية التي تعيش في الكوكب من بشر ونباتات وحيوانات، ولعل الإنسان وتدخلاته من أهم مكونات النظام المناخي وخاصة فيما يتعلق بالتغيرات المناخية.



مكونات النظام المناخي وعملياته الرئيسة

(٣) طبيعة عمل النظام المناخي:

يعد النظام المناخي للأرض نظاماً معقداً ومتفاعلاً؛ حيث تعمل مكوناته الخمسة بتضافر وتكامل وفق نظام معقد؛ إذ تؤثر وتتأثر ببعضها البعض ويعتمد كل منها على الآخر بشكل أساسيّ، وتتمثل طبيعة عمل النظام المناخي في التفاعلات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية والعمليات الداخلية الطبيعية التي تحدث بين هذه المكونات فيما

يسمى بالدينامية الداخلية للنظام المناخي، وفي تأثر هذه المكونات بالعديد من العوامل الخارجية الطبيعية مثل العوامل الفلكية والثورانات البركانية وتغيرات الطاقة الشمسية، والتدخلات البشرية كالتغيرات البشرية المنشأ في الغلاف الجويّ، وتعمل هذه الدينامية الداخلية وهذا التأثر بالعوامل الخارجية على تطور النظام المناخي للأرض مع مرور الوقت.

يذكر كيهيل وترمبرت (Kiehl, J., and K. Trenberth, 1997, p.198) أن الميزانية الإشعاعية للمعدل السنوي العالمي تحدد بصافي التدفق الإشعاعي للطاقة بمختلف الأطوال الموجية عبر قمة الغلاف الجوي وعند سطح الأرض. فعند قمة الغلاف الجوي يحدد صافي الطاقة الواردة عن طريق الإشعاع قصير الموجه الساقط من الشمس (الإشعاع الشمسي) مطروحاً منه الطاقة المنعكسة ذات الإشعاع قصير الموجة، وهذا الفرق يعرف بـ (صافي التدفق الإشعاعي قصير الموجه عند قمة الغلاف الجوي).

ولتحقيق التوازن في هذا التدفق للطاقة قصيرة الموجات فإن نظام (سطح الأرض – الغلاف الجوي) يقوم بإرسال الإشعاع طويل الموجات إلى الفضاء، وينتج هذا الإشعاع طويل الموجه الذي يصل إلى قمة الغلاف الجوي من امتصاص وانبعاث الإشعاع طويل الموجه عن طريق الغازات التي بالغلاف الجوي، ولذا فإن القليل من الطاقة طويلة الموجات التي تتسرب إلى الفضاء يمثل انبعاثات مباشرة من سطح الأرض، وهنا يلعب الغلاف الجوي دور "الغطاء" لهذا الإشعاع الذي ينتج التأثير الإشعاعي للنظام المناخي، ويمكن تعريف "التأثير الإشعاعي" للنظام المناخي على أنه الفرق بين التدفق طويل الموجات لقمة الغلاف الجوي بـ أو بدون امتصاص غازات الاحتباس الحراري، وهذا التأثير ليس هو مثله "تأثير غازات الدفيئة" الذي يرتبط بالتأثير الذي تحدثه هذه الغازات في درجة حرارة سطح الأرض.

يتكون صافي تدفق الطاقة من سطح الأرض للغلاف الجوي عند سطح الأرض من صافي تدفق الإشعاع قصير الموج (الواردة مطروحاً منها الصادرة)، صافي تدفق الإشعاع طويل الموج (الصادرة مطروحاً منها الواردة)، وتدفقات الحرارة الكامنة

والمحسوسة. ويمكن اعتبار حالة التوازن – طويل المدى– في النظام الشمسي التي تتطلب أن يكون صافي تدفق الطاقة عند كل من قمة الغلاف الجوي وسطح الأرض مساوياً الصفر.

ويتم التعبير عن ميزانية طاقة الأرض الإشعاعية من خلال المعادلة التالية:

$$SW - LW - LH - SH = 0$$

حيث أن:

- SW تشير إلى أشعة قصيرة الموج (Shortwave Radiation).
- LW تشير إلى أشعة طويلة الموج (Longwave Radiation).
- LH تشير إلى الحرارة الكامنة (Latent Heat).
- SH تشير إلى الحرارة المحسوسة (sensible heat).

إذا كان ناتج طرح كل هذه الأشعة يساوي صفراً فإن الأرض تكون قد وصلت إلى وضعية توازن الطاقة الإشعاعية.

يبلغ مجموع الطاقة الواردة إلى قمة الغلاف الجوي للأرض مقابل الشمس خلال النهار ١٣٧٠ وات/ ثانية/ م٢، أما مجموع الطاقة الواردة إلى المتر المربع الواحد في الثانية حول الكرة الأرضية فيبلغ ربع هذا الرقم، والجدير بالذكر أن ٣٠% من إشعاع الشمس الوارد إلى الغلاف الجوي ينعكس مجدداً إلى الفضاء. ويعود مرد ثلثي هذا الانعكاس تقريباً إلى الغيوم وإلى الجزيئات في الغلاف الجوي التي تعرف بـ (الهباء الجوي)، أما الثلث المتبقي فتعكسه بقع الأرض فاتحة اللون، وهي الثلج والجليد والصحاري على وجه التحديد.

وينتج التغير الأخطر في انعكاس الهباء الجوي من جراء المواد التي تقذفها البراكين عالياً جداً عن الغلاف الجوي، وينظف المطر الهباء الموجود بالغلاف الجوي خلال أسبوع أو أسبوعين، غير أن المواد المنبعثة من بركان قوي متخطية أعلى السحب تؤثر بشكل كبير على المناخ ز هاء سنة أو اثنتين قبل أن تسقط إلى الطبقة السفلى من الغلاف الجوي، وتنتقل بعدها إلى الأرض من الأمطار. وبالتالي يمكن أن تؤدي البراكين الكبيرة إلى نقص درجة الحرارة السطحية العالمية بمقدار نصف درجة

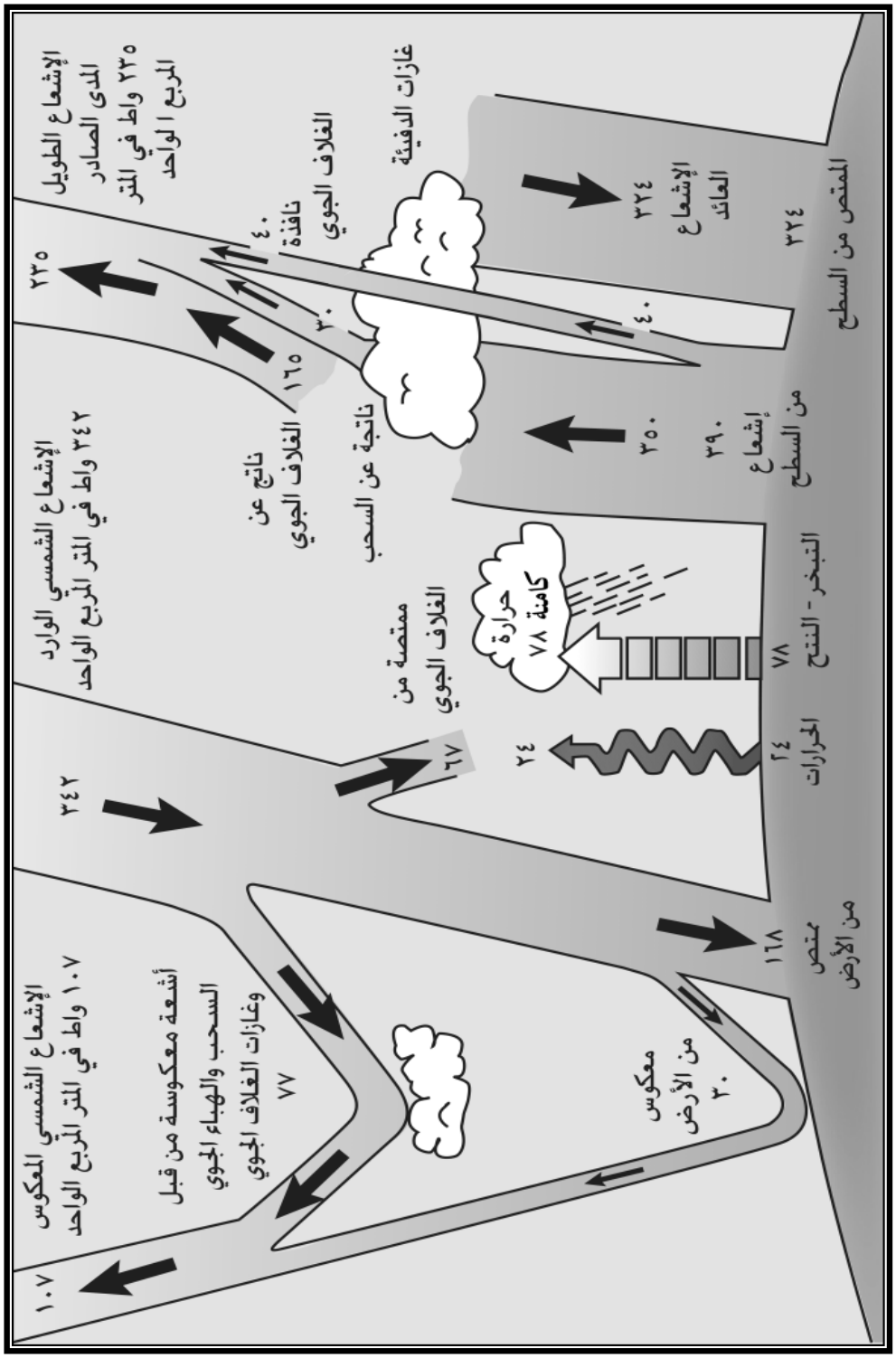
مئوية، ومن الممكن أن يدوم هذا النقص عدة أشهر أو سنوات، أضف إلى ذلك أن بعض أنواع الهباء الجوي البشرية المنشأ تعكس الإشعاع الشمسي.

ويمتص الغلاف الجوي والأرض الطاقة التي لا تنعكس مجدداً إلى الفضاء. ويبلغ مجموع هذه الطاقة تقريباً ٢٤٠ وات/م٢، وينبغي أن تعكس الأرض كمية الطاقة عينها التي تصلها إلى الفضاء بغية إقامة توازن مع الطاقة الواردة إليها. وتنفذ الأرض هذه العملية من خلال إرسال إشعاع طويل الموج، وهذه هي الطاقة الحرارية التي يطلق عليها (الحرارة المحسوسة)، وكلما ازدادت حرارة الشيء ازدادت الطاقة الحرارية المنبعثة منه. ويجب أن تبلغ حرارة الأرض -١٩°م كي تتمكن من إصدار ٢٤٠ وات/م٢. وفي حقيقة الأمر إن هذه الدرجة أبرد من الشروط المتوفرة على سطح الأرض؛ حيث تبلغ درجة الحرارة السطحية العالمية ١٤°م، كما تتواجد الحرارة الضرورية التي تقل عن – ١٩°م على ارتفاع خمسة كيلومترات فوق سطح البحر.

ويعود سبب الارتفاع في حرارة سطح الأرض إلى الغازات الناتجة عن مفعول الدفيئة التي تعمل كغطاء جزئي يحجب الإشعاع الطويل الموج المنبعث من الأرض. ويعرف هذا الغطاء باسم الآثار الطبيعية للدفيئة. وأهم غازات الدفيئة بخار الماء وثاني أكسيد الكربون. وفي الواقع لا يملك النيتروجين ولا الأكسجين – وهما المكونان الرئيسان للغلاف الجوي– هذا المفعول، وفي المقابل ينتج عن السحب مفعول يشبه مفعول غازات الدفيئة، غير أن انعكاسيتها تضع حداً لهذا المفعول؛ إذ غالباً ما تبرد السحب المناخ (على الرغم من أنه محلياً يشعر المرء بالحرارة حيث تكون الليالي المليئة بالسحب أحر من الليالي الصافية لأن السحب تعكس الطاقة طويلة الموج مجدداً إلى سطح الأرض)، وتعزز النشاطات البشرية هذا المفعول الحاجب بسبب انبعاث غازات الدفيئة، وقد ازداد حجم ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي بنسبة ٣٥% خلال الحقبة الصنعية بسبب النشاطات البشرية، ومنها –على وجه التحديد– احتراق الوقود الأحفوري وإزالة الغابات. وبالتالي تسبب الإنسان بتغيير التركيب الكيميائي للغلاف الجوي العام وبتأثير كبير على المناخ.

وبسبب كروية الأرض تصل الطاقة الشمسية إلى المناطق المدارية أكثر مما تصل إلى الأماكن الواقعة على خطوط العرض الأعلى حيث يسقط الإشعاع الشمسي على الغلاف الجوي بزاوية أكثر انخفاضاً، وتنتقل الطاقة من المناطق الاستوائية إلى المناطق الواقعة على خطوط العرض الأعلى بفعل دورات الغلاف الجوي والمحيطات بما فيها من أنظمة الأعاصير. والطاقة ضرورية لتبخر الماء من البحر ومن سطح الأرض، وتنبعث هذه الطاقة المسماة (الحرارة الكامنة) عندما يتكثف بخار الماء في السحب.

وبصورة عامة يتغير توازن الأرض الإشعاعي من خلال ثلاثة أساليب أساسية: أولاً عبر تغيير كمية الإشعاع الشمسي الواردة إلى الأرض (بسبب التغيرات في مدار الأرض أو في طاقة الشمس بحد ذاتها)، وثانياً: من خلال تغير نسبة الإشعاع الشمسي قصير الموج المرتد المسمى بالألبيدو (بسبب تغير غطاء السحب أو التغير في أحجام وتركيزات الأهباء الجوية أو التغير في شكل الغطاء الأرضي)، وثالثاً: من خلال تغير نسبة الإشعاع الشمسي طويل الموج المرتد من قمة الغلاف الجوي للفضاء (بسبب تغير محتوى الغلاف الجوي مثل تغير تركيزات غازات الدفيئة).



المعدل السنوي العالمي للميزانية الإشعاعية للأرض

الفصل الثاني

الغلاف الجوي

"تركيبه ، طبقاته ، قياس عناصره"

الفصل الثاني
الغلاف الجوي

أولاً: تعريف الغلاف الجوي وأهميته:

الغلاف الجوي هو عبارة عن طبقة من خليط من الغازات تحيط بكوكب الأرض وتنجذب إليه بفعل الجاذبية الأرضية.

أهمية الغلاف الجوي:

يعد الغلاف الجوي سبب الحياة على سطح الكرة الأرضية وذلك لعدة أسباب هي :

١ – تؤثر الحرارة على كل عناصر المناخ وتسبب تنوع الكائنات والمحصولات الزراعية الاستوائية والمدارية والمعتدلة في نصفي الكرة وتبادلهما وتناظرهما .

٢– يتسبب الضغط الجوي في الحركة الأفقية للهواء من المرتفع للمنخفض.

٣ـ– الرياح من أهم عناصر المناخ وتسبب تغير عناصره وحركة الغلاف المائي وتشكيل سطح الأرض وتسوق السحب حيث يودع المولى عز وجل ماءها كيف يشاء يحي به الأرض الميته ورزقاً للعباد حيث المطر سر الحياة.

٤– حدوث الدورة المائية والتبخر والتكاثف والتساقط .

٥– جعله المولى عز وجل لحماية النظم البيئية من الاخطار الخارجية والتي تتمثل في الصواعق الكهرومغناطيسية والشهب والنيازك والأشعة الكونية والشمسية الضارة بالكرة الأرضية .

٦– يؤثر على الغلاف الصخري في حدوث التجوية والتعرية وتكون التربة التي يزرع بها الإنسان غذاءه.

٧– يشترك مع الغلاف الصخري والمائي لتكوين الغلاف الحيوي .

٨– حدوث أي تغير في عناصر الغلاف الجوي يترتب عليه تغير في كل عناصر الأغلفة الأرضية والأنظمة البيئية .

٩– تغير الغلاف الجوي المكاني والزماني يترتب عليه تغير سطح هذا الكوكب .

١٠- يحمي الكرة الأرضية من الأشعة الشمسية الذائدة فيمتصها ولا يسمح بتبدد درجات الحرارة المكتسبة من الإشعاع الأرضي في الفضاء الخارجي .

١١- تدخل الإنسان في البيئة لإشباع رغباته يؤدي إلى افساده , لكن المولى عز وجل يجدد الغلاف الجوي من خلال الغازات المنبثقة من النشطات البركانية والمحيطات تمتص الغازات الضارة .

١٢- وجود الغازات المهمة مثل الأوكسجين والنيتروجين وثاني أكسيد الكربون والتي لا يمكن للكائنات الحية أن تعيش بدونها.

١٣- حدوث الظواهر الجوية والمناخية بكل عناصرها

١٤- ينظم مظاهر الحياة للكائنات الحية ويتسبب في تنظيم عناصر المناخ من حرارة وضغط جوي ورياح وسحب وتكاثف وتساقط.

ثانياً: نشأة الغلاف الجوي:

عند كثير من الناس، الغلاف الجوي هو ذلك الهواء الذي نستنشقه، ولكن في الحقيقة هو مزيج من الغازات و الجزيئات الصلبة التي تحيط بالأرض، فتشكل طبقة غازية مثبتة حول الأرض بفعل الجاذبية وسمك الغلاف الجوي يعتبر دقيقا جدا مقارنة بالأرض، فلا يكاد يوازي قشرة التفاحة مقارنة مع كتلتها الكاملة، فيرى من الفضاء كأنه طبقة دقيقة من الضوء الأزرق الغامق في الأفق. ويبلغ أقصى ارتفاع له عن سطح الأرض من (٣٠ إلى ٥٠ كم)، وحيث أن (٩٩%) من الغلاف الجوي يقع تحت (٣٠كم)، وإذا كان نصف قطر الأرض يبلغ (٦٤٠٠ كم) فان ارتفاع الغلاف الجوي يعادل (٠,٥%) من قيمة نصف قطر الأرض.

وعلى مر العصور، اتجهت درجة حرارة الأرض إلى الانخفاض، فتكونت على السطح، مع مرور الزمن، قشرة أرضية صلبة بفعل البرودة التدريجية، فنتجت عنها ثورات بركانية عنيفة وزلازل قوية، ألقت بالصخور البركانية المنصهرة على السطح، وساهمت في تكوين الرواسي و الجبال، مما أتاح للأرض الاستقرار التدريجي وهبوطا حادا في النشاط البركاني. هذه الثورات البركانية العنيفة قذفت في الهواء غازات كانت سجينة في أعماق الأرض، وتتكون، أساساً من بخار الماء وثاني أكسيد الكربون وثاني

أكسيد الكبريت والأوزون و الميثان وغبار الجزيئات الصلبة، فنتج عن هذا: الغلاف الجوي البدائي للأرض. وفي هذه الحقبة التاريخية من حياة الأرض كانت هذه الأخيرة هدفا لوابل من النيازك والمذنبات والمجسمات الصغيرة الغنية بالماء، مما ساهم في إغناء الغلاف الجوي ببخار الماء. وساهم الغبار الناتج عن الثورات البركانية واحتراق النيازك والمذنبات المتساقطة على الأرض في حجب الشمس عن سطح الأرض، فانخفضت درجة الحرارة مما أتاح الفرصة لبخار الماء المتواجد في الغلاف الجوي أن يتحول إلى ماء سائل، ليسقط بعد ذلك على الأرض بفعل الجاذبية. وهو ما نتج عنه أمطارا طوفانية، كانت الأساس في تكوين المحيطات والبحار .وهذه الأمطار الطوفانية الناتجة عن الأعاصير مكنت من إذابة ثاني أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكبريت، الموجودين في الغلاف الجوي، فتفاعل ثاني أكسيد الكربون، المذاب في الماء، داخل المحيطات مع الكلسيوم فأنتج الجير الذي ترسب في قاع المحيطات، وتحول ثاني أكسيد الكبريت بفعل نشاطه الكيميائي إلى مركبات الكبريت.وسمحت الأمطار الطوفانية الناتجة عن الزوابع والأعاصير بتطهير الجو من الجزيئات الصلبة التي كانت تلعب دورا أساسيا في تحول بخار الماء إلى ماء سائل، والتي كانت تحجب أشعة الشمس عن سطح الأرض مما يزيد في برودة الجو.

وهكذا أصبح الغلاف الجوي شفافا مما مكن وصول أشعة الشمس إلى سطح الأرض وخصوصا البحار والمحيطات، مما أعطى الفرصة لظهور الحياة داخل البحار والمحيطات من خلال تكوين أولى الجزيئات العضوية داخل الماء، وبعد ذلك تكونت الطحالب الوحدانية الخلية.

بظهور الحياة على الأرض أمكن إنتاج عنصر جديد في الغلاف الجوي، ألا وهو الأكسجين من خلال ميكانيزمات التخليق الضوئي، ومن خلال تفاعلات كيماوية معقدة بين الميثان والأوزون والماء والأكسجين والطاقة الشمسية نتج مولود جديد هو الأوزون الذي كون مع الوقت طبقة دقيقة في الأجواء العليا، وقد أعطت هذه الطبقة من الأوزون في الغلاف الجوي الأرض غطاء واقياً من الأشعة فوق البنفسجية التي تضر

بالحياة، مما مكن من ظهور الحياة على اليابسة، بعدما كانت مقتصرة على البحار والمحيطات، وبالتالي إنتاج المزيد من الأكسجين.

وهكذا تكون غلاف جوي جديد عوض الغلاف الجوي البدائي منذ مليارين من السنين وبقي على حاله إلى الآن. والغلاف الجوي الجديد المتسم بالشفافية، كون غطاء حراريا للأرض مما نتج عنه استقرار درجة حرارة الأرض السطحية في حدود (١٥ درجة حرارية في المعدل). مما مهد للحياة البشرية على سطح الأرض.

ثالثاً: تركيب الغلاف الجوي:

يتركب الغلاف الجوي من مجموعة من الغازات التي تشكل الهواء والتي تختلف في نسبتها المئوية بحسب الحجم والوزن وتتركز في الطبقة السفلى من الغلاف الجوي , وتشكل نسب مختلفة أكثرها النيتروجين ٧٨%, والاكسجين ٢١% , والأرجون ٩٣% , وثاني أكسيد الكربون ٠,٣%, وتتفاوت نسبة كل من الهليوم , والأوزون , النيون , والميثان , والهيدروجين , والكريبتون , والزينون , وبخار الماء , وذرات الغبار.

الغاز	النسبة المئوية بالحجم
النتروجين	78.07
الأوكسجين	20.95
الأرجون	0.93
ثاني أوكسيد الكربون	0.034
النيون	0.0018
الهيليوم	0.00052
الأوزون	0.00006
الهيدروجين	0.00005
الميثان	0.00015
الكربتون	غاز نادر
الزنيون	غاز نادر

مكونات الغلاف الجوي من الغازات

بالإضافة للغازات السابقة، يحتوى الهواء الجوى على مجموعة من الجسيمات الصلبة و السائلة المعروفة " بالأهباء الجوية"، و التى تلعب دور معقد فى التفاعل ما بين الطاقة المكتسبة و المفقودة من الغلاف الجوى.

تمثل المياه أكثر عناصر الغلاف الجوى تباينا. و توجد المياه بالغلاف الجوى على عدة صور مثل البخار و السحب و قطرات المطر و بلورات الثلج. و يعد بخار الماء من أقوى غازات الدفيئة، و الذى يرجع له الفضل الأكبر فى حالة المناخ و التقلبات الموسمية التى تطرأ عليه. و يتمتع بخار الماء بهذه القدرة فى التأثير فى الغلاف الجوى كنتيجة لتحوله المستمرة بين الصورة الغازية و السائلة وما يترتب عن ذلك من امتصاص و اطلاق طاقة.

لا يوجد حد فاصل حقيقى بين الغلاف الجوى و الفضاء المحيط بالأرض، حيث يقل سمك الغلاف الجوى بالتدريج صعوداً لأعلى حتى الخروج من نطاق الغلاف الجوى الى الفضاء الخارجى.

رابعاً: الخصائص الطبيعية للغلاف الجوي:

يحيط بالكرة الأرضية غلاف من الغازات المتنوعة يدعى بالغلاف الجوي أو يدور مع الأرض ويشكل جزءاً منها غير محدود تماما لكنه لا يزيد عن (٤٥٠كلم) ويتميز بالخصائص التالية :

– هو مزيج من الغازات، وفي مقدمتها الأوزون (٧٨%) والأكسجين (٢١%) ومجموعة من الغازات النادرة بنسبة (١%) وكمية ضخمة من غاز الفحم أو ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء والغبار . وإذا كانت نسب هذه الغازات ثابتة تقريباً في الجو القريب من السطح الأرض فإنها تختلف في الطبقات العليا : فالأكسجين يخف بعد ٥كلم ارتفاع والأجسام الغريبة كبخار الماء والغبار تختلف في الطبقات العليا كما يكثر الهيدروجين والمليم في نهاية الغلاف الجوي .– تختلف كثافة الغلاف الجوي بين المناطق القريبة من سطح الأرض والمناطق الجوية العليا ، فالكيلومترات الخمسة الأولى المحيطة بنا تحتوي على نصف وزن الغلاف الجوي ، وبالتالي فان الكثافة تقل تدريجياً كلما ارتفعنا

في الفضاء حيث يتخلخل الهواء ويتحلل إلى أيونات على ارتفع ٨٠كلم تقريباً عن سطح الأرض .

– يمتص الغلاف الجوي قسماً من الحرارة التي تحتويها أشعة الشمس ويحتفظ بقسم منها ويعكس القسم الآخر . تحتوي الأشعة الشمسية ، كما هو معروف، على طاقة حرارية وأخرى ضوئية وثالثة كيميائية تسهم في عمليات كثيرة تتم على سطح الأرض أو لها التمثيل تنعكس نسبة ٤٠% من أشعة الشمس الواصلة إلى الأرض وتصطدم بالغلاف الجوي ، وينتشر ١٧% منها في الجو ويصل ٤٣% إلى سطح الأرض ، الذي يعكس بدوره ١٠% منها وتمتص الباقي سطوح الأرض من يابسة ومسطحات مائية وهي بدورها نعكس جزاً منه عند غروب الشمس .

– تختلف كمية الحرارة في الغلاف الجوي وعلى سطح الأرض بين خط الاستواء والقطبين ، والسبب في ذلك يعود إلى درجة انحناء أشعة الشمس لدى وصولها إلى سطح الأرض ، ثم أن الأشعة تقطع مسافة أكبر في الغلاف الجوي نحو المناطق القطبية ، من تلك التي تقطعها في غلاف المناطق الاستوائية .

خامساً: طبقات الغلاف الجوي:

تصل الطاقة الشمسية إلى سطح الغلاف الغازي للأرض بعد أن تقطع المسافة بين الشمس والأرض، التي تبلغ في المتوسط (١٥٠ مليون كيلومتر)، بسرعة تصل إلى (٣٠٠ ألف كيلومتر/الثانية) وتستغرق الأشعة قرابة (٨ دقائق)، لتصل إلى الأرض، وعند بداية اختراقها لغازات الغلاف الجوي للأرض، تمتص الطبقات العليا من الغلاف الجوي جميع الأشعة، التي تبلغ موجاتها (٠,٣ ميكرومتر وما دون)، وتمتص بعض الغازات الأخرى أطوالاً أخرى من الموجات، وتشتت بعضها.إن ما يصل إلى سطح الأرض من الطاقة الشمسية، يسخنها، بدرجات متفاوتة، تبعاً لزاوية سقوط الأشعة الشمسية، وطبيعة السطح الذي تسقط عليه، بعد تسخين سطح الأرض، يسخن الهواء الملامس له، في الطبقة السفلى من الغلاف الجوي، ويمكن تتبع التغير في درجات الحرارة، والضغط الجوي، ابتداءً من سطح الأرض إلى أعلى الغلاف الجوي.

يمكن إذاً، تقسيم الغلاف الجوي للأرض بالنظر إلى التغير في درجة حرارته، المصاحب لتغير الارتفاع، إلى خمس طبقات رئيسية، يتخللها فواصل فيما بينها، هي من الأسفل إلى الأعلى كما يلي:

١- طبقة التروبوسفير Troposphere

هى الطبقة السفلى من الغلاف الجوى التى تبدأ من سطح الأرض و تمتد لإرتفاع يتباين من ٧ كم عند القطبين حتى ١٧ كم عند دائرة الاستواء، وأحيانا ما يختلف سمك هذه الطبقة بالمكان الواحد كنتيجة لاختلاف بعض العوامل الجوية.

وتنخفض درجة حرارة الهواء بهذا الطبقة كلما زاد الإرتفاع عن سطح الأرض.

وتحتوى هذه الطبقة على ما يقرب من ٨٠% من إجمالى كتلة الهواء بالغلاف الجوى.

وتتأثر بالجاذبية الأرضية والحرارة المنبعثة من سطح الأرض وحدوث التيارات الرأسية الصاعدة والهابطة ولذا تحدث بها كل الظواهر الجوية والتقلبات المناخية وتحتوى على بخار الماء والجسيمات الدقيقة من الذرات الغبارية .

مما جعلها تنفرد وتتميز عن بقية الطبقات الأخرى بهذه الخواص والصفات .

وتحصر فيما بينها وبين الطبقة التى تعلوها طبقة التروبوبوز وغاز الأوزون الذى يتكون نتيجة التفاعلات الكيميائية والضوئية وينتج أيضاً بسبب البرق وظاهرة الفجر القطبي Aurora وله رائحة نفاذة وعديم اللون ويساعد على الاشتعال ويذوب في الماء ومطهر . ويحافظ على مظاهر الحياة على سطح الأرض , لأنه يمتص الاشعة الفوق بنفسجية ويشاركه في هذه الصفة مياه البحار , وتعرض الجسم فترة طويلة لها يسبب سرطان الجلد .

٢- طبقة الستراتوسفير :Stratosphere

تمتد هذه الطبقة من نهاية طبقة التروبوسفير (٧-١٧ كم من سطح الأرض) و حتى ارتفاع ٥٠ كم من سطح الأرض. و ترتفع درجة الحرارة تدريجاً بالارتفاع عن سطح الأرض داخل هذه الطبقة. كما تمتاز هذه الطبقة باحتوائها على التركيز الأكبر

من غاز الأوزون فيما يعرف "بطبقة الأوزون"، والتي تلعب دور حيوي في تقليل قدر كبير من الأشعة فوق البنفسجية القادمة مع أشعة الشمس.

ويمكن أن نسميها طبقة الزمهرير وتنخفض درجات الحرارة فيها من أسفل وتزداد عند حدودها العليا , وتنعدم الظواهر الجوية وأسفلها تحوى غاز الأوزون.

٣- طبقة الميزوسفير Mesosphere

يتراوح ارتفاعها بين ٥٠-٨٠كم وتنخفض درجة الحرارة بها حتى تصل إلى ١٠٠° مئوية تحت الصفر وتعد نهاية الغلاف الجوي المتجانس تقريباً , وتحمي الأرض بإذن الله تعالى من الشهب التي تحرق بها .

٤- طبقة الايونوسفير Ionosphere

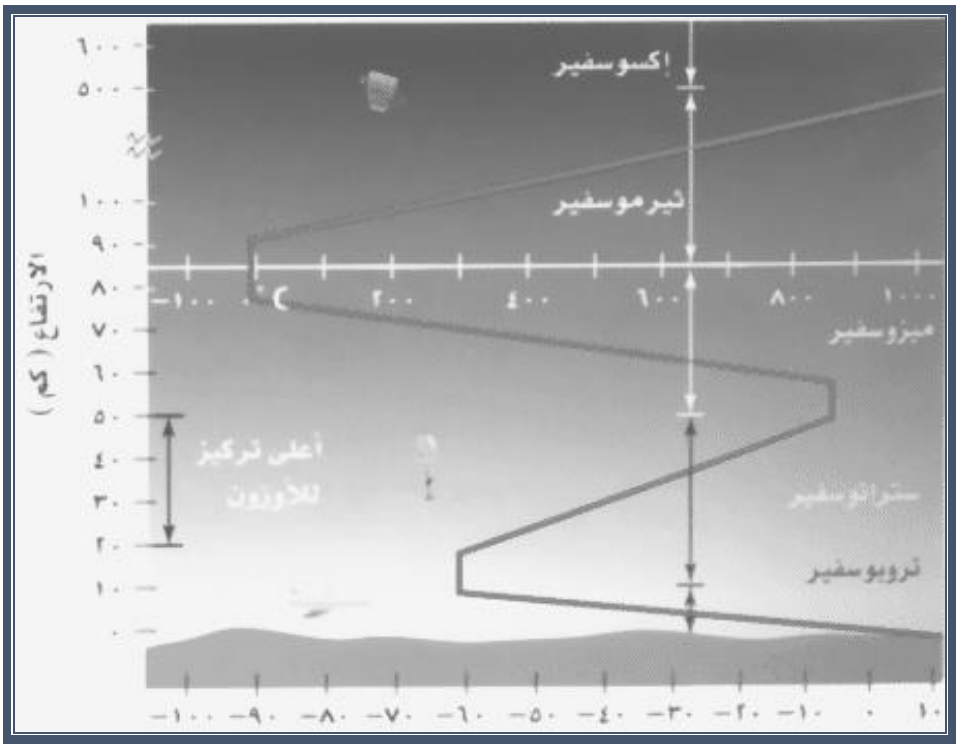
ويطلق عليها الثرموسفير وهي الطبقة المتأنية التي تزداد بها نسبة الايونات أى جزيئات الغازات المشحونة كهربائياً, ويتراوح ارتفاعها بين ٦٤٠-٧٥٠كم, ولا تتأثر بالجاذبية الأرضية ومتخلخلة الهواء ويسود بها غاز الهيدروجين وكثافة الهواء ضئيلة لذلك قليلة الاحتكاك فتسير فيها الاقمار الصناعية .وتعكس الموجات اللاسلكية وحدوث ظاهرة الفجر القطبي (الأورورا) .

تبدأ هذه الطبقة من ارتفاع ٨٠-٨٥ كم و تمتد حتى ٥٠٠- ٦٤٠ كم. و ترتفع درجة الحرارة مع زيادة الارتفاع بهذه الطبقة.

حيث تحترق معظم النيازك و الشهب التى تنجح فى الدخول الى الغلاف الجوى الأرضى بهذه الطبقة.

٥- طبقة الأكسوسفير:

تبدأ من ٥٠٠ - ١٠٠٠كم فوق سطح الأرض و تمتد إلى ١٠ آلاف كم. و تحتوى هذه الطبقة على بعض الجزيئات والأجسام المتحركة التي تدخل إلى الغلاف الجوى للأرض، وبعض هذه الأجسام تدخل إلى الغلاف الجوى بفعل الرياح الشمسية.



طبقات الغلاف الجوي

رقم	اسم الطبقة	ارتفاع الطبقة (كلم)	سمك الطبقة(كلم)	مواصفات وخصائص
1	تروبوسفير	0 12	12	به 75% من كتلة الغلاف الجوي، وتحترق في أوله الشهب
2	ستراتوسفير	12 55	43	وبه العديد من الظواهر الجوية
3	ميزوسفير	55 80	25	الغلاف الأوسط
4	إيونوسفير	80 120	40	الغلاف المتأين وبه طبقة الأوزون المرشحة للأشعة فوق البنفسجية
5	ثرموسفير	120 500	380	الغلاف الحراري

الخصائص المختلفة لطبقات الغلاف الجوي

الفصل الثالث

عناصر المناخ

وطرق قياسها

الفصل الثالث

عناصر المناخ وطرق قياسها

قسم بعض العلماء العناصر المناخية من حيث طريقة الحصول عليها الى ثلاثة اقسام:

١- العناصر المقاسة: مثل الاشعاع الشمسي، درجة الحرارة العظمى والصغرى، الرياح، الرطوبة، الضغط الجوي، التبخر، الامطار وغيرها وتقاس هذه العناصر باجهزة خاصة لكل عنصر.

٢- العناصر المشتقة: وهي العناصر التي يتم اشتقاقها من قياسات مناخية مباشرة وتلعب دورا هاما في وصف المناخ من اجل تطبيقات معينة تهم حياة الانسان، مثل متوسط درجة الحرارة، والمدى الحراري، وكمية التبخر (يحسب للمحطات التي لا يقاس فيها)،ومعامل تبريد الرياح، وقرائن راحة الانسان،وقرائن الجفاف،ومواسم النمو والامطار المساحية.

٣- العناصر المساندة: وهي العناصر التي تستخدم لمعرفة الظروف الجوية التي سادت خاصة قبل مئات والاف السنين، ولتلك العناصر علاقة قوية بالمناخ، ومن امثلتها الرواسب البحرية، والجليد، ونويات الطلع.

أولاً: الإشعاع الشمسي والإشعاع الأرضي والجوي:

يعرف الإشعاع بأنه انتقال الطاقة غير المجسمة وانتشارها كما هو الحال في الطاقة الحرارية والضوئية والكهرومغناطيسية ، وأحياناً يطلق على هذا النوع من الإشعاع اسم الإشعاع الأثيرى، ويمكن تقسيم الإشعاع إلى ثلاثة أنواع رئيسية هى :

(أ) الإشعاع الشمسى : Solar radiation

وينقسم بدورة إلى ثلاثة أنواع من الأشعة أيضاً هى :

١- الأشعة فوق البنفسيجية : Ultraiviolet Rays

٢- الأشعة الضوئية : Light Rays

٣- الأشعة الحرارية : Heat Rays

(ب) الإشعاع الأرضى : Earth's Radiation.

(ج) الإشعاع الجوى : Atmosphere's Rediation.

ولكن قبل أن نتعرض لأى من هذه الأشعة بالدراسة والشرح يجب أن نؤكد أن المصدر الرئيسى لهذه الإشعاعات الثلاث هو الشمس ، حيث أن الغلاف الجوى يستمد حرارته كلها تقريباً من جسم الشمس ، فلا تساهم حرارة باطن الأرض في حرارة الغلاف الجوى بأى نصيب يذكر ، حيث أن سمك القشرة الأرضية كفيل بأن يحول دون وصول الحرارة الباطنية إلى السطح ، إلا في حالات نادرة عندما تجد حرارة الباطن منفذا لها إلى السطح الخارجى للقشرة الأرضية ، كما هو الحال في فوهات البراكين والنافورات الحارة ، ومع ذلك فإن تأثير هذه الحرارة ضعيف جداً بالنسبة لتأثير الحرارة المستمدة من الشمس ، والتى هى عبارة عن كتلة غازية ملتهبة يبلغ حجمها حوالى مليون مرة حجم الكرة الأرضية ، بينما يبلغ قطرها قدر قطر الأرض بأكثر من ١٠٠ مرة .

وتقدر درجة حرارة الإطار الخارجى للشمس بنحو ٧٠٠٠° مئوية بينما تصل درجة حرارة مركز الشمس إلى أكثر من ٢٠ مليون درجة مئوية ومن هذا الجسم الهائل الضخامة الملتهب تخرج أشعة قوية تصل إلى الأرض بعد مرورها في الفضاء الخارجى لمسافة ٩٣ مليون ميل ، ومن ثم لا يصل منها إلى سطح الأرض إلا واحد على ٢ ملليبار من قوة الأشعة التى تخرج من الشمس ، وهذا هو الجزء الذى يقوم بتسخين جسم الأرض وإمدادها بالضوء .

(أ) الإشعاع الشمسى: Solar radiation

كما سبق القول فإن الإشعاع الشمسى عبارة عن مجموعة من الإشعاعات الأثيرية مصدرها الشمس وأنه يتألف من ثلاثة أنواع رئيسية من الأشعة هى :

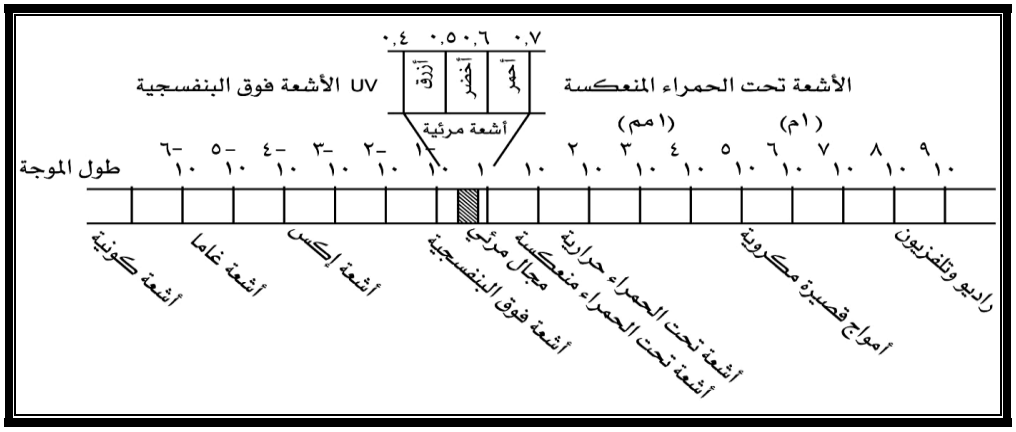
١- الأشعة فوق البنفسجية : Ultraviolet rays

وهى أشعة غير مرئية (أى لا يستطيع أن يراها الإنسان بعينه المجردة) ، وتمثل هذه الأشعة ٩ % من جملة الإشعاع الشمسى ، ويتراوح طول موجاتها ما بين حوالى ٠,٢ إلى ٠,٤ ميكرون * ولهذه الأشعة عدة فوائد منها أنها تساعد على نمو الكائنات الحية , وكذلك تساعد في علاج بعض الأمراض كالسل والكساح ولذلك تقام

المصحات وحمامات الشمس في المناطق الجبلية المرتفعة حيث الجو النقى والصافى، والذى يساعد على وصول هذه الأشعة إلى سطح الأرض لأن العوالق (الغبار) يقلل من نسبتها.

٢- الأشعة الضوئية : Light rays

أشعة مرئية وهى التى تعرف بضوء النهار، وتؤلف حوالى ٤١ % من أجمالى الإشعاع الشمسى ، وتتراوح أطوال موجاتها ما بين ٠,٤ .٠,٧ ميكرون ، وتصل إلى أقصى حد لها فى منتصف النهار وتزيد في الصيف عنها في الشتاء ، وتتصل اتصالاً وثيقاً بنمو النباتات وعملية إزهارها ، وتتكون هذه الأشعة من ألوان متعددة أهمها البنفسيجية والزرقاء والخضراء والصفراء والحمراء ، والتى ينتج عن اختلاطها مع بعضها تكون الضوء الأبيض الذى نعرفه بواسطة منشور زجاجى ، أو عند سقوط هذه الأشعة على السحب العالية وظهورها بشكل قوس ضوئى ملون يعرف باسم قوس قزح Rain Bow ، والذى ينتج عن انتشار هذه الأشعة فوق أسطح البلورات الثلجية المكونة للسحب العالية .



الأطوال الموجية المختلفة للطيف الإشعاعي الشمسي

٣- الأشعة الحرارية : Heat rays

وتسمى أيضاً بالأشعة تحت الحمراءInfrared Rays وهى أشعة غير مرئية وتؤلف أعلى نسبة من نسب أشعة الإشعاع الشمسى ، حيث تمثل٥٠% من أجمالى

الإشعاع الشمسى وتتراوح أطوال موجاتها ما بين ٠,٧ إلى ٠,٨ ميكرون ، وهى بذلك أطول أنواع الأشعة والممثلة للإشعاع الشمسى من حيث الموجات .

وتخرج هذه الأشعة كلها من جسم الشمس وتندفع في الفضاء في شكل موجات تنتشر بسرعة الضوء المعروفة (٣١١ ألف كم / ثانية) ، ولكن لا يصل إلى سطح الأرض من هذه الأشعة إلا القدر الضئيل والذى يقدر بحوالى جزء من ٢ مليار جزء، ونجد أن هذا الجزء لا يصل كاملاً إلى سطح الأرض ، حيث أن الأوكسجين الذرى في طبقة الأيونوسفير وطبقة الأوزون يعملان على امتصاص جانباً من الأشعة فوق البنفسيجية (حوال ٢,١ % من الإشعاع الشمسى)،

* الميكرون = ١٠٠٠ /١ من المليمتر ١٠٠٠٠٠٠ /١ أو من المتر .

فإن الإشعاع الشمسى يمثل ١٠٠ % ، يفقد من هذه النسبة حوالى ٤٠ % وذلك بالانعكاس من عناصر الجو ، بينما تقدر نسبة ما يمتصه الغلاف الجوى بما يحتويه من مواد عالقة حوالى ١٥ % من الإشعاع الشمسى ، وكذلك يتم عكس ١٠ % من مقدار الإشعاع الشمسى بواسطة المبانى والأشجار وباقى الموجودات على سطح الأرض، ونجد أن هذه

النسبة تختلف من مكان لآخر وذلك لاختلاف طبيعة غطاء سطح الأرض، فمثلاً الجهات المغطاه بالحشائش تعكس ما بين ٣ % إلى ١٠ % من الأشعة التى تصل إليها ، بينما يعكس السطح المغطى بالثلوج والجليد ما بين ٥٠ % إلى ٩٠ % من نسبة الإشعاع الشمسى الواصل إليها وهكذا ، ومن ثم فإنه ما يصل إلى سطح الأرض من الإشعاع الشمسى ويؤثر فيه يبلغ حوالى ٣٥ % من مقدار الإشعاع الشمسى .

<u>أجهزة قياس الإشعاع الشمسى :</u>

إن المطلوب في الدراسة المناخية عادة هو قياس الإشعاع الشمسى على أساس عدد ساعات سطوع الشمس في اليوم ثم حساب متوسطاتها ومعدلاتها الشهرية والسنوية، هذا إلى جانب قياس قوة الإشعاع الشمسى ، ولذلك تستخدم في هذا القياس عدة أجهزة أهمها:

١- ترمومتر النهاية العظمى للإشعاع الشمسى :

ويستخدم هذا الترمومتر لقياس النهاية العظمى للحرارة المستمدة من أشعة الشمس في اليوم . ويتكون الترمومتر من ترمومتر عادى موضوع داخل غلاف زجاجى مفرغ تماماً من الهواء حتى لا يتأثر بحرارة الجو ، بل يتأثر فقط بقوة الإشعاع الشمسى ، الذى يخترق الغلاف الزجاجى ، وبالتالى ترتفع درجة حرارة الزئبق داخل مستودع الترمومتر.

٢- جهاز الأكتينوميتر : Actinometer

يقوم هذا الجهاز بقياس تأثير الأشعة الشمسية على الأجسام المعتمة والأجسام اللامعة ، وهو عبارة عن ترمومترين كل منهما محاط بغطاء زجاجى مفرغ من الهواء حتى لا يتأثر بحرارة الهواء المحيط ولكن بموجات الإشعاع الشمسى فقط ، وأحد هذان الترمومتران لكل منهما فقاعة واحدة مغطاة بمادة سوداء والثانية مغطاة بمادة لامعة ، تعرض كلا الفقاعتان لأشعة الشمس طوال مدة سطوعها، ويدل الفرق بينهما على قدرة الأجسام المعتمة على امتصاص الأشعة، وقدرة الأجسام اللامعة على ردها، ومن خلال مقارنة القراءتين من جدول خاص يمكن حساب كمية الإشعاع.

٣- جهاز كامبل ستوكس : Compbell stokes

ويسمى الجهاز بمسجل مدة سطوع الشمس لقياس الفترة الزمنية التى تسطع فيها الشمس ويتركب الجهاز من الأجزاء الآتية:

أ- كرة من الزجاج النقى الشفاف قطرها حوالى ١٠ سم .

ب- حامل نصف دائرى تثبت عليه الكرة الزجاجية بواسطة قطعتين من النحاس مستديرتين على امتداد محور الكرة ، ويلاحظ أن هذا الحامل يشترك في المركز مع الكرة كما أنه يحمل تدريجاً خاصاً بدرجات خطوط العرض .

ج- مقطع من إناء معدنى كروى حفرت فيه ثلاثة أزواج من المجارى يدخل في احداهما خرائط التسجيل المناسبة لفصل الشتاء وُيدخل في الآخر خرائط الاعتداليين وفى الثالث خرائط الصيف، وقد صمم هذا المقطع بحيث تقع بؤرة الكرة الزجاجية التى تعمل كعدسة لامة على خرائط التسجيل دائماً.

د- حامل على شكل متوازى مستطيلات تقريباً به مجرى أفقى محفور فى منتصفه سهم، وترتكز المجموعة السابقة على هذا الحامل بواسطة مسمارين وبحيث

يقابل السهم قيمة خط عرض المكان المعرض فيه الجهاز على تدرج الحامل النصف دائرى .

هـ- قاعدة متحركة مثبت فيها الحامل بها ثلاث فتحات طويلة ترتكز بواسطة مسامير محورية على قاعدة ثابتة وهذه القاعدة الأخيرة متصلة بالحامل الرأسى المثبت في الأرض .

جهاز كامبل ستوكس

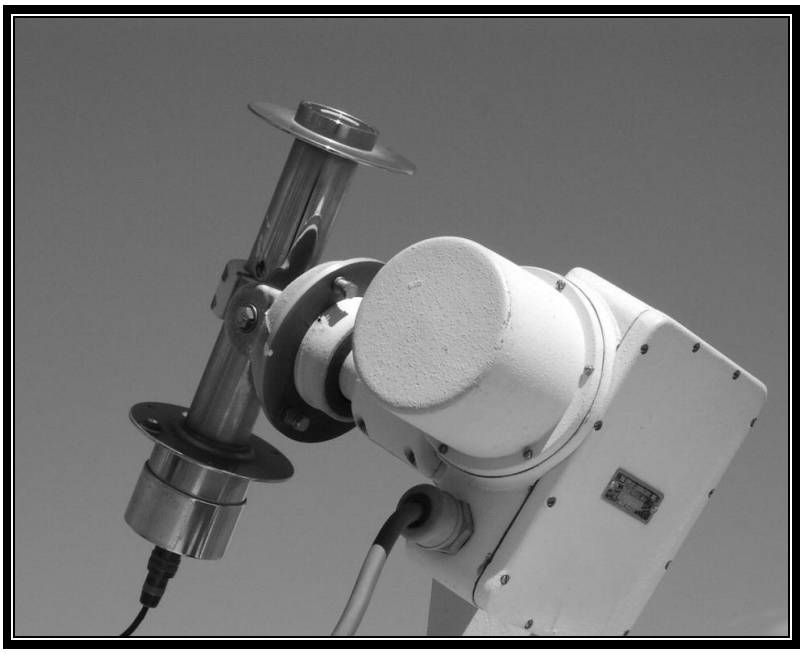
فكرة عمل جهاز كامبل ستوكس :

تعمل الكرة الزجاجية كعدسة لامة تجمع أشعة الشمس في بؤرتها , ولما كانت الشمس تتحرك حركة ظاهرية من الشرق إلى الغرب فإن البؤرة تتحرك من الغرب إلى الشرق على الخريطة الخاصة بالتسجيل حيث تترك على هذه الخريطة خطاً محترقاً يتوقف طوله أو اتصاله على مدة سطوع الشمس طول اليوم . ونظراً لأن خط سير البؤرة يتغير بتغير درجة ميل أشعة الشمس في الفصول المختلفة فقد صممت الخرائط التى تستخدم في هذا الجهاز بثلاثة أشكال ، يستخدم أحدها في فصل الصيف والثانى في فصل الشتاء والثالث في الاعتدالين الربيع والخريف.

٤- جهاز بير هيليوميتر : Perheliometer

جهاز الكترونى حديث يستخدم لقياس الإشعاع الشمسى به لوحتان احداهما بيضاء والأخرى سوداء ، وفكرته بسيطة إذ أنه يقيس الفرق بين تأثير الأشعة على السطحين الأسود والأبيض ، على أساس أن اللون الأسود يمتص الأشعة أسرع من اللون الأبيض .

وكلما زادت قوة الأشعة زاد الفرق بين تأثيرها على السطحين وهذا الفرق يسجل أتوماتيكياً بطريقة خاصة ، بحيث تقدر على أساس قوة الإشعاع الشمسى .



جهاز بير هيليوميتر

٥- جهاز بيلانى راديوميتر : Bellani radiometer

ويعرف هذا الجهاز بجهاز قياس الطاقة الإشعاعية على أساس قدرتها على تبخير مقادير معينة من الماء ، ويشتهر هذا الجهاز باسم راديوميتر بيلانى نسبة إلى اسم العالم الذى اخترعه وهو بيلانى (Bellani 1836). ولهذا الجهاز فائدة مزدوجة، إذ أنه يسجل مقدار الطاقة الإشعاعية الواصلة من الشمس ، كما يبين في نفس الوقت مقدار التبخر الناتج عنها ، ويوجد في هذا الجهاز مستودع كروى محفوظ داخل كرة

زجاجية ومتصل بأنبوبة شعرية يخرج منها البخار ليدخل في أنبوبة متسعة حيث يتكثف بها وتتجمع المياه الناتجة في طرفها حيث تقاس بواسطة مقياس مدرج موضوع فيها . وهذا الجهاز يقرأ يومياً ، وعند إعادة استخدامه لابد أن يقلب ليعود كل الماء المتكثف إلى المستودع .

العوامل المؤثرة في توزيع الإشعاع الشمسي على سطح الأرض:

حيث أن الإشعاع الشمسى الواصل إلى سطح الأرض يتأثر بعدة عوامل من أهمها ما يلى :

١- **طبيعة الغلاف الغازى والمواد العالقة به** ، ويتوقف ذلك على عاملين هما :

أ- سمك طبقة الهواء التى تخترقها الأشعة الشمسية .

ب- مقدار ما يحتويه الغلاف الجوى من المواد العالقة وخاصة بخار الماء، الذى له القدرة على امتصاص قدراً أكبر من الأشعة تحت الحمراء عند نفاذ الإشعاع الشمسى خلال الغلاف الجوى في اتجاه الأرض ، وقدرته على عكس جزء مما امتصه من شعاع الشمس في شكل إشعاع ذاتى نحو الأرض ، مما يساعد على رفع درجات حرارة الهواء ، هذا إلى جانب ماله من قدرة على امتصاص ٩٠ ? من الأشعة الحرارية التى يشعها سطح الأرض ، ويعنى ذلك أن لبخار الماء في الهواء القدرة على تنظيم نفاذ كل من الإشعاعين الشمسى والأرضى ، وبالتالى يحفظ لسطح الأرض حرارته .

٢- **تركيز أشعة الشمس أو الزاوية التى تصل بها أشعة الشمس إلى الأرض** . نلاحظ أن شعاعاً يصل إلى سطح الأرض في زاوية مائلة تكون قوته أقل من إشعاع يصل عمودياً على سطح الأرض ، وذلك لأن الإشعاع المائل يخترق مسافة أطول في الغلاف الجوى فيفقد جزءاً أكبر من قوته ، بينما الإشعاع العمودى الذى يخترق مسافة أقصر يفقد جزءاً أقل ، هذا فضلاً عن أن الأشعاع المائل يتوزع على مسافة أكبر من سطح الأرض فيقل تركيزه فى حين أن الاشعاع العمودى يتركز فى مساحة أصغر فتزداد قوته .

٣ – **طول المدة التى تسطع فيها الشمس فوق الأفق** ، ويتغير ذلك تبعاً للفصول وتبعاً للموقع بالنسبة لدوائر العرض، من هذا نستنتج أن كمية الحرارة التى تكتسبها

الأرض أثناء النهار الطويل أكثر مما لو كان النهار قصير ، هذا فضلا عن أن خطوط العرض الواحدة عادة تكتسب كمية واحدة من الحرارة ، وباختلاف خطوط العرض تختلف درجات الحرارة ، هذا إذا ما تساوت الظروف الأخرى التى تؤثر فى حرارة خط العرض .

التوزيع الجغرافى للاشعاع الشمسى على سطح الأرض :

يؤثر الغلاف الجوى فى طاقة الاشعاع الشمسي بالنسبة للكرة الأرضية ، فهو يعمل على تقليل هذه الطاقة ، وأن جملة ما تكسبه الأرض وجوها من هذه الطاقة فى السنة لابد أن يتعادل مع جملة ما يرتد منها إلى الفضاء ، وأن هذا التعادل هو الذى يجعل للأرض ميزانية حرارية ثابتة من سنة لأخرى ، ولكن ليس معنى هذا التوازن أن تكون كل أجزاء سطح الأرض أو فى كل أيام السنة متعادلة فى مكسبها أو خسارتها للاشعاع الشمسى ، لأن توزيع هذا الاشعاع يختلف من مكان لآخر ، ومن فصل إلى آخر نتيجة لتأثره بعدة عوامل أهمها ما يلى :

١- اختلاف الألبيدو الأرضى من مكان إلى آخر ومن وقت لآخر .

٢- اختلاف البعد بين الأرض والشمس على حسب الفصول خاصة فى الصيف عنه فى الشتاء .

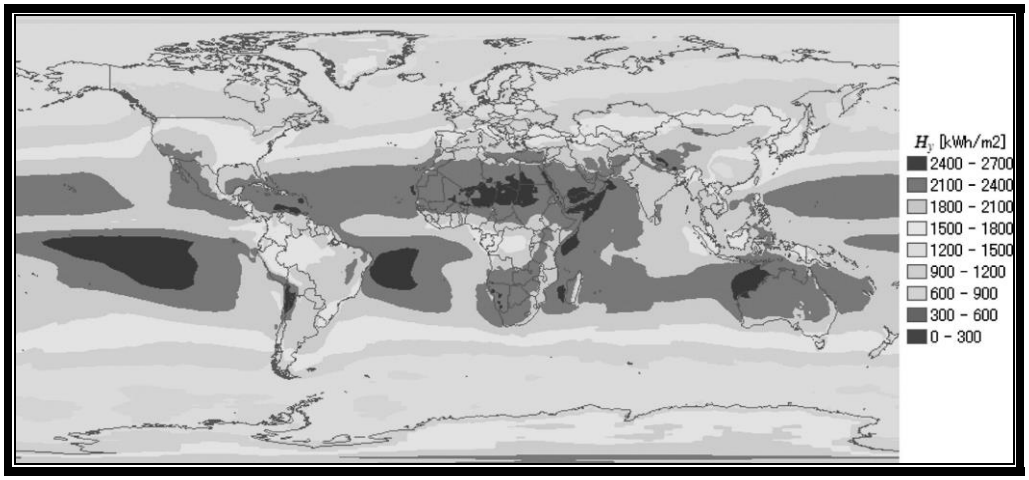
٣- اختلاف طول الليل والنهار فى العروض المختلفة وفى الفصول المختلفة كما سبق ذكره .

٤- اختلاف الزاوية التى تسقط بها أشعة الشمس على سطح الأرض .

ويختلف الألبيدو الأرضى من مكان إلى آخر ومن فصل إلى آخر على حسب كمية السحب ودرجة صفاء الجو وما يغطى الأرض من غطاء نباتى أو ثلوج أو جليد .. الخ كما سيرد ذكره ، أما عن العامل الثانى فانه يلاحظ أن الأرض تكون أبعد عن الشمس فى أول يوليو بنحو ٤,٨ مليون كيلو متر عنها فى أول ديسمبر ، بينما يرتبط العاملين الثالث والرابع ، بالموقع بالنسبة لدوائر العرض ارتباطاً مباشراً، ففى فصل الصيف يتزايد طول النهار على حساب طول الليل كلما اتجهنا نحو القطب حتى يصل

طوله فى يوم الانقلاب الصيفى (٢١ يونيو) إلى ٢٤ ساعة عند الدائرة القطبية وستة أشهر عند القطب ، وتتبدل الصورة فى فصل الشتاء .

ومما تقدم نرى أن معدل الاشعاع الشمسى السنوى يبلغ أقصاه عند خط الاستواء، ويبدأ فى التناقص فى الاتجاه نحو القطبين ، ويقدر أن مقدار الاشعاع الشمسى الواصل إلى الأرض عند خط الاستواء يبلغ اربعة أمثاله عند القطبين ، تتلقى المنطقة المدارية أكبر كمية من الاشعاع الشمسى الذى يصل إلى الأرض طوال العام ، ولا تظهر بين أجزاؤه فروق كبيرة مع اختلاف الفصول ، بينما يصل الاشعاع الشمسى إلى ذروته فى فصل الصيف فى العروض الممتدة فيما بين المدارين والدائرتين القطبيتين، ويبلغ هذا الاشعاع أدنى حد له فى الشتاء فى نفس العروض ، أما من الدائرتين القطبيتين وحتى نقطتى القطب فانه يوجد فائض فى الأشعة فى فصل الصيف الذى يطول فيه النهار وينقص هذا جدا فى فصل الشتاء .



توزيع الإشعاع الشمسي على سطح الأرض

(ب) الاشعاع الأرضى : The Earth's Radiation

قبل أن يصل الاشعاع الشمسى إلى الأرض يكون قد فقد نصيباً كبيراً منه فى الغلاف الغازى البعيد وكذلك فى الغلاف القريب من سطح الأرض بواسطة الامتصاص من ناحية والانعكاس من ناحية أخرى ، فالمعروف أن سطح الأرض يمتص قدراً من أشعة الشمس التى تسقط عليه بينما يرد الباقى إلى الفضاء بتأثير الألبيدو الأرضى ،

ويقوم سطح الأرض بتحويل الأشعة الشمسية التى امتصها إلى طاقة حرارية تنطلق إلى الغلاف الجوى فى شكل موجات طولية ، وبالتالى يستمد الغلاف الجوى حرارته من هذه الموجات الطويلة الصادرة من سطح الأرض فى الوقت الذى لم يستطع الهواء امتصاص الموجات القصيرة المكونة لأشعة الشمس عند احتراقها له ، ولذلك يمكن القول بأن الهواء يستمد حرارته من الاشعاع الأرضى.

ويختلف الاشعاع الأرضى عن الاشعاع الشمسى فى أن أشعته غير مرئية وحرارية وطويلة (يتراوح طول موجاتها ما بين ٣ إلى ٨٠ ميكرون) بينما تتفاوت أطوال موجات الاشعاع الشمسى ما بين ٠,١٧ إلى ٤,٠ ميكرون ، ويتميز كذلك الاشعاع الأرضى عن الاشعاع الشمسى بأنه يستمر طوال الأربع والعشرين ساعة (طول اليوم . ليلاً ونهاراً) فى حين أن الاشعاع الشمسى يبدأ مع شروق الشمس وينتهى عند غروبها، كما يتزايد الاشعاع الأرضى تدريجياً بعد شروق الشمس ويبلغ أقصاه بعد الظهر (الزوال) بقليل ، ويرجع ذلك لأن الأرض تستمر محافظة على حرارتها فترة من الوقت بعد تعامد الشمس فى وقت الزوال ، بينما يأخذ الاشعاع الشمسى فى الهبوط تدريجياً بعد أن يمر وقت الزوال مباشرة.

(ج) الاشعاع الجوى : Atmosphere`sRadiation

يقصد بالإشعاع الجوى تلك الموجات الاشعاعية التى تنطلق من الغازات التى يتكون منها الغلاف الغازي وما به من المواد العالقة سواء كانت ذرات الغبار أو ذرات بخار الماء ، ويجب أن نعرف أن المصدر الأصلى لهذا الاشعاع الجوى هو ما استمدته مكونات الغلاف الغازى من الاشعاع الشمسى (كما سبق القول)، وبعد ذلك تقوم الغازات والمواد العالقة باشعاعه مرة ثانية في جميع الاتجاهات فى صورة اشعاعات حرارية وضوئية ، ويصل جزء من هذه الاشعاعات إلى سطح الأرض ، خاصة تلك الاشعاعات الحرارية التى تنطلق من بخار الماء وغاز ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الغازى.

الألبيدو الأرضى :Earth` s Albedo

يقصد بالألبيدو الأرضى قدرة كل من الأرض والغلاف الجوى الكلية على رد الأشعة الشمسية إلى الفضاء دون أن يكون لها تأثير على حرارتهما ، حيث أنه من المعروف أن جزءاً كبيراً من الأشعة ينعكس إلى الفضاء بعد سقوطه على السطح العلوى للسحاب، وكذلك بعد اصطدامها بذرات الغبار وبخار الماء العالقة بالجو ، أو تلك الأشعة التى تصل إلى سطح الأرض نفسه .

ويتكون الألبيدو الأرضى من القدرة الكلية لكل هذه الأجسام على رد الأشعة ، ولكن يتميز كل جسم منها بأن له ألبيدو خاص به ، ويمثل ألبيدو السحب أكبر ألبيدو عاكس للأشعة التى تصل إلى الغلاف الجوى للأرض حيث يعكس وحده ٤٠ % من مجموع الأشعة الشمسية التى تصل إلى جو الأرض، ويأتى ألبيدو المواد العالقة فى الغلاف الجوى (الغبار- بخار الماء . ثانى أكسيد الكربون) فى المرتبة الثانية، حيث يعكس حوالى ١٥ % من مجموع الأشعة الواصلة إلى جو الأرض ، بينما يقدر ما يعكسه ألبيدو سطح الأرض نفسه حوالى ١٠ %، أى أنه أقل من ألبيدو السحاب والمواد العالقة بالغلاف الجوى ، ويبلغ مجموع الأشعة التى تعكسها هذه الأنواع الثلاث من الألبيدو حوالى ٦٥% من مجموع الأشعة التى تصل إلى سطح الأرض .

وبالتالى فان ما يصل من أشعة إلى سطح الأرض فعلا يمثل حوالى ٣٥ % من مجموع الأشعة الواصلة إلى الغلاف الجوى للأرض بعد أن فقد من هذه الأشعة ٦٥% من مجموعها ، ولكن هذه الكمية الواصلة فعلا إلى سطح الأرض والبالغة ٣٥% من مجموع الاشعاع الشمسى لا تنعكس جميعها إلى الغلاف الجوى بل يتوقف هذا بطبيعة الحال على غطاء سطح الأرض حيث أن كل غطاء من أغطية سطح الأرض لها قدرة مختلفة على عكس الاشعاع الشمسى.

ثانياً:الحرارة:

يتم تسخين الغلاف الجوي عن طريق اكتسابه للحرارة بعدة طرق ووسائل تعمل على توازنه الحراري وهي:

١- الإشعاع الشمسي في صورة أشعة كهرومغناطيسية فهي المصدر الغير مباشر وذلك عن طريق إمتصاص , وإنتقال وتشتت ونفوذ الأشعة .

٢- الإشعاع الرضي حيث يعد المصدر المباشر والمكتسب من الطاقة الكهرومغناطيسية بعد تسخين سطح الأرض يتم الإشعاع الحراري للغلاف وذلك عن طريق :

أ- التوصيل الحراري : ويتم بالتلامس بين سطح الأرض والغلاف الجوي من خلال المكونات الغازية وذرات الغبار وبخار الماء .

ب- التيارات الرأسية : الصاعدة عن طريق الحمل الحراري حيث التيارات الدفيئة صعداً والهابطة البارة .

جـ- الحركة الافقية : كالرياح والتيارات النفاثة والكتل الهوائية بين العروض الوسطى والعليا للكرة الأرضية .

وتعد الحرارة صورة من صور الطاقة لكل الجزيئات وتقاس بالسعر Calorie ومصدرها الرئيسي الطاقة الكهرومغناطسيسة , والسعر هو كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة لتر واحد من الماء درجة واحدة مئوية .

أما درجة الحرارة Temperature فهي متوسط الطاقة الحركية للجزيئات وتقاس بالثررومتر المئوي بين صفر-١٠٠°م " C " Celsius.

- مصدر الحرارة:

الشمس هي مصدر الحرارة الرئيسي للأرض والجو، كما أن الحرارة الباطنية للأرض لها تأثير أيضا ولكن درجتها قليلة. وتمتاز أشعة الشمس بأنها تعطي الحرارة والضوء والأشعة الحيوية، فعندما ترسل الشمس أشعتها يسخن سطح الكرة الأرضية من يابس وماء ثم تنعكس حرارتهما على الغلاف الغازي المحيط بالأرض. فترتفع درجة حرارته، وتكون طبقات الجو القريبة من سطح الأرض أشد حرارة من البعيدة عنه، أي

أن الإنسان كلما ارتفع في الجو قلت الحرارة وشعر بالبرودة. وتقطع أشعة الشمس مسافة ٩٣ مليون ميل في الفضاء حتى تصل إلى سطح الأرض في مدة ثماني دقائق تقريبًا. ولاتسخن أشعة الشمس جميع جهات سطح الأرض بدرجة واحدة بل هناك جهات تشتد فيها الحرارة، وهي التي تسقط عليها أشعة الشمس عمودية أو قريبة من العمودية، وجهات أخرى تسقط عليها أشعة الشمس مائلة فتقل فيها الحرارة.

- أهمية الحرارة:

تعد الحرارة من أهم عناصر المناخ فهي ترتبط بكل عناصره ارتباطاً وثيقاً على النحو التالي :

(أ) أهمية الحرارة بالنسبة للغلاف الجوي:

١- الضغط الجوي , هناك علاقة عكسية بين الحرارة والضغط وتوزيع مناطق الضغط على سطح الكرة الأرضية كما في الضغط المرتفع القطبي والمنخفض الاستوائي .

٢- حركة الهواء في صورة تيارات رأسية وأفقية مرتبطة بالحرارة والضغط الجوي المترتب عليها , والرياح الدائمة والموسمية والمحلية واليومية .

٣- التكاثف بكل صورة واشكاله مرتبط بالحرارة عندما تنخفض إلى ما دون الصفر.

٤- يرتبط سقوط الأمطار بالحرارة والضغط المرتفع والمنخفض والإنخفاضات الجوية .

٥- التبخر والسحب يتكونان بارتفاع وانخفاض درجات الحرارة .

٦- نظم المطر والأقاليم المناخية وتوزيعها على سطح الأرض يتحكم فيه الحرارة .

٧- يرتبط توزيع المناطق الحرارية على سطح الأرض بالحرارة .

(ب) أهمية الحرارة بالنسبة للغلاف الحيوي :

١- الإنسان :

تتحكم الحرارة في نشاطات الإنسان ومقدرته على العطاء وخصائصه الفسيولوجية ولون البشرة .

حيث إن الحرارة تتحكم في نسبة الأكسجين ففي المناطق الحارة تختلف عن الباردة وبالتالي فتحات الانف متسعة في المناطق الحارة وضيقة في الباردة .

ولون البشرة البيضاء في الباردة والسوداء في الحارة والمرحلة العمرية في البلوغ فالحارة يكون البلوغ مبكراً عند العاشرة ويتأخر في الباردة .

٢- الحيوان :

يتكيف مع الحرارة إما بالبيات الشتوي أو الصيفي أو الهجرة لعد المقدرة على التكيف كهجرة الطيور والأسماك آلاف الكيلو مترات من المناطق الباردة للحارة أو العكس , ووجود الفراء لحيوانات القطبية والأوبار للصحراوية والاشعار للمعتدلة .

فلكل نوع من الحيوانات بيئات خاصة به تناسبه في الحجم والشكل ودرجة الحرارة .

٣- النبات :

تؤثر الحرارة في كل وظائف النبات الحيوية والبناء الضوئي والعمليات الطبيعية كالنفاذية والانتشار وامتصاص الماء وتبخره وفي كافة العمليات الكيميائية للتحول الغذائي , والتنفس , و النتح وتوزيع وكثافة النباتات ونوعها .

ومن المعجزات الإلهية تعاقب الليل والنهار والفصول الأربعة لتنوع المخلوقات والمحصولات في نصفي الكرة الأرضية وتناظرها وتعاقبها على جانبي خط الاستواء .

(ج) أهمية الحرارة بالنسبة للغلاف الصخري:

تتحكم الحرارة في عمليات التجوية الميكانيكية والكيميائية وتفتت وتكسر وتحلل واذابة الصخور وتكون نواتج التجوية والتربة وعمليات التعرية وتكون الصخور الرسوبية .

(د) أهمية الحرارة بالنسبة للغلاف المائي:

تختلف المساحات المائية وتتنوع على حسب اختلاف الحرارة من دائرة الاستواء باتجاة القطبين ومن سطح الماء لأسفل وبناء على ذلك يتضح الآتي :

١- تقوم بعمليات التبخر وحدوث الدورة المائية وسبب حدوث الغيث ووجود الماء الذي منه كل شيء حي .

٢- حركة المسطحات المائية في صورة تيارات رأسية بين الكتل المائية العليا والسفلي , وتيارات أفقية من الحارة للباردة والعكس .

٣- زيادة نسبة الملوحة أو قلتها في المسطحات المائية .

٤- زيادة أو نقص كثافة الماء المترتبة على اختلاف درجات الحرارة ونسبة الملوحة بالماء .

٥- حدوث تيارات رأسية وأفقية وأمواج بسبب اختلاف الخواص الكيميائية للمياه.

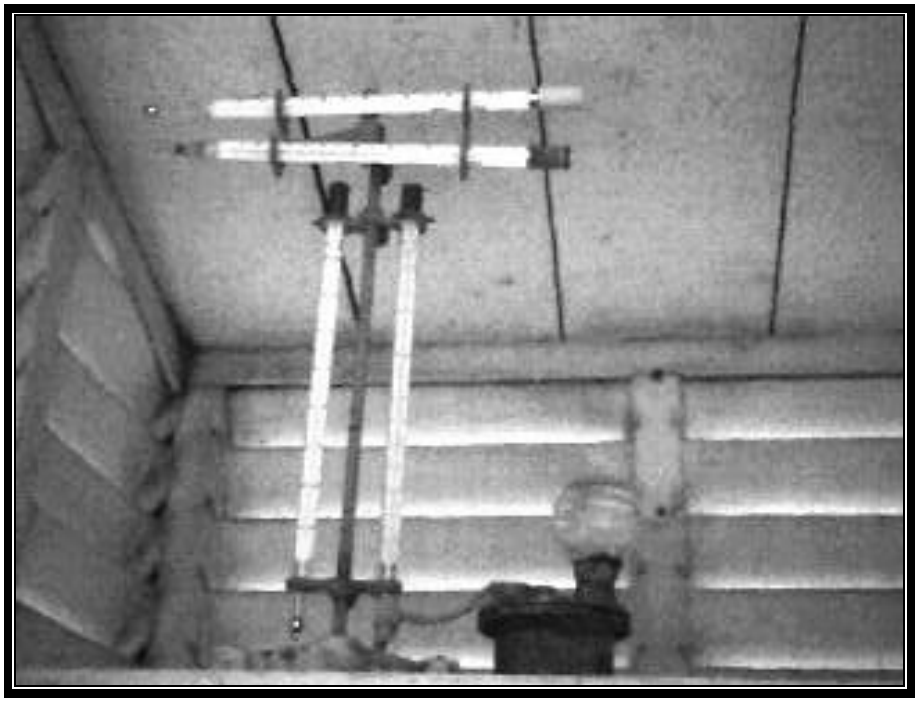
٦- يتوقف وجود الكائنات البحرية على التقليب الحاصل في المسطحات المائية .

- قياس الحرارة:

تتفاعل الأشعة الكهرومغناطيسية مع المادة على شكل جزيئات من الجسيمات عبارة عن فوتونات تسبب الأشعة المنبعثة الحرارية (درجة حرارة الجسم) وتتغير هذه الطاقة المنبعثة من الجسم بتغير درجة الحرارة .

وأن هناك علاقة بين الطاقة ودرجة الحرارة وطول الموجة , لذلك نجد أن سطح الأرض يشع طاقة منخفضة ذات موجات طويلة , بينما الشمس تطلق اشعاعات ذات موجات عالية الطاقة قصيرة وترددات عالية .

وتقاس درجة الحرارة بالترمومتر (له عدة أنواع هناك ترمومتر النهاية العظمى وترمومتر النهاية الصغرى والترمومتر المبلل) وتسجل بالترموجراف.



الترمومترات المستخدمة في قياس درجات الحرارة

ويقيس الترمومتر بالنظام المئوي الذي تعد درجة الصفر هي التجمد ودرجة الغليان هي مائة أو النظام الفهرنهيتي ويعادل الصفر المئوي ٣٢ ° فهرنهيت , ودرجة الغليان تعادل ٢١٢°° فهرنهيت .

ومن خلال البيانات التي تجمعها محطات الرصد الأرضية لفترات زمنية طويلة يتم رسم خطوط الحرارة المتساوية Isotherms وهي التي تصل بين محطات الحرارة المتساوية في درجة حرارتها كمتوسطات سنوية .

وعمل خرائط مناخية تعتمد على قيم كمية , فصلية وسنوية , ويمكن حساب المتوسطات اليومية , والأسبوعية والشهرية والفصلية والسنوية وكذلك المدى الحراري , ويرسم أيضاً خط الحرارة الرئيس (خط الاستواء الحراري) .

وهو عبارة عن خط ايزوثيرم يمثل أعلى درجة حرارة في العالم ويتموج من الشرق للغرب بين دائرتي عرض ١٠-١٥° شمال وجنوب خط الاستواء الجغرافي .

- المدى والمتوسط لدرجات الحرارة :

- المدى من أبسط مقاييس التشتت ويعرف بأنه الفرق بين أكبر وأصغر قيمة في المجموعة , ويقيس درجة تقارب أو تباعد البيانات بعضها عن البعض , ويعطي فكرة سريعة عن الأحوال الجوية , ولكن من عيوبه اعتماده على قيمتين فقط , ويتأثر بالقيم المتطرفة فهو مقياس تقريبي .

- المتوسطات عبارة عن القيمة النموذجية الممثلة لمجموعة من البيانات وهي من مقاييس النزعة المركزية وتكون فائدتها أكثر في حالة التوزيعات المتشابهة في طبيعتها وشكلها ومختلفة في مواقعها كدرجات الحرارة ويتم حساب المتوسطات لمجموعة من القيم بقسمة مجموع هذه القيم على عددها .

ويتم حساب المتوسطات اليومية , والشهرية والسنوية من خلال مجموعة القيم اليومية على عددها والشهرية متوسطات القيم الشهرية المحسوبة من اليومية والسنوية من مجموعة القيم اليومية مقسوماً على مجموع أيام السنة .

- العوامل المؤثرة في الحرارة :

هناك مجموعة من العوامل المتعددة تؤثر في بعضها البعض ذات تأثيرات وتغيرات حرارية وبالتالي مناخية مختلفة , حيث تعد الحرارة من أهم ضوابط المناخ على سطح الكرة الأرضية وهذه العوامل هي :

(أ) مجموعة العوامل المكانية .

(ب) مجموعة العوامل المناخية .

(ج) مجموعة العوامل المائية .

(د) مجموعة العوامل الخاصة باليابسة .

(هـ) مجموعة العوامل الاحيائية .

(أ) المكانية ويقصد بها دائرة عرض المكان وهي :

١- زاوية سقوط الأشعة الشمسية . ٢- والفصول السنوية .

١- دائرة عرض المكان تحدد زاوية سقوط الأشعة الشمسية وتتعامد الشمس على المناطق الواقعة بين المدارين , حيث تكون في :

٢١ يونية على مدار السرطان .

٢٣ سبتمبر على خط الاستواء .

٢١ ديسمبر على مدار الجدي .

٢١ مارس على خط الاستواء .

وتقل درجات الحرارة من المناطق الاستوائية باتجاه القطبين بعامة .

ويرجع ذلك إلى عمودية الأشعة الشمسية أو سقوطها بزوايا حادة على دوائر العرض المختلفة , والأشعة العمودية تقطع مسافة أقصر وتشغل حيزاً أقل من المائلة كما لذلك تكون أشعة الشمس شديدة عند خط الاستواء ومتوسطة عند المدارين وقليلة عند القطبين .

٢- أما الفصول السنوية فهناك اعتقاد خاطئ أن الفصول الأربعة متناظرة ومتبادلة على سطح الكرة الأرضية ولكن الحقيقة غير ذلك وبحسب درجات الحرارة تكون على النحو التالي :

أ- مناطق ذات فصل واحد وتشمل :

- المناطق القارسة شمال وجنوب دائرتي عرض ٧٥ ° حتى القطبين .

- المنطقة الحارة بين صفر ° - ١٥ ° شمال وجنوب خط الاستواء .

ب- مناطق ذات فصلان وتشمل:

- المناطق الباردة بين دائرتي عرض ٤٥-٦٥° ° شمال وجنوب خط الاستواء.

- المناطق الحارة بين ١٥ °-٣٠ ° شمال وجنوب خط الاستواء .

جـ- مناطق ذات فصول أربعة وهي المناطق المعتدلة بين دائرتي عرض ٣٠ °-٤٥ ° شمال وجنوب خط الاستواء .

وهناك اعتقاد خاطئ أن منطقة خط الاستواء من أشد جهات العالم حرارة ولكن الحقيقة غير ذلك كما توضحها درجات الحرارة في الجدول الآتي:

التوزيع الأفقي لمتوسطات درجات الحرارة على سطح الكرة الأرضية

دائرة العرض	متوسط الحرارة شتاء	متوسط الحرارة صيفاً	المتوسط السنوي للحرارة
صفر	٢٥,٦	٢٥,٤	٢٦,٣
١٠	٢٥,٨	٢٦,٩	٢٦,٨
٢٠	٢١,٩	٢٨,٠	٢٥,٣
٣٠	١٤,٦	٢٧,٣	٢٠,٥
٤٠	٥,٠	٢٤,٠	١٤,٠
٥٠	٧,٠	١٨,٠	٥,٨
٦٠	٥,٨	١٤,٠	١,١
٧٠	٢٦,٠	٧,٠	١٠,٦
٨٠	٣٣,٠	١,٨	١٦,٧
٩٠	٤٠,٠	١,٠	٢٢,٧

ويتضح من الجدول السابق أن أشد جهات العالم حرارة عند دائرتي عرض ١٠ ° شمالاً وجنوب خط الاستواء , وأن متوسط درجات الحرارة عند الاستواء طول العام

بين ٢٥,٦ °-٢٦,٤ °مئوية بينما متوسط درجات الحرارة عند دائرة عرض ١٠ °شمالاً بين ٢٥,٨ °-٢٦,٩ °مئوية وعند دائرة ١٠ ° جنوباً بين ٢٦,٥ °-٣٩,٩ ° مئوية ويرجع السبب في ذلك إلى :

- سقوط كميات كبيرة من الأمطار التصاعدية السنوية .
- زيادة نسبة بخار الماء وكثرة السحب في الجو .
- كثافة الغطاء النباتي ووجود المستنقعات .

وهذه العوامل تخفض من درجات الحرارة عند الدائرة الاستوائية .

(ب) مجموعة العوامل المناخية: وتضم كل من:

١- الرياح . ٢- الانخفاضات والارتفاعات الجوية .

١- تقوم الرياح بعدة وظائف ويقع ضمن هذه المهام عملية خلط أو مزج وتساوي وتعديل الحرارة على سطح الكرة الأرضية خاصة الرياح الدائمة .

فالرياح الباردة القطبية تخفض درجة حرارة المناطق المعتدلة والحارة التي تهب عليها , والرياح الحارة تعمل على رفع درجات الحرارة للمناطق المعتدلة والباردة وتسقط عليها مطراً .

وتؤثر الرياح الموسمية على جنوب شرق آسيا , والرياح المحلية الحارة كالخماسين على مصر أو الباردة كالبورا على شمال بحر الادرياتيكي والرياح اليومية كنسيم البر والبحر والوادي والجبل بتعديل درجات الحرارة زيادة أو نقصاً بحسب المصدر الذي تهب منه .

٢- أما الانخفاضات والارتفاعات الجوية فتكون سبباً في تكون ظواهر جوية وحدوث تغيرات طقسية في كل عناصر المناخ , مثل الانخفاضات الجوية التي تتكون نتيجة تلاقي كتل هوائية قطبية واخرى مدارية بين دائرتي عرض ٣٥°-٦٥° شمالاً وجنوباً .
والارتفاعات الجوية تكون سبباً في حدوث الانقلاب الحراري في الغلاف الجوي .

(ج) مجموعة العوامل المائية :

والمقصود بها المسطحات المائية على سطح الكرة الأرضية حيث يكون تأثيرها على النحو التالي:

١- القرب أو البعد عنها.

٢- توزيعها على سطح الأرض .

٣- التيارات المائية (المحيطية والبحرية) .

١- القرب أو البعد عن المسطحات المائية:

هناك حكمة إلهية عظمى من اختلاف توزيع اليابس والماء ومساحة كل منهما , وزيادة مساحة المسطحات المائية يجعل تأثيرها واضحاً على مناخ اليابس بخاصة القريبة أو الساحلية على نفس درجة العرض .

وتظهر الاختلافات في متوسطات درجات الحرارة اليومية والسنوية , لذلك يكون مناخ المناطق الساحلية بحرياً والفرق في درجات الحرارة بسيطاً طول العام , بينما المناطق الداخلية يكون قارياً والفروقات بين درجات الليل والنهار والصيف والشتاء فيما وراء دائرة عرض ٢٠° شمالاً وجنوباً غالباً ومثال لذلك مدينة الدار البيضاء الساحلية وبغداد الداخلية على دائرة عرض ٣٠°-٣٣° شمال , فالمدى الحراري السنوي لكل منهما ١١°-٢٤,٥ ° مئوية على الترتيب ويرجع السبب في ذلك إلى العوامل التالية :

أ- كمية بخار الماء والسحب التي تنظم نفوذ الإشعاع الشمسي والأرضي .

ب- اختلاف درجات الحرارة بين اليابس والماء يترتب عليه تكون ضغط مرتفع نسبياً نهاراً على سطح الماء ومنخفض على اليابس فيحدث نسيم البحر نهاراً والبرد ليلاً .

جـ- الرياح التي تهب من الماء على اليابس وتسبب سقوط الأمطار .

د- التيارات البحرية الدفيئة والباردة .

هـ- التعرجات الساحلية والأزرع المائية داخل اليابس أو اشباه الجزر والرؤوس الصخرية داخل المسطحات المائية .

٢- توزيع اليابس والماء:

تبلغ نسبة مساحة اليابس ٣٠% والماء ٧٠% , ويختلفان أيضاً في توزيعهما في نصفي الكرة الشمالي والجنوبي , والشرقي والغربي فمساحة اليابس شمالاً وشرقاً أكبر من مساحة الماء جنوباً وغرباً .

لذلك نجد أن المتوسطات السنوية تزيد في النصف الشمالي والشرقي عن الجنوبي والغربي وهذه الاختلافات ناتجة عن اكتساب أو رد الأشعة الشمسية والأرضية وذلك بسبب وجود نسب أكبر من بخار الماء والسحب فوق المسطحات المائية تمتص أو تعكس نسبة من الإشعاع .

أ- ضياع جزء من الإشعاع في حدوث عملية التبخر .

ب- يعكس سطح الماء نسبة من الأشعة تفوق اليابس لأنه سطح لامع واليابس معتم.

جـ- حدوث تقليب رأسي وأفقي بين الكتل المائية السطحية والاستوائية الدفيئة والكتل المائية السفلية والقطبية الباردة حتى يحدث شبه تعادل بينما اليابس جزء دقيق فقط الذي تنتقل إليه الحرارة .

د- تختلف الحرارة النوعية لكل منهما , حيث إن سطح الأرض أقل من الماء لذلك يكتسب الحرارة بسرعة يفقدها بسرعة بعكس الماء .

٣- التيارات المائية (المحيطة والبحرية):

تعد حركة الماء في صورة تقليب رأسي بين الكتل المائية العليا الدفيئة والسفلى الباردة , والحركة الأفقية من خط الاستواء باتجاه القطبين والعكس تعرف بالتيارات البحرية .

وتتراوح سرعة كتل الماء بين ٤-٩كم/الساعة , والتي تعمل على رفع أو خفض درجات الحرارة وتغيرها بحسب نوع التيار البحري دفيئاً كان أم بارداً .

لذلك نجد أن التيارات الدفيئة تعمل على تعرج خطوط الحرارة المتساوية في نصف الكرة الشمالي باتجاه الشمال , والباردة تتعرج الخطوط باتجاه الجنوب والعكس في نصف الكرة الجنوبي .

ويتضح ذلك في سواحل أمريكا الشمالية الاطلنطية الشرقية والباسيفيكية الغربية ومرور تيار الخليج الدفئ شرقاً وكاليفورنيا البارد غرباً جنوب دائرة عرض ٤٠ ° شمالاً فيكون الفرق حوالي ١٠ ° مئوية على نفس دائرة العرض وكذلك صلاحية سواحل أوربا الغربية لمرورتيا الخليج الدفئ وصلاحية مواني النرويج وتجمد البحر البلطي شرقها أو انخفاض درجات الحرارة على نفس دوائر عرض أوربا شرقاً في سواحل آسيا بسبب مرور تيار كاتشاتكا شمال شرق آسيا .

(د) مجموعة العوامل الخاصة باليابسة:

وتعد هذه المجموعة ذات أهمية خاصة وتشتمل على عدة عوامل هي :

١- مساحات وأشكال وتعرجات سواحل اليابس

٢- الطبوغرافيا :

أ- الارتفاعات عن منسوب سطح البحر .

ب- انحدارات واتجاهات التضاريس .

٣- أنواع التكوينات السطحية والتربة .

١- مساحات وأشكال وتعرجات اليابس:

كما سبق القول أن نسب كل من اليابس والماء مختلفة في نصفي الكرة الشرقي والشمالي عن الغربي والجنوبي , واضف إلى ذلك شكل القارات وتعرجات سواحلها , فكل من أوراسيا واستراليا تأخذان الشكل الكتلي المندمج يختلف طول وعرض كل منها , بينما أفريقيا والأمريكتين الشكل مثلثي قاعدته في الشمال ورأسه في الجنوب , ولذا تختلف في طول القاعدة والارتفاع .

وبناء على ذلك تختلف في نسب استقبالها أو ردها للأشعة الشمسية والأرضية في الموقع والموضع والنتيجة اختلاف درجات الحرارة على نفس دوائر العرض في كل قارة على حدة وفي كل القارات كما عند دائرتي السرطان والجدي في نصف الكرة الشمالي في كل من آسيا وأفريقيا وأمريكا الشمالية والجنوبي في كل من أستراليا وأفريقيا وأمريكا الجنوبية في نفس الفصل المماثل .

ونجد تعرجات اليابس تظهر بوضوح بين سواحل أفريقيا الشرقية المستقيمة وسواحل أندونيسيا والفلبين وماليز وشبة جزيرة الملايو عند دائرة الاستواء وكذلك سواحل أوربا الغربية المتعرجة وأمريكا الشمالية الباسفيكية شبة المستقيمة، حيث إن كل منها يختلف في درجات الحرارة على نفس دائرة العرض ٥٠ ° شمالاً.

٢- الطبوغرافيا :

أ- الارتفاعات عن منسوب سطح البحر .

تنخفض درجة الحرارة بمقدار ٠,٦° مئوية لكل ١٠٠ متر كلما ارتفع عن منسوب مستوى القاعدة إذا زادت الرطوبة النسبية عن ٧٠% , أما إذا كانت الرطوبة النسبية أقل من ٥٠% فإن درجة الحرارة تنخفض درجة واحدة مئوية لكل ارتفاع مائة متر والسبب في ذلك يرجع إلى :

- البعد عن مصدر الإشعاع الرئيس للأشعة الحرارية المرتدة من سطح الأرض والتي تعمل على تسخين الغلاف الملامس .
- قلة وانخفاض نسب ذرات الغبار وبخار الماء وثاني أكسيد الكربون والغيوم والضباب والسحب كلما ارتفعنا لاعلى وهي التي تحافظ على حرارة الهواء من التبدد والتشتت في الفضاء , لإنها تمتص معظم الأشعة الحرارية الأرضية .
- تخلل الهواء وقله ضغطة وانخفاض حرارة جزيئاته وتباعدها كلما ارتفعنا لأعلى .
- وجود فروقات بين حرارة الهواء عند سطح الأرض واعلاه لذلك تحدث تيارات رأسية صاعدة كما في المنطقة الاستوائية واخرى هابطة كما في المناطق القطبية .

ومن المعروف أن هناك علاقة قوية بين الارتفاع عن منسوب سطح البحر وكل العناصر المناخية , ولذلك يتكون ما يعرف بخط الثلج الدائم (الحد السفلي) فوق قمم الجبال المرتفعة حتى لو كانت قريبة من خط الاستواء , ويزداد هذا الخط قرباً من منسوب سطح البحر بالاتجاه من دائرة الاستواء للقطبين , فيكون الجليد فوق قمة جبل كالمنجارو بتنزانيا جنوب خط الاستواء .

وارتفاع الجبل ٥٨٩٦متر, وعند دائرة عرض ٤٠ °شمالاً فوق قمة جبل البيروس في روسيا بارتفاع ٥٦٣٣متراً ويكون خط الثلج قريباً من سطح الأرض عند دائرة عرض ٦٠ °شمالاً في جبل ماكنيلي ٦١٩٤متراً , أما شمال دائرتي عرض ٦٠ ° شمالاً وجنوباً يكون خط الثلج عند منسوب سطح البحر .

ب- الانحدارات واتجاهات التضاريس :

يتكون سطح الأرض من عنصرين هما الاستواء والانحدار والمناطق المرتفعة لها اتجاهات مختلفة بحسب الاتجاهات لذلك نجد أن عناصر الاستواء والانحدار والاتجاهات والارتفاعات تؤثر على درجات الحرارة على سطح الأرض .

فالمناطق المستوية القريبة من سطح البحر تختلف في درجة حرارتها عن المناطق المنحدرة الجبلية نظراً لاختلاف كل منها في مقدار الطاقة التي تستقبلها .

فكلما زادت الانحدارات انتشرت الأشعة على مساحة أكبر , والاتجاهات أيضاً تختلف في استقبالها لكمية الأشعة الشمسية .

وتستقبل الواجهات الجبلية الجنوبية والغربية كميات من الأشعة أكثر من الشرقية والشمالية في النصف الشمالي والعكس في نصف الكرة الجنوبي وبالتالي تكون درجات الحرارة فيها متفاوته وتزيد أو تقل بحسب االترتيب السابق .

وأيضاً تختلف الواجهات الجبلية المقابلة والمدارية في كميات السحب والمطر التي تدفعها الرياح في كلا الجانبين .

٣- أنواع التكوينات السطحية والتربة :

تختلف الصخور والتربات فيما بينها من حيث التركيب المعدني والعنصري والكيميائي , وحجم الحبيبات والمسامية والنفاذية والألوان الغامقة أو الفاتحة وما بينهما , والاستواء والانحدار , وما يترتب عليهما من المحتوى المائي وندرة أو كثافة الغطاء النباتي , فكل هذه الاختلافات تؤثر في مقدرة كل نوع على امتصاص أو انعكاس أو نفوذ أو رد الأشعة الشمسية والحرارية وبالتالي تؤثر في حرارة الهواء الملامس لسطح الأرض .

وإن التكوينات الصخرية القاعدية الغامقة الرطبة تزيد درجة حرارتها عن الحامضية الفاتحة الجافة , وكذلك التربة ذات المحتوى الرطوبي المرتفع والألوان الغامقة كالتربة

السوداء أو الطينية فهي تختلف عن التربات الرملية الصفراء والجيرية البيضاء , أيضاً سطح الأرض المغطى بالثلوج .

(هـ) مجموعة العوامل الاحيائية:

١-الإنسان ٢- النبات ٣- الحيوان

١- الإنسان :-

يتمثل تأثير الإنسان في درجات الحرارة على سطح الكرة الأرضية من خلال الانشطة المختلفة التي يقوم بها مثل :

أ- انتشار العمران الحضري والريفي وقيام الصناعات التي تخلف ملوثات الجو فتحدث ظاهرة البيوت الزجاجية أو الانقلاب الحراري أو حدوث الضباب وتكون مناخات ميكروسكوبية .

ب- المنشآت الهندسية كالخزانات والسدود وتكون بحيرات صناعية تغير مناخ المنطقة كما حدث في بحيرة السد العالي بمصر بطول ٥٠٠كم وتغير مناخ مدينة أسوان يعد هذا المسطح المائي المتسع .

جـ- الحروب كالتفجيرات النووية والمنشآت البترولية كما حدث في حرب الخليج الأولى والثانية والثالثة وتفجير آبار بترول الكويت والتلوث الجوي والمائي بالخليج وحدوث تغيرات مناخية في كل المناطق المحيطة .

٢- النبات :

يلعب النبات بأنواعه واشكاله وكثافته وتوزيعه دوراً هاماً في اختلاف درجات الحرارة على سطح الكرة الأرضية .

ويتضح الفرق في درجات الحرارة عند دائرة الاستواء حتى ١٠ ° شمالاً وجنوباً والنطاقات الصحراوية الجرداء ويرجع السبب في ذلك إلى :-

أ- عدم نفاذ الأشعة الشمسية إلى سطح الأرض .

ب- يقوم الغطاء النباتي برد وامتصاص وإنعكاس قدراً من الأشعة الشمسية فلا تصل إلى سطح الأرض .

جـ- زيادة نسبة بخار الماء الذي ينظم كل من الإشعاع الشمسي والأرض .

د- تعمل السحب والأمطار على خفض درجة الحرارة .

هـ- زيادة ووجود البرك والمستنقعات يخفض الحرارة .

٣- الحيوان :

يعد تأثير الحيوان غير مباشر على درجات الحرارة حيث تقوم برعي الغطاء النباتي وترك الأرض جرداء خاصة في المناطق الصحراوية والجبلية فيؤثر ذلك على درجات الحرارة من حيث الاستقبال أو رد الإشعاع .

- التوزيع الرأسي والأفقي للحرارة :

١- التوزيع الرأسي :

تقل درجة الحرارة سواء كان الارتفاع عن سطح الأرض ارتفاعاً نسبياً (ارتفاع نقطة معينة عن منسوب البحر) أو ارتفاعاً مطلقاً (الفرق بين سطح الأرض وقمة المناطق المرتفعة) وذلك لاسباب متعددة ذكرناها سلفاً خاصة في طبقة التربوسفير حتى تنعدم الحرارة وتصبح صفراً وتقل عن ذلك كلما ارتفعنا لأعلى وبعد ارتفاع خمسة كيلومترات تصل إلى أقل من ذلك وتصل إلى أقل من ٦٠ ° مئوية عند ارتفاع عشرة كيلومترات تقريباً .

٢- التوزيع الأفقي :

تنخفض درجات الحرارة بعامة من دائرة الاستواء باتجاه القطبين وذلك بسبب سقوط زوايا الأشعة الشمسية عمودية عند الدائرة الاستوائية وشبة عمودية عند المدارين بزاوية ٦٦,٥ ° وحادة أو تصبح معدومة، ومن دراسة التوزيع الأفقي لدرجات الحرارة على سطح الكرة الأرضية يمكن أن نلاحظ التالي :

أ- تقل متوسطات درجات الحرارة والمدى الحراري عند الدائرة الاستوائية حتى دائرة عرض ١٠ ° شمالاً وجنوباً والسبب في ذلك الأمطار التصاعدية والسحب وبخار الماء والغطاء النباتي .

ب- تزيد الحرارة عند دائرة ١٠ ° شمالاً وجنوباً عن الدائرة الاستوائية للأسباب السابقة.

جـ- ترتفع متوسطات درجات الحرارة في نصف الكرة الشمالي عنه في نصف الكرة الجنوبي بسبب اتساع مساحة اليابس شمالاً والمسطحات المائية جنوباً .

د- تنخفض متوسطات الحرارة السنوية من دائرة عرض ١٠ ° شمالاً وجنوباً باتجاه القطبين .

هـ- تزيد متوسطات الحرارة الصيفية والشتوية في نصف الكرة الشمالي عنه في الجنوبي.

و- يزيد المدى الحراري السنوي من دائرة الاستواء باتجاه القطبين وفي نصف الكرة الشمالي عنه في الجنوبي ويكون ذلك عكس المتوسطات الحرارية .

- المناطق الحرارية العامة على سطح الكرة الأرضية :

يمكن القول أن تقسيم الكرة الأرضية إلى مناطق حرارية , تسهيلاً للدراسة والفهم فقط لأنه لا يمكن فصل وتقسيم العناصر والعوامل المناخية تقسيماً جامعاً مانعاً وإنما الصفة السائدة في كل الأغلفة الأربعة هي التداخل والترابط الوثيق وأنه ليس هناك حدوداً فاصلة بين العناصر والعوامل داخل كل غلاف منها والأغلفة وبعضها .

وبناء على القياسات والتسجيلات والبيانات الحديثة لدرجات الحرارة فيمكن عمل تقسيم للمناطق الحرارية يعتمد على المتوسطات السنوية وخطوط الحرارة المتساوية على النحو التالي:

١- المناطق الحارة :

وتقع بين صفر°-٣٠ ° شمالاً وجنوباً وهي عبارة عن منطقتين هما :

(أ) مناطق الفصل الواحد بين صفر°-١٥ ° شمالاً وجنوباً ولا يقل المتوسط السنوي لدرجات الحرارة عن ٢٥ ° مئوية وتزيد في شهري مارس وسبتمبر نظراً لتعامد الشمس على دائرة الاستواء ولا يوجد فصل مميز بل متشابهة طول العام ويمثله مناخ جزيرة جاوة في اندونسيا والفرق بين أقل درجة حرارة وأكبرها لأشهر السنة درجة واحدة مئوية (٢٤,٣ °م, ٢٥,٣ °م) والمتوسط السنوي للحرارة في مدينة كولومبور عاصمة ماليزيا ٢٦,٦ ° مئوية .

(ب) مناطق الفصلان وتقع بين ١٥°-٣٠ °شمالاً وجنوباً ومتوسط درجات الحرارة السنوية بين ١٤,٦°, ٢٨,٣ °مئوية ويمكن تقسيمه إلى قسمين :

- **الرطب:** يجاور الأقاليم السابق حتى ٢٠ ° شمالاً وجنوباً وتتراوح درجات الحرارة بين ١٨ °- ٢٠ ° مئوية في البرازيل , ٢٠ °-٢٤ ° مئوية في أفريقيا .

- **الجاف:** وهو الصحراوي وشبة الصحراوي وتتراوح درجات الحرارة بين ١٨ °- ٢٠ ° مئوية وكمثال له مدينة الرياض بالمملكة العربية السعودية ودرجة حرارتها بين ١٤,١ ° مئوية في يناير و٣٣,٤ °م في يوليو حيث تزداد الحرارة في فصل الصيف الشمالي نظراً لتعامد الشمس على مدار السرطان في ٢١ يونية .

٢- المناطق المعتدلة:

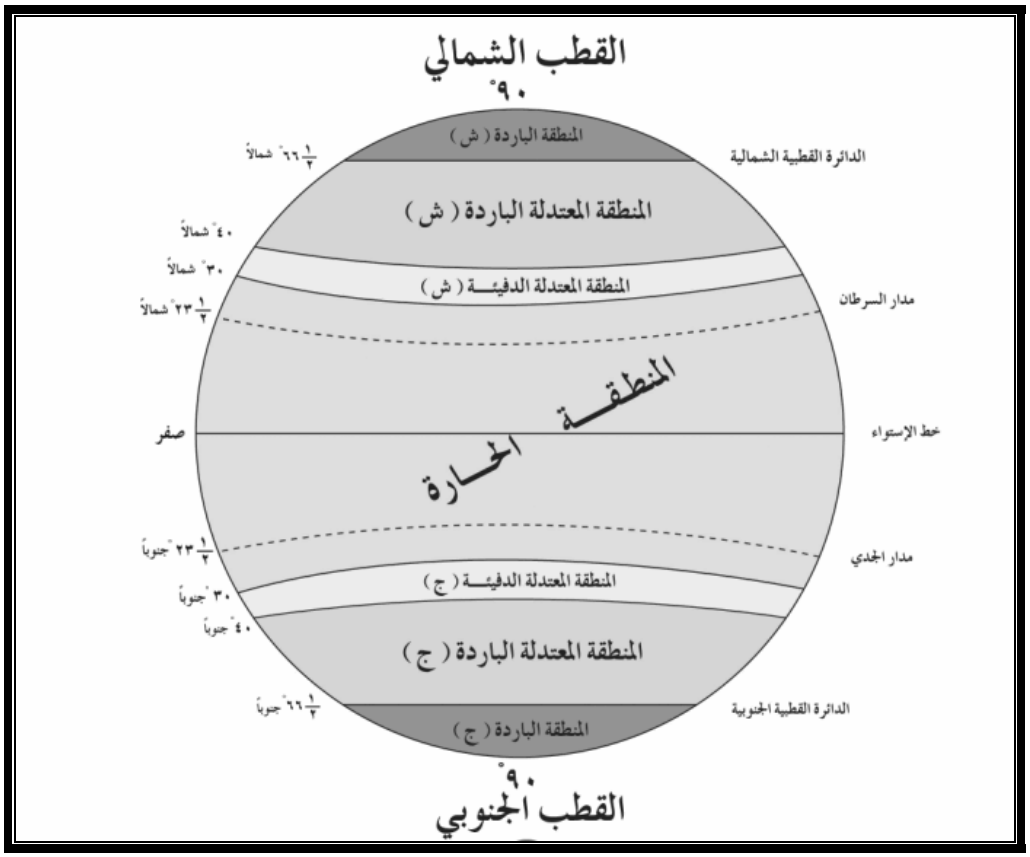
وتقع بين ٣٠°- ٤٥° شمالاً وجنوباً وهي الوحيدة على سطح الأرض التي يتمثل بها الأربعة فصول , حيث الصيف حار جاف وشتاء دفئ ممطراً العكس والربيع والخريف بينهما معتدلين ومتوسط درجة الحرارة السنوي بين ١١ °-٢٠ ° مئوية وأقل متوسط لحرارة الشهور ١٠ ° مئوية وأكبرها ٢٠ ° مئوية ويمثله المناطق الصينية شرقاً والبحر المتوسط غرباً وما بينهما .

٣- المناطق الباردة :

وتمتد بين دائرتي عرض ٤٥ °-٦٥ ° شمالاً وجنوباً وهي عبارة عن فصلين الأول دافئ حوالي ثلاثة أشهر ومتوسط درجة الحرارة السنوية بين ١٠ °-٢٠ ° مئوية , والثاني بارد ينخفض متوسط درجة الحرارة السنوي ويتراوح بين ١,٠ °-٦ °مئوية ويمثله مدينة موسكو ومتوسط حرارتها ٣,٢ ° مئوية .

٤-المناطق القارسة:

تنحصر بين٦٥°-٩٠° شمالاً وجنوباً وهي فصل واحد تزيد فيه الحرارة نوعاً لا يتعدى ثلاثة أشهر وبقية السنة فصل بارد ويغطي الجليد سطح الأرض بسمك بين ٢٥- ٥٠ سم ومتوسط الحرارة ٧ ° مئوية تمثله بلدة فيرخايانسك في سبيريا ومتوسط حرارتها ١٦,١ ° مئوية ومدينة شيسترفيلد بكندا وحرارتها ١١,٨ ° مئوية.



المناطق الحرارية العامة على سطح الأرض

ثالثاً: الضغط الجوي:

يحيط بالكرة الأرضية من جميع جهاتها غلاف غازي يعرف بالهواء ويقدر ارتفاعه بنحو ٣٥٠ كم فوق سطح البحر، ويتكون هذا الغلاف من عدة غازات أهمها النتروجين (الأزوت) ونسبته ٧٨% من حجمه والأُكسجين ونسبته ٢١% والباقي وهو ١% خليط من غازات أخرى ومن مواد عالقة به مثل بخار الماء والغبار، وهذا الغلاف الجوي ضروري لحياة الإنسان والحيوان والنبات على سطح الأرض. وللغلاف الجوي ثقل يولد ضغطًا يساوي هذا الثقل مثل سائر الأجسام الأخرى، والدليل على ذلك أننا مثلا إذا فرغنا أي وعاء من الهواء بواسطة آلات التفريغ فإن ثقل الضغط الجوي يهشم جدرانه إذا كانت رقيقة. ويختلف ثقل الغلاف الجوي وبالتالي ضغطه تبعًا لحرارته أو برودته أو رطوبته، فالمعروف أن الهواء إذا سخن زاد حجمه وبذلك تقل كثافته ويخف

ضغطه، ويحدث العكس إذا انخفضت درجة حرارته فيقل بذلك حجمه وتزداد كثافته فيشتد ضغطه.

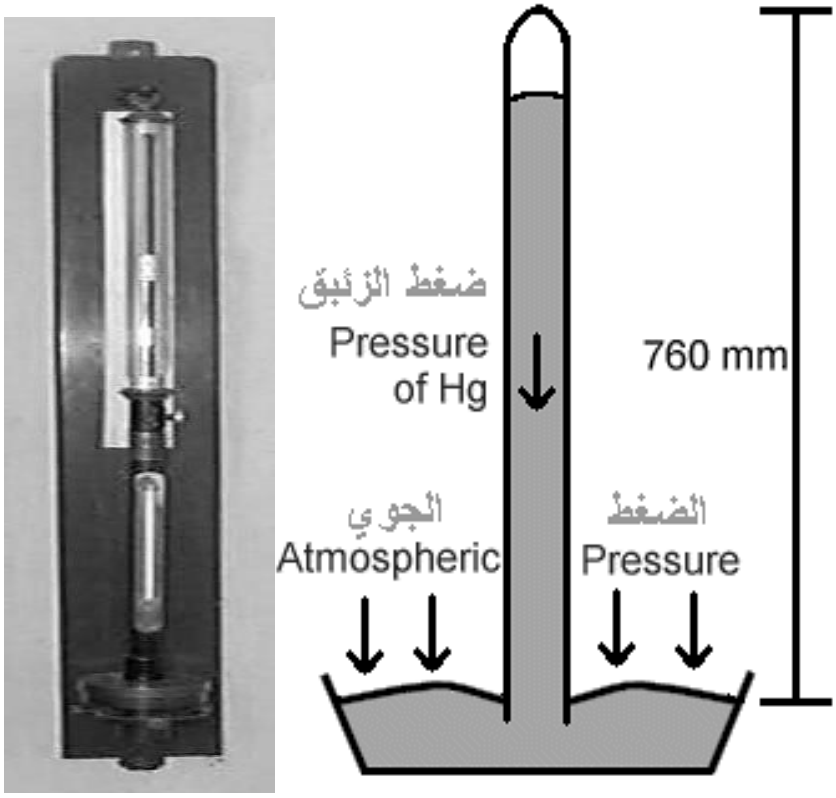
ويعرف الضغط الجوي بأنه وزن عمود الهواء الممتد من سطح البحر إلى نهاية الغلاف الغازي على البوصة المربعة وهو يقدر في الأحوال العادية بمقدار ٦,٦ كيلوجرامًا. وهذا يعادل عمودًا من الزئبق ارتفاعه حوالي ٧٦ سم على البوصة المربعة.

ويقاس الضغط الجوي بأحد الأجهزة التالية :

١ – البارومتر العادي (الزئبقي).

٢ – البارومتر المعدني المعروف باسم " Aneroid" (أنرويد).

٣ – الباروجراف.



البارومتر العادي (الزئبقي) وفكرة عمله

ويقاس بالبارومتر الزئبقي عن طريق الانبوبة التي طولها متر مدرجة بالسنتيمترات أو البوصات , فإذا ارتفع الضغط ارتفع عمود الزئبق والعكس ويعادل ٧٦سم أو ٢٩,٩٢بوصة أي ما يساوي ١٠١٣,٣ملليبار .

أما البارومتر المعدني فجدران الغرفة المعدنية مطاطية تتمدد وتنكمش بحسب ارتفاع الضغط فتحرك المؤشر على القرص الدائري المدرج وتعطي القيمة .

ويتم التسجيل بالباروجراف الذي يتكون من صندوق وفي الجانب الأيمن قائم يرتكز على رقائق مطاطية ترتفع وتنخفض حسب الضغط فتحرك الزراع المثبت أعلاه والمنتهى إلى اسطوانه مثبت عليها ورق رسم بياني لتسجيل ارتفاع أو انخفاض الضغط.

ويتم توصيل نقاط الضغط المتساوية ببعضها عن طريق خطوط تسمى بالايزوبار Isobar أو خطوط الضغط المتساوية بفاصل يتراوح بين ٢-٥ ملليبار .

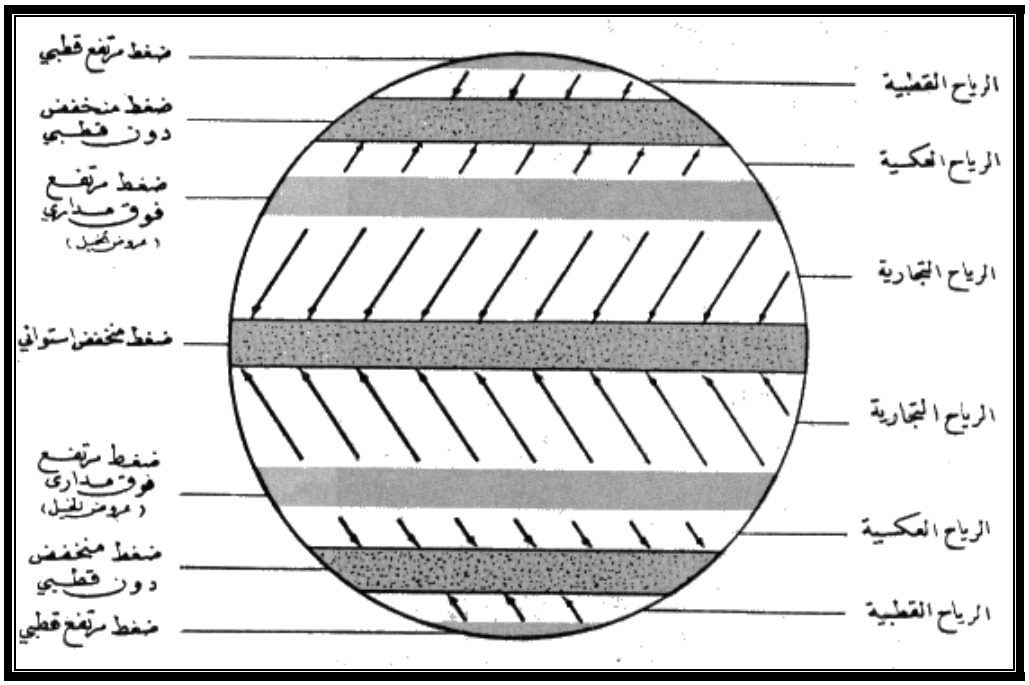
ونظرًا لاختلاف حالة الضغط الجوي على سطح الكرة الأرضية بالنسبة للحرارة والرطوبة، فقد أمكن تقسيم سطح الأرض إلى مناطق ذات ضغط منخفض وأخرى ذات ضغط مرتفع.

١ – منطقة ضغط منخفض على جانبي خط الاستواء لشدة الحرارة وكثرة الأبخرة وتصاعد الهواء إلى الطبقات العليا.

٢– منطقتا ضغط مرتفع حول خطي عرض ٣٠° شمالاً وجنوبًا لقلة بخار الماء بهما، ولأن الهواء بهما هابط من أعلى إلى أسفل، والهواء الهابط يكون عادة أثقل من الهواء الصاعد.

٣ – منطقتا ضغط منخفض حول خطي عرض ٦٠°شمالاً وجنوبًا لتصاعد الهواء وكثرة الأبخرة بهما

٤ – منطقتا ضغط مرتفع عند القطبين لشدة البرودة وقلة الأبخرة وهبوط الهواء بهما.



مناطق الضغط العامة والرياح السائدة في كل منها

أهمية الضغط الجوي:

يعد الضغط الجوي من عناصر المناخ المهمة والذي يرتبط بها ارتباطاً وثيقاً على النحو التالي :

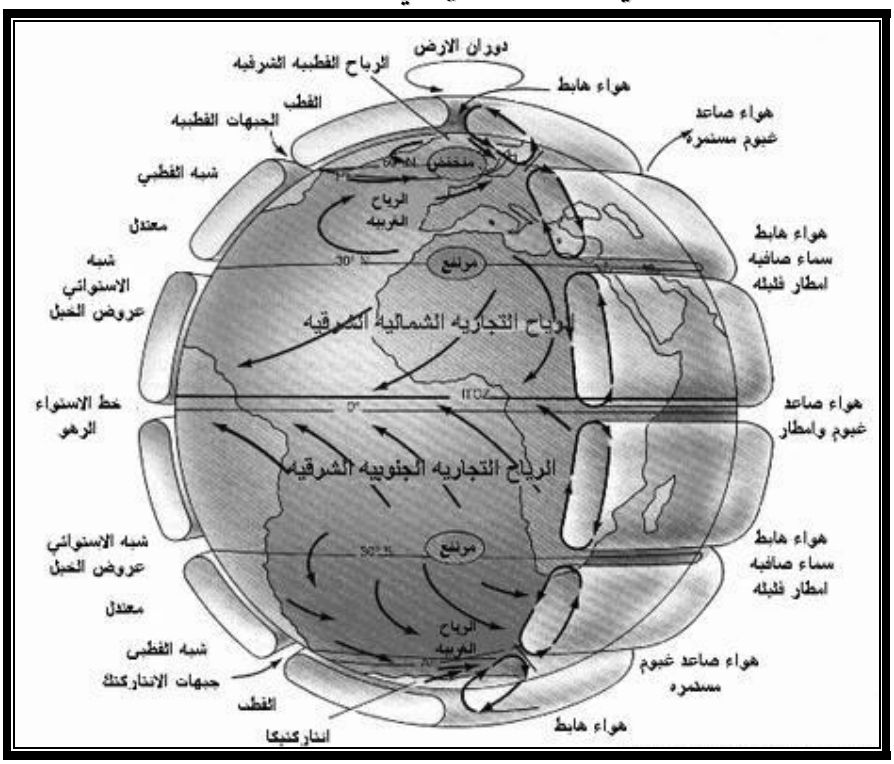
١- يعد السبب الرئيس في الحركة الأفقية (الرياح) بكل أنواعها , وكذلك الحركة الرأسية (الصاعدة والهابطة) بين سطح الأرض وأعلى الغلاف الجوي .

٢- يحدد سرعة وشدة الرياح واتجاهاتها بحسب تدرج الضغط وخطوطه المتساوية إذا ما كانت قريبة أم متباعدة

٣- يسبب التغير غير المنتظم للضغط سواء كان تغير ديناميكي أم تغير حراري , ففي الحالة الأولى تحدث تيارات رأسية صاعدة واخرى هابطة تسبب وجود مناطق الضغط المرتفع والمنخفض , والحالة الثانية يحدث تغير حراري وانتقال كتل هوائية ذات خواص مختلفة عن الموجودة أصلاً تختلف في كثافتها ورطوبتها ودرجة حرارتها .

٤- تسبب الانخفاضات الجوية تغيرات في الطقس أثناء مرورها على أي منطقة وتحدث ظاهرات طقسية متعددة مثل المطر , والبرق والرعد وسقوط البرد والثلج وتغير الحرارة .

٥- تحدث الارتفاعات الجوية انقلاب حراري في طبقات الجو العليا.



مناطق الضغط العامة وطبيعة الطقس والمناخ المرتبط بكل منها

العوامل المؤثرة في الضغط الجوي :

هناك عدة عوامل تؤثر في الضغط الجوي كل منها نسب مختلفة وهي :

١- درجة الحرارة :

هناك علاقة عكسية بينهما فإذا ارتفعت الحرارة انخفض الضغط حيث يتمدد الهواء ويتخلل وتقل كثافته وينخفض ضغطه كما في المنطقة الاستوائية والعكس في المناطق القطبية حيث الضغط المرتفع.

٢- نسبة بخار الماء في الجو :

إذا ارتفعت درجة الحرارة زادت نسبة بخار الماء وبالتالي ينخفض الضغط خاصة بالقرب من سطح الأرض أو المسطحات المائية والعكس.

٣- التيارات الرأسية الصاعدة والهابطة :

حيث تعمل الصاعدة على رفع الهواء لإعلى فيتكثف بخار الماء فيه نتيجة انخفاض درجة الحرارة , وتنتقل الحرارة الكامنة في ذرات بخار الماء إلى الهواء نتيجة تكاثفه فتقل برودته ويزداد ضغطه ويكون العكس عند سطح الأرض حيث يكون الضغط منخفض .

أما التيارات الهابطة لسطح الأرض فتجعل الهواء يبتعد عن مرحلة التشبع وتتبدد السحب ولا يسقط مطراً ويتكون ضغط مرتفع كما في منطقتي الضغط المنخفض الاستوائي والمرتفع المداري .

٤- الارتفاع عن منسوب سطح البحر:

تنخفض درجة الحرارة بالارتفاع نتيجة البعد عن سطح الأرض المصدر الرئيس للأشعة الحرارية وبالتالي يتخلخل الهواء وتتباعد جزيئاته وتقل الطاقة الناتجة منها وينخفض ضغطه بالإضافة على الفرق في درجات الحرارة بين الهواء عند سطح الأرض وأعلى الغلاف الجوي .

٥- توزيع اليابس والماء:

تختلف الحرارة على اسطح كل من اليابس والماء وبالتالي يختلف بينهما الضغط الجوي فيتكون الضغط المرتفع نهاراً وصيفاً على سطح الماء والمنخفض على اليابس ولذلك يحدث نسيم البر والبحر والرياح الموسمية على جنوب شرق آسيا.

* المرتفعات والمنخفضات الجوية :

تظهر خطوط الضغط المتساوية على الخرائط مكونه نوعين من مناطق الضغط هما : المرتفع والمنخفض :

١- الارتفاعات الجوية Anticyclones :

تحدث الارتفاعات الجوية نتيجة انخفاض درجات الحرارة وقلة حجم الهواء وزيادة كثافته وانخفاض نسبة بخار الماء فيهبط من أعلى لأسفل في شكل تيارات رأسية هابطة تكون أثقل من التيارات الرأسية الصاعدة لذلك يبرد الهواء الثقيل ويزداد ضغطه , وتدور الرياح حول مركز الضغط المرتفع , الذي يصل في بعض الأحيان إلى ١٠٣٦ ملليبار بحركة دائرية مع اتجاه عقارب الساعة في نصف الكرة الشمالي والعكس في النصف الجنوبي .

ومن أمثله الارتفاعات الجوية الضغط المرتفع المداري والأوزورى وعلى أوراسيا وروسيا وسيبيريا شتاء .

ويساعد في حدوث الارتفاعات الجوية العوامل التالية :

- انخفاض درجة الحرارة وبالتالي يقل حجمه وزيادة كثافته .
- حدوث التيارات الرأسية الهابطة المشبعة ببخار الماء إلى سطح الأرض حيث يكون وزنه أثقل من الهواء ويبتعد عن التشبع .

ويتميز عن الضغط المرتفع بعدة خواص هي :

١-١- تدرج خطوط الضغط المتساوية من الأصغر إلى الأكبر باتجاه المركز.

١-٢- تدور الرياح في شكل حلزوني حول المركز باتجاه عقارب الساعة في نصف الكرة الشمالي والعكس في النصف الجنوبي .

١-٣- تكون حالة الجو شبة مستقرة والسماء صافية .

١-٤- يحدث انقلاب حراري في طبقات الجو .

٢- الانخفاضات الجوية Cyclones :

تتكون بسبب ارتفاع درجات الحرارة وتمدد الهواء وصعوده في صورة تيارات رأسية وقلة كثافته أو الارتفاع عن منسوب سطح البحر وزيادة نسبة بخار الماء وتشبع الهواء فيؤدي إلى التكاثف وانخفاض درجة الحرارة وبالتالي تنتشر الحرارة الكامنة في ذرات بخار الماء إلى الهواء وتقلل من برودته فتحدث التيارات الرأسية والأفقية وتدور حول مركز الضغط المنخفض ضد اتجاه عقارب الساعة في نصف الكرة الشمالي والعكس في الجنوبي , أو تقابل الكتل الهوائية الباردة مع الكتل الهوائية الدفيئة المدارية فيما وراء المدارين .

وتحدث هذه الانخفاضات الجوية تغيرات طقسية نظراً لقوة انحدار الضغط فيها.

وقد سبق الحديث عن المنخفضات الجوية وأسباب حدوثها في معرض الحديث عن الضغط الجوي , ولكن الحديث هنا سوف يقتصر على الانخفضات التي تحدث فيما وراء المدارين حتى دائرة عرض ٦٥ °شمالاً وجنوباً وهي المناطق التي تتقابل فيها الكتل الهوائية الباردة والرياح القطبية مع الكتل المدارية الدفيئة والرياح الغربية فتتكون بينهما جبهات باردة ودفيئة ومختلطة تسبب تغيرات جوية وطقسية على المناطق التي تمر عليها من الغرب للشرق كما توضحها المراحل التالية :

أ- يتقابل كل من الكتلتين الهوائيتين وتكونان معاً جبهة مختلطة .

ب- يدفع الهواء الدفئ البارد إلى أعلى ويحاول الهواء تطويق الدفئ وتتكون جبهتان الأمامية دفيئة والخلفية باردة ويكون المنخفض في أشد حالاته وتحدث تقلبات جوية وتغيرات طقسية مصاحبة من رياح شديدة وضباب وسحاب مزن ركامى وسقوط أمطار

من أسباب تكون المنخفض الجوي الآتي :

٢-١- ارتفاع درجة حرارة الهواء وبالتالي يتمدد وتقل كثافته .

٢-٢- الارتفاع عن منسوب سطح البحر يقلل الضغط .

٢-٣-ارتفاع الهواء الساخن لإعلى .

٢-٤- ينخفض الضغط إذا زادت نسبة بخار الماء في الجو .

خصائص المنخفض الجوي :

٢-٢- تتدرج خطوط الضغط المتساوية من الأكبر للأصغر باتجاه المركز .

٢-٣- تنجذب الرياح في شكل حلزوني ناحية المركز باتجاه يكون عكس عقارب الساعة في نصف الكرة الشمالي والعكس في الجنوبي .

٢-٤- يصاحبة غالباً طقس غير مستقر .

ويمكن معرفة مناطق الضغط المرتفع والمنخفض , حيث يرمز لهما بالموجب والسالب أو H و L أو حرفي "ع"و " ن" ومن خلال تقارب أو تباعد الخطوط يمكن معرفة معدل تغير الضغط ما إذا كان قوياً فالخطوط متقاربة ويصاحبها رياح سريعة أو متباعدة فالتغير يكون ضعيفاً والرياح قليلة السرعة وما بينهما فالرياح تكون متوسطة .

* التوزيع الأفقي والرأسي للضغط الجوي :

-التوزيع الأفقي:

اتفق العلماء على توزيع مناطق الضغط الرئيسية والدائمة على سطح الكرة الأرضية مرتفعة ومنخفضة وهي توزيعات غير ثابتة بل تتزحزح في حدود عشرة درجات عرضية شمالاً وجنوباً مع حركة الشمس الظاهرية وهذه المناطق تتعدد أسباب وجودها ويمكن تحديدها على النحو التالي :

١- منطقة الضغط المنخفض الاستوائي :-

بين صفر°- ١٥ ° شمالاً وجنوباً والسبب في وجودها التسخين والتمدد والرطوبة وتخلل الهواء وقله كثافته والتيارات الرأسية الصاعدة .

٢- منطقتا الضغط المرتفع فيما وراء المدارين :-

بين ٢٥ °- ٣٥ ° شمالاً وجنوباً , والسبب في وجودهما التيارات الرأسية الهابطة , حيث تسبب انضغاط الهواء وحدوث طاقة ذاتية والحرارة الديناميكية .

٣- منطقتا الضغط المنخفض دون الدائرتين :

بين ٤٥ °-٦٥ ° شمالاً وجنوباً وذلك بسبب تقابل التيارات الأفقية القطبية الباردة والدفيئة المدارية وحدوث تيارات رأسية صاعدة التي تسبب حدوث عدم استقرار في الطقس في العروض المعتدلة .

٤- منطقتا الضغط المرتفع القطبيتين :

وتحدث بسبب التيارات الرأسية الهابطة وانخفاض درجة الحرارة وجفاف الهواء .

التوزيع الرأسي :

ينخفض الضغط الجوي كلما ارتفعنا لأعلى حيث يكون التدرج بالانخفاض في طبقة التربوسفير ويزداد انخفاضاً عندما نصل إلى طبقة التربوبوز ثم ينعدم بعد ذلك في طبقة الستراتوسفير.

- التوزيع الجغرافي لمناطق الضغط الجوي على سطح الأرض :

يختلف توزيع الضغط الجوي على كل من اليابس والماء صيفاً وشتاء وتتمثل أحوال الضغط الجوي في شهري يوليو ويناير في:

١- في شهر يوليو :

تتعامد الشمس على مدار السرطان فتصبح درجة الحرارة مرتفعة في نصف الكرة الشمالي واليابس أكثر منه في الجنوبي وعلى سطح الماء وتتكون مجموعة من مناطق الضغط المرتفع والمنخفض هي :-

أ- منطقة الضغط المرتفع شرق المحيط الهادي الشمالي .

ب- منطقة الضغط المرتفع على الاطلنطي الشمالي .

جـ- مناطق الضغط المرتفع في نصف الكرة الجنوبي بين صفر°- ٤٠ ° جنوباً

د- الضغط المنخفض على يابس آسيا .

هـ- المنخفض الايسلندى .

و- المنخفض على سطح الجزر الكندية شمال أمريكا الشمالية .

٢- في شهر يناير :

تتعامد الشمس على مدار الجدي فيكون نصف الكرة الجنوبي مرتفع الحرارة عن الشمالي ومناطق الضغط على النحو التالي:

أ- المرتفع الآسيوي لبرودة اليابس .

ب- المرتفع الأزورى غرب الأطلنطي ووسط أمريكا الشمالية .

جـ- المرتفع على المسطحات المائية عند المحيطات الثلاثة جنوب خط الاستواء (الهندي والهادي والأطلنطي) .

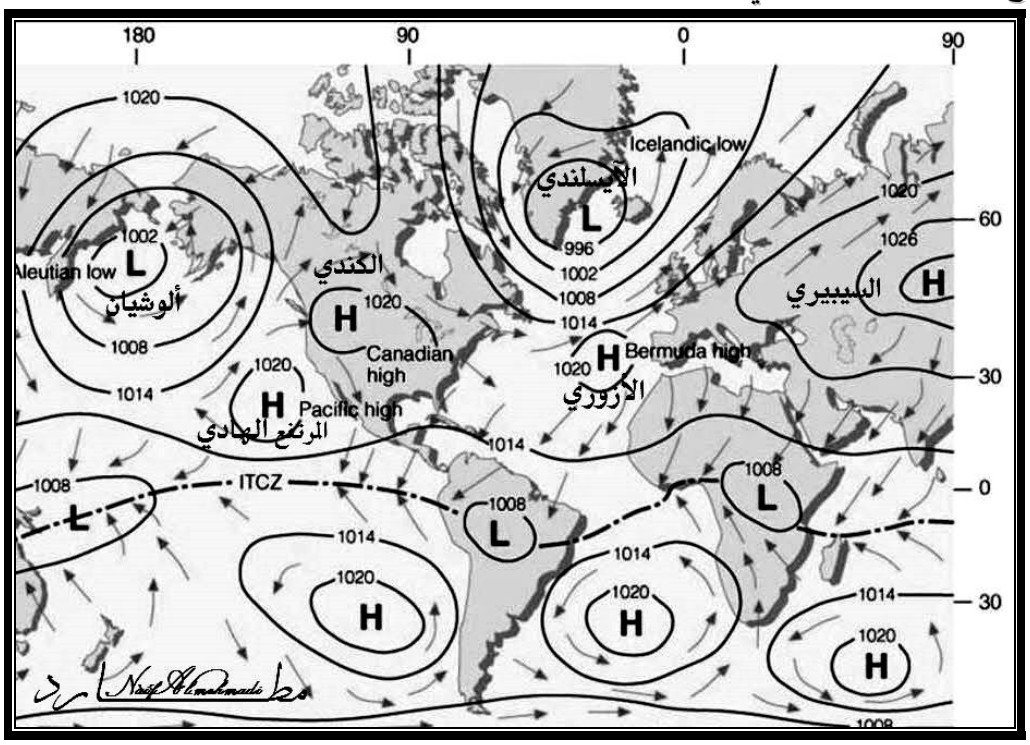
د- المنخفض الأيسلندي ويشمل جرينلند .

هـ- المنخفض فوق الهادي الشمالي .

و- المنخفض الاستوائي فوق يابس أفريقيا جنوباً .

ز- المنخفض الاستوائي الجنوبي لأمريكا الجنوبية .

ح- المنخفض الاستوائي فوق جزر الهند الشرقية وشمال استراليا .



التوزيع الجغرافي لمناطق الضغط الجوي الرئيسية على سطح الأرض

رابعاً: الرياح والكتل الهوائية والجبهات:

تهب الرياح بمشيئة الله وإرادته وتتحرك بقدرته سبحانه وهي تيارات هوائية تتحرك مندفعة من جهة إلى أخرى فوق سطح الكرة الأرضية، لوجود مناطق ذات ضغط مرتفع بجواري مناطق ذات ضغط منخفض، فالهواء الموجود فوق مناطق الضغط المرتفع يكون ثقيل الوزن بينما الهواء الموجود فوق مناطق الضغط المنخفض يكون خفيف الوزن. لذلك يتحرك الهواء الثقيل الوزن من منطقة الضغط المرتفع نحو منطقة الضغط المنخفض ليملأها حتى يتساوى الضغط في المنطقتين، ولو كان الضغط الجوي متساويًا على جميع جهات الكرة الأرضية لما تحرك الهواء ولبقي ساكناً في مكانه. ويمكن تشبيه حركة الرياح من مناطق الضغط المرتفع إلى مناطق الضغط المنخفض بانسياب الماء تلقائيًّا من المرتفعات إلى المنخفضات لكي يحصل التوازن في المستوى.

ويمكن قياس سرعة الرياح بواسطة جهاز الانيموميتر Anemometer , وهي عبارة عن المسافة التي تقطعها بين نقطتين في فترة زمنية محددة وغالباً ما تكون بالكيلومتر/الساعة أو عقده/الساعة ويرمز لها برموز معينة على خرائط الطقس كالريشة أو نصفها أو المثلث الذي يمثل سرعة قدرها ٤٨-٥٢ عقدة/الساعة.

وتحدد سرعتها من خلال مقياس بوفورت Beaufort ١٨٠٥م من حالة السكون صفر-١٢ وهي الاعصارية العنيفة.

ويتم تحديد اتجاه هبوب الرياح بواسطة دوارة الرياح Wind vane من جهة القدوم نسبة إلى الشمال الجغرافي وتسمى الرياح باسم الجهة التي تأتي منها.

- أنواع الرياح :

تختلف أنواع الرياح على حسب سرعتها وقوتها وتغيراتها ومكانها وموقعها وموضعها وفترتها الزمنية وتوزيعها الجغرافي.

ويتم التفاعل بين الكتل الهوائية في مراكز الضغط المرتفع والمنخفض ونتيجة إلى التداخلات والاختلافات بين الحركة الأفقية على سطح الأرض والحركة الرأسية بين

سطح الأرض وأعلى طبقة التربوسفير تحدد سرعة واتجاهات وقوة وأنواع الرياح على سطح الكرة الأرضية وحدوث الدورة العامة للرياح حول الكرة الأرضية .

وتقسم الرياح على هذه الأسس المختلفة إلى :-

١- الدائمة القطبية والعكسية والتجارية .

٢- الموسمية الصيفية والشتوية .

٣- الإقليمية والمحلية الصيفية والشتوية الحارة والباردة .

٤- اليومية القارية والبحرية .

١- الرياح الدائمة :

وهي ثلاثة أنواع وتهب طول العام بانتظام , حيث ترتبط بالدورة العامة للرياح على سطح الكرة الأرضية وعلى أسس ميكانيكية حيث تتقابل رياح وكتل هوائية مختلفة الخواص والمترتبة أصلاً على اختلافات عناصر المناخ من حرارة وضغط ورطوبة وليس كما اعتقد روسبى Rossby حيث فسرها على أساس حراري فقط فيما بين دوائر العرض المختلفة .

وأن هذه الدورة الفعلية للرياح ترتبط بالتوزيع الجغرافي لمناطق الضغط المرتفع والمنخفض على سطح الأرض والخلايا الثلاث بين سطح الأرض والتيارات الأفقية العليا الموازية لسطح الأرض في طبقة التربوسفير .

١-١- الرياح القطبية :

تهب من منطقتا الضغط المرتفع عند القطبين باتجاه منطقتا المنخفض عند الدائرتين وأهم خواصها :-

- شمالية باتجاهاتها الثلاث في نصف الكرة الشمالي وجنوبية في النصف الجنوبي .
- رياح قارسة البرودة جافة لا تسقط مطراً .
- تحدث تغيرات في طقس المناطق التي تهب عليها .
- البيانات عنها قليلة نظراً لقلة البيانات المتيرولوجية ومحطات الأرصاد الجوية .

٢-١- الرياح العكسية أو الغربية :-

أ- تهب من منطقتا الضغط المرتفع المداري فيما وراء المدارين إلى منطقتا الضغط المنخفض عند الدائرتين .

ب- مصدرها مناطق ذات درجات حرارة أعلى إلى مناطق أقل في درجات الحرارة لذلك تسقط مطراً لان بخار الماء يبرد ويتكاثف .

جـ- تأخذ اتجاهاً جنوبياً غربياً في نصف الكرة الشمالي , وشمالياً غربياً في نصف الكرة الجنوبي .

د- شبه منتظمة الاتجاه في نصف الكرة الشمالي ومتغيرة الاتجاهات في النصف الجنوبي لضيق اليابس واتساع مساحة الماء .

هـ- يتكون في نفس العروض التي تهب عليها انخفاضات جوية شتوية على حوض البحر المتوسط .

و- سرعتها بين ١٧-٢٧ عقدة/ الساعة .

ز- يكون اتجاهها غربياً جنوب دائرة عرض ٤٠ ° جنوباً لعدم وجود يابس وتكون شديدة السرعة وتزداد سرعتها كلما اتجهنا جنوباً , وتسمى بحسب دوائر العرض التي تمر عليها بالاربعينات والخمسينات والستينات .

٣-١- التجارية :

أ- تهب من منطقتا الضغط المرتفع المداري إلى منطقة الضغط المنخفض الاستوائي.

ب- يكون اتجاهها شمالياً شرقياً في نصف الكرة الشمالي وجنوبياً شرقياً في نصف الكرة الجنوبي .

جـ- تسقط امطاراً شرق القارات أو تزيد في منطقة الركود الاستوائي ولكن بسبب العواصف والزوابع الرعدية .

د- أكثرها دواماً وانتظاماً من النوعين السابقين لإن المناطق التي تهب عليها متشابهة في خواصها وإن كانت تختلف على كل من اليابس والماء والمحيطين الهادي والأطلسي .

هـ- لا تهب على كل من شمال الهندي وبحر الصين نظراً لسيادة الرياح الموسمية عليها في هاتيين المنطقتين .

و- متوسط سرعتها ١٠-١٢ عقدة/ الساعة .

٢- الرياح الموسمية :-

تهب الرياح الموسمية في فصلي الشتاء والصيف بين دائرتي عرض

٢٠ °-٤٠ ° شمالاً وجنوباً نظراً لأنها أكثر جهات مناطق الكرة الأرضية اختلافاً في درجات الحرارة بين هذين الفصلين خاصة فوق سطح اليابس والماء ووجود مناطق من الضغط المنخفض فوق سطح اليابس صفياً والمرتفع على المسطحات المائية من نفس الفصل والعكس شتاء , لذلك تحدث الرياح فيما بينهما مناطق نشاطها واتجاهاتها.

٢-١- جنوب وشرق آسيا وخليج البنغال وشمال البحر العربي وتكون جنوبية غربية من الماء لليابس ممطرة بين شهري مايو وأكتوبر وشتاء شمالية شرقية من اليابس للماء جافة بين شهري نوفمبر وأبريل .

٢-٢- شمال شرق أمريكا الجنوبية بين شهري نوفمبر وأبريل .

٢-٣- غينيا الجديدة وجزر استراليا وتكون شمالية غربية بين شهري نوفمبر وأبريل.

وتهب على نفس عروض الرياح التجارية الدائمة ونفس اتجاهاتها وعندما تتغلب عليها تصبح هي السائدة .

وتسقط امطاراً غزيرة على جنوب شرق آسيا تسبب فيضانات مدمرة لأنها تعاصر موسم ذوبان الثلوج من جبال آسيا وتغذى الأنهار , أما شتاء ذات أمطار قليلة أو نادرة .

٣- الرياح المحلية أو الاقليمية :

ترتبط هذه الرياح بالانخفاضات الجوية العميقة والارتفاعات الجوية وكل منهما يعتمد على خصائص السطح الذي يتكون عليه حيث الحرارة والرطوبة فوق المناطق المدارية , والحرارة والجفاف فوق الصحراوية والبرودة والجفاف عند القطبية , لذلك يتحرك الهواء الساخن من الجنوب للشمال والبارد من الشمال للجنوب في نصف الكرة الشمالي والعكس في نصف الكرة الجنوبي , فتكون الرياح الحارة عند مقدمة المنخفضات الجوية والباردة عند مؤخرتها .

التوزيع الجغرافي للرياح المحلية :

٣-١- منطقة حوض البحر المتوسط (شمال أفريقيا وجنوب أوربا).

٣-٢- منطقة وسط جبال الروكى وجبال الألب بأوربا .

٣-٣- شبة الجزيرة العربية وبلاد الشام .

٣-٤- نطاق ساحل غانا بأفريقيا .

٣-٥- السودان ووسط أفريقيا .

٣-٦- جنوب شرق استراليا .

أولاً : الرياح الحارة :

٣-١- حوض المتوسط شمال أفريقيا :

تحدث بسبب الانخفاضات الجوية المتوسطية حيث يجذب الرياح الحارة من المرتفعات الصحراوية الأفريقية الحارة وهي من الشرق للغرب :-

أ- الخماسين : تهب على مصر بين شهري فبراير ويونيو وسرعتها بين ٣٠-٥٠ عقدة تضر بالإنسان والنبات .

ب- القبلي : تكون على الجماهيرية الليبية في نفس فترة الخماسين .

جـ- السيروكو : على تونس والجزائر في فصلي الشتاء والربيع وتصل إلى جنوب أوربا.

د- السولانو : تشمل الجزائر والمغرب وتعبر المتوسط حتى حوض نهر الأندلس .

هـ- السموم : تكون على بلاد الشام في فصل الربيع .

٣-٢- منطقة وسط جبال الروكي بأمريكا الشمالية وجبال الألب بأوربا :

تختلف هذه الرياح المحلية عن النوع السابق حيث إنها تتكون بسبب اختلاف الطبوغرافية من جبال مرتفعة وسهول مجاورة وما يتكون عليها من مناطق ضغط مرتفع ومنخفض ومن ضمن أسباب نشأتها :-

أ- انخفاض درجات الحرارة بالارتفاع لأعلى المناطق الجبلية .

ب- وجود كمية من بخار الماء في الجانب المواجهة للرياح لذلك يبرد ويتكثف وتسقط الأمطار.

جـ- يبدأ في الهبوط من الجانب الآخر وتزيد درجة حرارته عند إقدام سفوح الجبال بسبب الاحتكاك ويصبح أكثر جفافاً .

تسمى الرياح الصاعدة فوهن Foehn والهابطة Stau ومن أمثلتها رياح مرتفعات سويسرا وجبال الألب الوسطى شمال ايطاليا من الجانب الجنوبي حيث تسقط مطراً ومن الجانب الشمالي تكون جافة وتزيد حرارتها عن الجنوبي ١٥ ° مئوية , وفي وسط جبال الروكى تسقط مطراً ومن من الجانب الغربي وتعبر مرتفعات بيج بلت وبيج هورن وتزيد درجة حرارتها ٨ ° مئوية عن الغربية .

٣-٣- شبة الجزيرة العربية وبلاد الشام :

تهب على شبة الجزيرة العربية مجموعة مختلفة من الرياح المحلية الحارة الجافة المتربة نظراً لطبيعة سطح الأرض والتكوينات الرملية والظروف المناخية الصحراوية .

وتكون غالباً بين شهري فبراير ومايو بأسماء ومسميات مختلفة , والسبب فيها المنخفضات الجوية الشمالية والجنوبية على أطراف المناخ الصحراوي لشبة الجزيرة العربية , سواء المنخفضات المعتدلة الشمالية أو الانخفاضات الناتجة عن تقابل الرياح التجارية الشمالية الشرقية والرياح المدارية أو العكسية الجنوبية الغربية ومن أشهر اسمائها المحلية السموم , والكوز والصبا والمدابرة أو الدبور ومن أهم خواصها :-

أ- تزيد من ارتفاع درجات الحرارة والجفاف والأتربة الكثيفة .

ب- تسبب أمراض الحساسية الصدرية والجلدية والتهاب الجيوب الانفية والقصبة الهوائية والسعال وأمراض العيون .

جـ- تدنى الرؤية والحوادث المرورية وإغلاق المطارات أمام الملاحة الجوية .

د- تتلف المحاصيل الزراعية خاصة الخضروات والفاكهة والحبوب .

هـ- ليس لها اتجاهاً محدداً فهي تتغير بحسب موقع الانخفاضات الجوية في الاتجاهات الأصلية والفرعية , ولكن السيادة تكون للجنوبية باتجاهاتها الثلاث .

٣-٤- نطاق ساحل غانا بأفريقيا :

تهب رياح الهرمتان بين شهري أبريل ومايو وتشبه رياح شمال أفريقيا في الحرارة والأتربة , وسبب نشأتها تقابل الرياح التجارية الشمالية الشرقية الجافة الصحراوية

والرياح التجارية الجنوبية الشرقية الرطبة من خليج غانا فتكون انخفاضات جوية عند تقابلها عند خط الساحل .

٣-٥- السودان ووسط أفريقيا :-

الهبوب : تحدث هذه الرياح بسبب الانخفاضات والارتفاعات الجوية الأفقية المختلفة المحلية على سطح الأرض وكذلك الرأسية في هذه المناطق الحارة عندما تتعامد الشمس على مدار السرطان في شهور مايو حتى يوليو , نظراً لسخونة الهواء على السطح وحدوث تيارات رأسية فيحدث ظواهر طقسية وجوية مغايرة تؤدي إلى هبوب الزوابع الرملية والتربية الرأسية والأفقية الحارة وتسبب اضرار على المناطق الزراعية والحضرية والسطان وجلب كميات من الاطنان الرملية .

٣-٦- جنوب وشرق استراليا :

تحدث رياح جنوب شرق استراليا حارة جافة متربة في فصلي الشتاء والربيع في نصف الكرة الجنوبي عندما تتعامد الشمس على مدار السرطان وخط الاستواء وتسمى رياح البركفيلدرز وتأتي من الصحراء الاسترالية نتيجة جذب الانخفضات الجوية على الساحل الشرقي الاسترالي ويكون اتجاه الرياح شمالياً غربياً أو غربياً .

ثانياً: الرياح الباردة :-

تهب على جنوب أوربا رياح باردة في نهاية فصل الشتاء وبداية فصل الربيع وتعمل على خفض درجات الحرارة على المناطق الهابة عليها خاصة وأن مصدرها المرتفعات الجوية من شمال أوربا وتسبب أضرار مادية في المزروعات وعلى الإنسان ومن أمثلة هذه الرياح :-

- المسترال على وسط وجنوب فرنسا وساحلها المتوسطى وخاصة في حوض الرون وتبلغ سرعتها بين ٥٠-٧٠ عقدة , وتكون السبب في حدوث أواج عاصفة تؤثر على حركة الملاحة البحرية .

- اليورا وهي شديدة البرودة وتهب على شمال بحر الادرياتيك من وسط أوربا وسرعتها بين ٤٠-٦٠ عقدة وتسقط أمطاراً وثلوج على المناطق الهابة عليها .

٤- الرياح اليومية :

تحدث الرياح اليومية بسبب الاختلافات الثانوية في درجات الحرارة وهي عبارة عن نوعين :

٤-١- نسيم البر والبحر

٤-٢- نسيم الوادي والجبل

٤-١- نسيم البر والبحر:-

تختلف درجات حرارة كل من اليابس والماء المتجاورين نتيجة اختلاف كل منهما في خواصه مما يترتب عليه أن الماء يكسب الحرارة ببطئ ويفقدها ببطئ عكس اليابس , ولذلك يتكون فوق كل منهما ضغط مرتفع أثناء النهار على الماء ومنخفض على اليابس فيتحرك نسيم البحر من المرتفع إلى المنخفض على اليابس ويحدث العكس أثناء الليل .

٤-٢- نسيم الوادي والجبل :-

يحدث بسبب الاختلافات في درجة الحرارة بين قمم الجبال وسفوحها وحضيضها خاصة المغطاة بالثلوج ففي أثناء النهار ترتفع درجة الحرارة في بطن الوادي فيسخن الهواء ويتمدد ويصعد لأعلى , أما ليلاً فبرودة الهواء وزيادة كثافته تجعله يهبط إلى قاع الوادي في صورة رياح هابطة هي نسيم الجبل ويحدث أحياناً انقلاب حراري .

انحراف الرياح :

لو كانت الأرض ثابتة لهبت الرياح مباشرة وفي خط مستقيم من مناطق الضغط المرتفع إلى مناطق الضغط المنخفض إلاَّ أنه بسبب دوران الأرض حول نفسها من الغرب إلى الشرق فإن الرياح أثناء هبوبها من منطقة إلى أخرى من مناطق الضغط تنحرف إلى يمين اتجاهها في نصف الكرة الشمالي، وإلى يسار اتجاهها في نصف الكرة الجنوبي، وسبب ذلك كما ذكرنا هو دوران الأرض حول محورها من الغرب إلى الشرق وانتقال الرياح من جهة أبطأ حركة إلى جهة أسرع منها حركة .ومثال ذلك الرياح التي تهب نحو خط الاستواء فإنها تنتقل من جهات بطيئة الحركة إلى أخرى

سريعة تسبقها في حركتها نحو الشرق وذلك لأن دوران الأرض عند خط الاستواء أسرع.

أهمية الرياح :

تتمثل الجوانب العلمية لأهمية الرياح في:

١- تجدد الهواء وتغير تركيب نسبه حيث تنقل الملوثات أو الرماد البركاني , وثاني أكسيد الكربون , والأكسجين والنيتروجين .

٢- تغير درجات الحرارة من باردة لساخنة والعكس .

٣- تعمل على امتلاء مناطق الضغط المنخفض من المرتفع .

٤- زيادة نسبة التبخر من المسطحات المائية وكذلك رطوبة الجو .

٥- تقل السحاب من فوق سطح الماء لليابس وتحمل الأمطار .

٦- تقوم بعمليات التجوية والتعرية وتكون ظواهر مورفولوجية تحاتية وارسابية خاصة في المناطق الصحراوية .

٧- تكون تربات رسوبية حيث تنقل حبيباتها من المناطق الجبلية إلى السهلية . وفي ذات الوقت تقوم بتعرية التربة .

٨- تعمل على حدوث حركة تقليب لمياه البحار والمحيطات عن طريق الأمواج والتيارات البحرية ونقل الكائنات البحرية الغذائية للأسماك وتغير خواص المياه الطبيعية والكيميائية .

٩- تؤثر في النبات على سطح الكرة الأرضية سواء الفطرية أو المزروعة ولها تأثير إيجابي حيث تنقل حبوب اللقاح وانتشار البذور والثمار وحدوث عملية التأبير وتأثير آخر سلبي , حيث تتلف وتدمر وتخرب المحاصيل عن طريق التكسير أو اقتلاع أو رقود النباتات خاصة إذا كانت تحمل معها حبيبات رمال أو برد أو مطر أو ثلج .

١٠- تؤثر في العمليات العسكرية سواء في الرؤيا أو سير المركبات أو هبوط وإقلاع الطائرات وعدم تحديد الأهداف وانحرافها عن أهدافها في الجو العاصف .

١١- تعد الرياح من العناصر المهمة بالنسبة لبقية عناصر المناخ والأغلفة الأرضية (المائي والصخري والحيوي) .

- العوامل المؤثرة في الرياح :

هناك عده عوامل تؤثر في الرياح هي:

١- الضغط الجوي :

يتحكم في حركتها وإتجاهتها وكذلك قوة معدل تغير الضغط حيث يحدد سرعتها.

٢- التضاريس :

إن اختلاف طبوغرافية سطح الأرض بين ارتفاعات وانخفاضات وانحدارات وأرض مستوية , واختلافات في الاتجاهات الأربعة للتضاريس يجعلها تختلف في استقبال الإشعاع الشمسي وبالتالي الحرارة والضغط ونسبة الرطوبة وبالتالي التساقط وكميته والرياح في سرعتها وقوتها واتجاهتها , فعندما تصدم الرياح بالمناطق الجبلية المواجهة ترتفع لأعلى وتبرد وتسقط مطراً وتعبر الجانب الآخر فتزيد درجة الحرارة وتصبح الرياح أكثر جفافاً كما في سلاسل جبال بلاد الشام غربها وشرقها وسلاسل جبال الأمريكتين والهيمالايا والأكب الأوربية باتجاهاتها المختلفة فتحجز الرياح أو تسقط مطراً على أحد الجانبين .

٣- توزيع اليابس والماء:

حيث يتحكم في الممطرة والجافة, وغالباً إذا كانت الرياح تهب من فوق مسطحات مائية تكون ممطرة كالجنوبية الغربية الموسمية على جنوب شرق آسيا , أما إذا كانت تهب من فوق اليابس فتكون غالباً جافة كالرياح التجارية .

٤- قوة الانحراف حيث تنحرف إلى يمين اتجاهها في نصف الكرة الشمالي وإلى يسار اتجاهها في نصف الكرة الجنوبي .

٥- قوة الطرد المركزية والناتجة عن القصور الذاتي للمادة .

٦- قوة احتكاك الرياح بسطح الأرض وتصبح حرة بعيداً عن الاحتكاك بسطح الأرض بعد ارتفاع ١٠٠٠متر تقريباً, وخصوصاً أنها تكون محملة بذرات الغبار والرمال والدخان فتعاق حركتها , وتزيد سرعة الرياح بالارتفاع لأعلى فوق الأراضي السهلية ,

وتكون سرعتها ٢,٥متر/الثانية على ارتفاع نصف متر, و٢,٨,٣,٥,٤,٧ متر في الثانية على ارتفاعات ١, ٢, ١٦ متراً على الترتيب .

* الكتل الهوائية :

هي عبارة عن كتل هوائية ضخمة فوق سطح الأرض متجانسة في خواصها الطقسية وعناصرها المناخية .

وغالباً تتكون عند نطاقات الضغط المرتفع القطبي والمداري ونطاقات الزحزحه لهما إما على سطح الماء أو اليابس ولذلك تسمى أحياناً بالبحرية أو القارية أو الباردة والساخنة على حسب المنشأ الأصلي لها أو مستقرة وغير مستقرة .

وغالباً ما تكون مستقرة في بداية التكوين وبمجرد حركتها تصبح غير مستقرة لأنها تكتسب خواص السطح الذي تحركت عليه نتيجة حدوث التيارات الرأسية والأفقية, أو داخل الكتلة نفسها .

ويتكون عند التقاء الكتل الباردة والدفيئة ما يسمى بالجبهة والتي تعد عبارة عن سطح انفصال بين كتلتين مختلفتين في خواصهما الطقسية والمناخية .

والجبهات إما تكون باردة أو دفيئة أو مختلطة على النحو التالي :

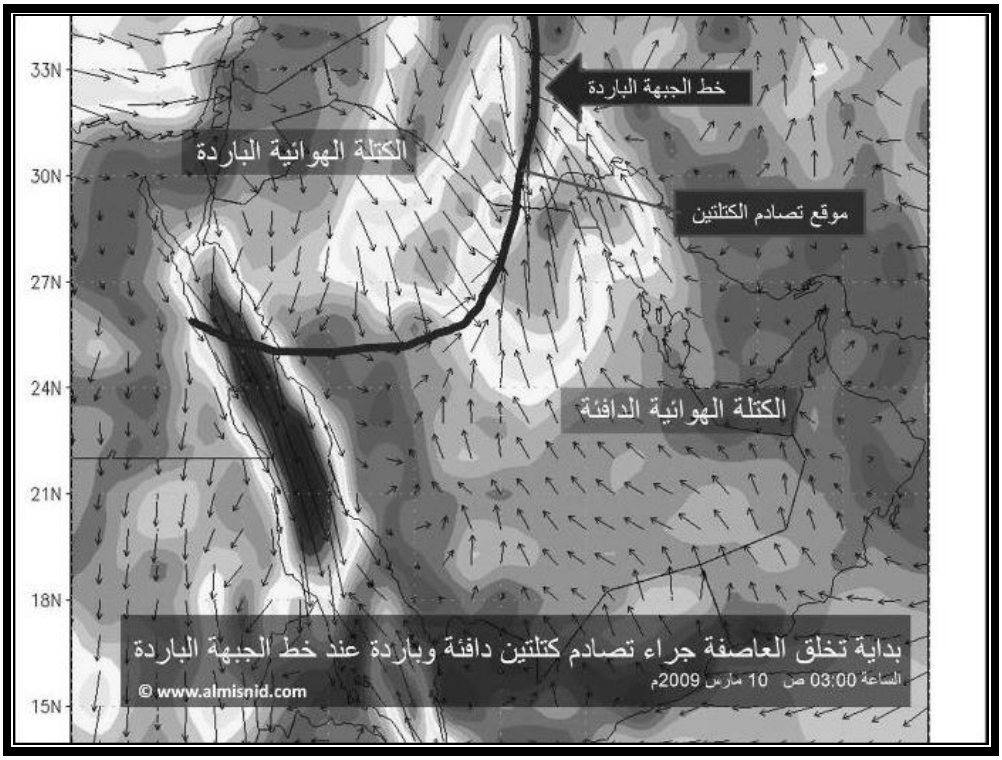
أ- الجبهة الباردة يتراوح اتساعها بين ١٠٠-١٥٠ كم وارتفاعها رأسياً خمسة كيلو مترات وتدفع الرياح القوية الباردة والشديدة الهواء الساخن أمامها في مقدمة الجبهة مع سحب المزن الركامى والسمحاق والركام الطبقي والتي تسقط أمطاراً غزيرة وبرد وثلج يصاحبها عواصف البرق والرعد وبعد مرورها تنخفض درجة الحرارة بشدة .

ب- الجبهة الدفيئة يكون اتساعها أكبر وتكون بين ٣٠٠-١٠٠٠ كم ورأسياً ستة كيلو مترات والرياح الدفيئة تدفع الباردة أمامها بقوة وتقل شدتها بعد مرور الجبهة الدفيئة وتزيد الحرارة ويحدث ضباب وتكون سحب السمحاق الطبقي والمزن الطبقي وتسقط أمطار وثلج .

جـ- الجبهة المختلطة تتكون من تيارات باردة تطوق الهواء الدفئ من جانبيه ويكون الترتيب على النحو التالي :-

الجانب الأيمن تيارات باردة – جبهة دفيئة – تيارات دفيئة – جبهة باردة – تيارات باردة من الجانب الأيسر , وهذا يعني أن هنالك جبهتين مختلفتين : الأولى مختلطة دفيئة والثانية مخلطة باردة يصاحبهما نفس الظواهر الجوية التي تتكون في كل من الجبهتين الباردة والدفيئة .

ونظراً لاختلاف خواص التيارات الرأسية والأفقية الباردة والدفيئة فيصاحبهما تغيرات طقسية حادة من تغير في درجات الحرارة ورياح متوسطة السرعة قبل مرور الجبهات وتزداد قوة انحدار الضغط ومعها سرعة الرياح ويصاحبهما حدوث برق ورعد وسقوط مطر وبرد وثلج من سحب المزن الركامى وتتحسن الأحوال الجوية والطقس بعد مرور هذه الجبهات .



الكتل والجبهات الهوائية

خامساً: التبخر والرطوبة:

هناك حكمة من المولى عز وجل أن جعل مساحة المسطحات المائية ثلثي اليابس , وإذا كان العكس هو الحاصل لماتت الناس عطشاً , ولا يكفي الماء العذب حاجة السكان.

١- التبخر:

ويحدث من المسطحات المائية ويكون بخار ماء غير مرئي يمثل نسبة من مجموع الغازات الجوية تزيد أو تقل بحسب عدة عوامل مختلفة وأيضاً تبعاً لظروف كل منطقة.

وهذه النسب تختلف أفقياً ورأسياً على سطح الكرة الأرضية بداية تسقط الأشعة الشمسية على سطح الأرض فيحدث التبخر من المسطحات المائية والغطاءات النباتية عن طريق النتح , إلى جانب الأبخرة البركانية والتربات المروية وتكون بداية الدورة المائية ويشكل بخار الماء أهمية في الغلاف الجوي , حيث إنه مصدر الرطوبة والتكاثف ويمتص الإشعاع الشمسي من الجو والموجات الطويلة في نطاق الأشعة تحت الحمراء.

ويعمل على انتشار الحرارة الكامنة في الجو ويقوم بحفظ درجة حرارة الهواء من التبدد في الفضاء.

٢- الرطوبة :

الرطوبة عبارة عن شكل من أشكال الماء في الغلاف الجوي يتمثل في بخار غير مرئي أو يسمى بالرطوبة النسبية وهناك عدة عوامل تؤثر في التبخر الذي ينتج عنه الرطوبة والتي بدروها تتأثر بهذه العوامل وهي :

أ- درجة الحرارة
ب- الرياح
جـ- الضغط الجوي
د- الارتفاع عن سطح البحر
هـ- التعرض
و- الغطاء النباتي
ز- نسبة الملوحة
ح- التيارات الرأسية
ط- زيادة نسبة بخار الماء
ى- دفئ الهواء

ك- النتح

هناك علاقة طردية بين كل من درجة الحرارة ومقدرة الهواء على حمل بخار الماء , لذلك تقل الرطوبة ليلاً وشتاء بسبب البرودة وتزيد عند خط الاستواء حيث تصل إلى ٨٠% نهاراً , ١٠٠% ليلاً وتقل عند القطبين لقلة البحر , وتزيد الرياح الجافة من نسبة الرطوبة وكذلك زيادة سرعتها .

والعلاقة عكسية بين كل من الضغط الجوي ونسبة الرطوبة , وتقل بالارتفاع عن منسوب سطح البحر , أما التعرض أي اتجاه سفوح المنحدرات الجبلية بالنسبة لأشعة الشمس فالمنحدرات الشمالية والشرقية أقل تعرضاً ودفئاً من المنحدرات الجنوبية والغربية لذا تقل نسبة الرطوبة بها وتزيد عنها في الشمالية والشرقية , ويعمل الغطاء النباتي على خفض درجة الحرارة والرياح وزيادة كمية بخار الماء عن طريق النتح ولذلك تزيد الرطوبة النسبية في الغابات الاستوائية وتقل في الصحارى الجرداء عن ١٠% وعندما ترتفع نسبة الملوحة في المياه تقلل من عمليات التبخر فالماء العذب تبخر بسرعة في نفس الظروف والتيارات الرأسية الصاعدة تزيد من نسبة التبخر والرطوبة , حيث تحمل بخار الماء أما الهابطة فتقلل منه كما يحدث عند النطاق الاستوائي المنخفض والقطبي المرتفع , وإذا زادت نسبة بخار الماء بالجو فتجعله غير قادر على حمل كميات أخرى ويصبح مشبعاً , أما إذا كان الهواء دفيئاً يجعله يحمل كميات بخار ماء أكثر من الهواء البارد , ويرتبط النتح بزيادة درجة الحرارة , حيث إن العلاقة طردية بين الحرارة ومعدل النتح الذي يزيد من نسبة بخار الماء في الجو .

وتقاس الرطوبة بجهاز السيكرومتر , وهو عبارة عن ثرمومترين أحدهما مبلل والآخر جاف , وتسجل نسبة رطوبة الجو بواسطة جهاز الهيجروجراف وهناك بعض المصطلحات الخاصة بالرطوبة يجب معرفتها وهي :-

- الرطوبة النسبية :

هي نسبة بخار الماء في الجو عند درجة حرارة معينة إلى أقصى ما يمكن حمله من بخار الماء في نفس درجة حرارته إذ تشبع .

- الرطوبة المطلقة :

هي مقدار وزن بخار الماء الفعلي بالجرامات الموجود في المتر المكعب من الهواء . ويقال مثلاً أن الرطوبة المطلقة ١٠جم/ متر٣.

- **الرطوبة النوعية :**

هي عبارة عن وزن بخار الماء الفعلي كنسبة ووحدة معينة من الهواء , أو وزن بخار الماء بالجرام في الكيلو جرام من الهواء .

فإذا كانت الرطوبة النوعية ٥جم / الكيلو جرام , فإن هذا يعني أن وزن بخار الماء ٥جم في كل كيلو جرام .

ويعد الهواء رطباً إذا زادت نسبة الرطوبة عن ٧٠% وجافاً لأقل من ٥٠% ومتوسط بين ٥٠-٧٠% .

سادساً: التكاثف وأشكاله:

التكاثف عبارة عن تحول بخار الماء من صورة غير مرئية إلى شكل مرئي نتيجة انخفاض درجات الحرارة على سطح الأرض أو الغلاف الجوي في وجود نويات ودقائق وذرات صلبة ترابية أو رملية أو كربونية أو غبارية أو دخان أو جزيئات ملحية من كلوريد الصديوم والماغنسيوم أو غازية تسمى نويات التكاثف , و يأخذ ثلاثة أشكال رئيسية هي :

١- شكل بخار ماء مرئي يتمثل في الضباب والسحاب .

٢- شكل سائل كقطرات الندى وحبيبات المطر .

٣- شكل صلب كالصقيع والبرد والثلج والجليد .

وهناك مجموعة من العوامل التي تؤدي إلى التكاثف هي :

١- وجود كمية بخار الماء بالجو .

٢- فقد سطح الأرض حرارته بالإشعاع أثناء الليل وبالتالي برودة الهواء الملامس له بسبب التوصيل الحراري وتكون الندى والصقيع والضباب .

٣- حدوث تيارات هوائية صاعدة وهابطة تؤدي إلى برودة الهواء وتشيعه وتكاثف بخار الماء .

٤- الرياح والتيارات البحرية من المناطق الدفيئة إلى الباردة فيؤدي ذلك إلى برودة بخار الماء وتكاثفه ويحدث العكس من المناطق الباردة إلى الدفيئة فيتبدد بخار الماء ويتشتت ولا يتكاثف .

٥- ألتقاء الكتل الهوائية الدفيئة والباردة وتكون جبهات مختلفة الخواص كما في المناطق المدارية والمعتدلة .

٦- انخفاض درجات الحرارة بالارتفاع لأعلى وبرودة الهواء .

٧- حدوث عدم استقرار في السحب بسبب التكاثف وسقوط الأمطار , فإذا كانت السحابة تتكون من بلورات ثلجية علوية وقطرات مائية سفلية أصبحت في حالة عدم اتزان كما في سحب المزن الركامي .

٨- اتجاه الرياح من الماء لليابس والعكس ومن الشمال للجنوب في نصف الكرة الشمالي والعكس في نصف الكرة الجنوبي .

وسوف نتحدث عن الأشكال الرئيسية للتكاثف حسب الترتيب المذكور سلفاً على النحو التالي :-

١- الضباب والسحاب:

١-١- الضباب :

عبارة عن بخار ماء مرئي في شكل ذرات من الماء بسبب برودة الهواء وتكثف بخار الماء على سطح الأرض أو بالقرب منه بلون رمادي ويتراوح ارتفاعه بين ٣- ٤٠٠م.

وتقل الرؤية بحسب كثافة ذرات الماء الموجودة وتصل أحياناً إلى أقل من خمسة أمتار عند الطرق الزراعية في الثلث الأخير من الليل والسبب الرئيس في تكونه برودة الهواء الدفئ.

وهناك عدة أنواع من الضباب بحسب نشأته وهي :

- ضباب التبخر : من المسطحات المائية والنبات وحدوث النتح .
- ضباب الإشعاع الحراري : حيث تفقد الأرض حرارتها ليلاً .
- ضباب البحر : أو التيارات البحرية حيث تلتقي التيارات البحرية الدفيئة

(تيار الخليج) والباردة (لبرادور) .

– ضباب الجيهات المختلفة الخواص الدفيئة في العروض المعتدلة والباردة

– ضباب الكتل الهوائية الحارة الرطبة ومرورها على مناطق قارسة البرودة شرق سواحل أمريكا الشمالية وغرب ساحل أوربا .

– ضباب المنطقة القطبية ومرور هواء قارس البرودة على سطح ماء دافئ عند السواحل الشمالية الشرقية والغربية للمحيط الهادي .

– ضباب المنحدرات الجبلية العليا وارتفاع الهواء الدافئ لأعلى فيبرد ويتكون الضباب.

– ضباب الضغط الجوي المرتفع والمنخفض على المستوى الأفقي لسطح الأرض وتقابلهما .

– ضباب متعدد النشأة فوق المدن والأراضي الزراعية أو المناطق الساحلية والقارية أو بسبب الرياح الدفيئة والباردة .

١-٢- السحاب

يعد شكل من صور بخار الماء المرئي تكثف بسبب انخفاض درجات الحرارة ووصولها إلى ما دون نقطة الندى في وجود نويات التكاثف , على شكل دقائق مائية تقاس بالميكرومتر , وتعكس السحب ما يتراوح بين ٤٠-٨٠% من الأشعة الشمسية الساقطة عليها , وتحافظ على الإشعاع الأرضي وحرارة الهواء من التبدد في الفضاء ويسقط منه الغيث ورزقاً للعباد .

وقد تم تقسيم السحاب إلى عدة أنواع مختلفة بحسب شكلها إلى طبقية أو طبقة ركامية أو ركامية أو بحسب التكوين من قطرات مائية أو بلورات ثلجية أو الاثنين معاً.

وإن أفضل التقاسيم هو الرأسي إلى منخفضة ومتوسطة ومرتفعة على النحو التالي :

– المنخفضة : دقائق مائية متوسط ارتفاعها ثلاثة كيلو مترات وهي :

* طبقية ST * طبقية ركامية SC

– متوسطة : بلورات ثلجية من أعلى وقطرات مائية أسفل غير متزنة في حالة عدم استقرار يصاحبها حدوث مطر وثلج وبرد وبرق ورعد ومتوسط ارتفاعها بين ٣-٧,٥ كيلو متر وهي :

* الركامية AS * الطبقية AS

* سحب المزن الطبقي NS

– مرتفعة : تتكون من بلورات بيضاء شفافة لا تحجب أشعة الشمس ذات أشكال ريشية أو ليفية أو كالقطن المندوف ومتوسط ارتفاعها بين ٧,٥–١٢ كيلومتراً وهي :

* السمحاق Ci * السمحاق الطبقي CS

* السمحاق الركامى Cc

وهناك نوع آخر من السحب ينمو رأسياً بارتفاعات مختلفة من سطح الأرض حتى ١٣ كيلو متر بسبب التيارات الرأسية الصاعدة وتسبب إضراباً وعدم استقرار وتساقط في كثير من الأحيان وتشبه الجبال المرتفعة والمتراكمة وهي :

* السحب الركامية Cu

* سحب المزن الركامي Cb

أنواع السحب

٢- الندى والمطر :

من أشكال التكاثف المرئية كل من الندى على سطح الأرض والمطر من الجو , وهما عبارة عن قطيرات مائية تحولت من بخار الماء نتيجة خفض درجات الحرارة حول نويات التكاثف الغازية أو السائلة أو الصلبة .

٢-١- الندى Dew :

يتكون الندى فوق الأسطح الباردة ليلاً عندما تفقد الحرارة بالإشعاع ويعمل الندى على رفع نسبة الرطوبة النسبية للهواء ويعمل على نمو النبات في المناطق الجافة وشبة الجافة قليلة الأمطار , ويقلل معدل النتح من أسطح النباتات التي يتكاثف عليها وتصل كمية الندى إلى حوالي ٩٠سم٣/ م٢ على سطح الأوراق في المناطق ذات الغطاء النباتي الكثيف .

٢-٢- المطر Rainfall :

عبارة عن شكل من أشكال التكاثف , حيث يتحول بخار الماء المرئي من السحاب إلى صورة سائلة على شكل قطرات أو حبات مرئية نتيجة انخفاض درجات الحرارة فيبرد ويتكون حول نويات التكاثف الغازية أو السائلة أو الصلبة .

وبالإضافة إلى العوامل التي تساعد على التكاثف هناك عوامل تساعد على سقوط المطر من أعلى ممثلة في الجاذبية الأرضية والتيارات الرأسية الصاعدة والهابطة بسبب الفروقات في الضغط الجوي .

وإذا كانت السحابة متجانسة أي قطرات ماء فقط أو حبات ثلج فقط لا تسقط مطراً أما إذا كانت غير متجانسة فتسقط مطراً .

وتختلف الأمطار في الكمية والنوعية والفصلية والكثافة والفاعلية والأهمية والتوزيع الأفقي على سطح الكرة الأرضية , فكميات الأمطار إما قليلة أو متوسطة أو غزيرة ونوعيتها تضاريسية أو إعصارية أو تصاعدية , وإما أن تكون شتوية أو صيفية أو طول العام وتقاس الكثافة بمقياس النزعة المركزية المتوسط بقسمة كمية المطر في موسم سقوطه على عدد الأيام الممطرة , والفاعلية أي مدى الاستفادة من الأمطار أو مجموع كمية الأمطار خلال الفصل مقسوماً على عدد ساعات السقوط .

وتكون مهمة في المناطق الصحراوية وليست ذات أهمية في بيئة الأنهار , ويختلف توزيعها الأفقي ونظمها على سطح الكرة الأرضية من خط الاستواء بالاتجاه للقطبين .

تقاس الأمطار بجهاز وعاء المطر بالبوصة أو السنيمترات وتحسب كمية المطر اليومية والأسبوعية والشهرية والسنوية باستخدام مقاييس النزعة المركزية كالمتوسطات الحسابية وترسم خطوط المطر المتساوية التي تصل بين المناطق المتساوية في كميات الأمطار .

أنواع الأمطار :

تقسم الأمطار بحسب العوامل المؤدية إلى برودة الهواء وسقوط المطر إلى ثلاثة أنواع هي :

١- التصاعدية Convection :

عندما يسخن الهواء ويتمدد ويصعد مكوناً سحب المزن الركامي التي تبرد وتتكثف نتيجة التيارات الصاعدة في المناطق الاستوائية فسقط الأمطار يصاحبها ظاهرتي البرق والرعد طول العام تزيد عندما تتعامد الشمس في ٢١ مارس , ٢٣ سبتمبر .

٢- التضاريسية Relief :

تسقط الأمطار التضاريسية عندما تحاول الرياح دفع السحاب في الجوانب المواجهة للرياح لأعلى فتبرد بالصعود وتتكاثف وتسقط مطراً على الواجهات الجبلية كما يحدث في جبال بلاد الشام والسفوح الغربية لجبال الروكي المواجهة للرياح العكسية الغربية الشتوية , وتعبر الجبال جافة أو تسقط كميات قليلة من الأمطار .

٣- الإعصارية Cyclonic of Frontal :

تحدث عندما تلتقي الجبهات الدفيئة بالباردة في العروض المعتدلة وشبة المدارية ويصاحبها غالباً سقوط البرد والبرق والرعد وأحياناً حبيبات من الثلج , كما في حوض البحر المتوسط شتاء .

- التوزيع الجغرافي للأمطار على سطح الأرض :

يمكن تقسيم سطح الأرض بحسب فصلية الأمطار إلى المناطق الآتية :

١- مناطق أمطارها طول العام .

٢- مناطق أمطارها فصلية.

٣- المناطق جافة .

١- المناطق ذات الأمطار طول العام وهي في إقليمين هما:

أ- المناطق الاستوائية في حوض الامزون وغرب أفريقيا وهاواى وجزر الملايو.

ب- المناطق الباردة شمال أوراسيا وأمريكا الشمالية .

٢- المناطق فصلية الأمطار وهي:

أ- الشتوية بالعروض المعتدلة والباردة بسبب الأعاصير الجوية في مناطق شمال غرب أوربا وحوض المتوسط وغرب الأمريكتين وشرق الجنوب الأسترالي وجنوب غرب أفريقيا.

ب- الصيفية في العروض المدارية وشبة المدارية والمعتدلة والسواحل الشرقية كما في جنوب شرق آسيا والأمريكتين.

٣- المناطق الجافة في العروض المدارية وشبة المدارية:

كما في شبة الجزيرة العربية والصحراء الكبرى الأفريقية , وصحراء جنوب غرب أمريكا الشمالية والصحراء الأسترالية وصحراء اككاما في أمريكا الجنوبية .

وهذه الصحارى تصل إليها الرياح التجارية جافة و تحرك نطاقات الضغط المرتفع عليها أحياناً وبعدها عن المسطحات المائية يساعد في شدة جفافها.

***نظم المطر:**

يمكن من خلال دراسة كمية وفصلية وتوزيع الأمطار على سطح الكرة الأرضية تقسيم الأمطار إلى عدة أنظمة على النحو التالي:

١- أنظمة المطر في المناطق الحارة .

٢- أنظمة المطر في المناطق المعتدلة .

٣- أنظمة المطر في المناطق الباردة .

٤- أنظمة المطر في المناطق القارسة.

١- الحارة :

١-١- النظام الاستوائي. ١-٢- النظام المداري.

١-٣- النظام الموسمي . ١-٤- النظام الصحراوي .

١-١- الاستوائي : يقع بين صفر°- ٥ ° شمال وجنوب خط الاستواء وكميات الأمطار تختلف من مكان لآخر كل على حسب ظروفه وتتراوح بين ٢٠٠-٤٠٠سم في السنة لحوض الأمزون وغرب أفريقيا وشبة جزيرة الملايو . وفي هاواى ١٢٠٠سم , وجوايان ١٢٠٠سم , وفي الكمرون ١٠٥٠سم , وجزيرة جاوة حوالي ٤٣٧٠سم , ففي يناير ٤٥٠مم وأغسطس ٣٢٠مم .

١-٢- المداري : يكون بين ٥ °- ١٥ ° شمال وجنوب خط الاستواء في كل من أفريقيا وأمريكا الجنوبية وشمال الأقاليم الاستوائي في آسيا وكمية الأمطار ١٢٩٣مم وتقل كلما اتجهنا شمالاً أو جنوباً وتزيد عن ٦٠٠مم ويمثله النظام السوداني في أفريقيا, وشرق البرازيل في النصف الجنوبي من الكرة الرضية .

١-٣- الموسمي : يقع بين ٥ °-١٨ ° شمال وجنوب خط الاستواء ومتوسط الأمطار السنوية ٨٥٨ مم ولا تقل غالباً عن ٥٠٠ مم في السنة وتكون على جنوب شرق آسيا وشمال المداري في أفريقيا جنوب السودان وأثيوبيا وشرق الأمريكتين على سواحل الأطلنطي .

١-٤- الصحراوي : بين ١٨ °-٣٠ ° شمال وجنوب الاستواء ومتوسط الأمطار السنوي ٢٥سم وتشكل المناطق الجافة ٣٥% من سطح الأرض وهناك أربعة أنظمة ثانوية للمطر بحسب الكمية والفصلية في المناطق الصحراوي هي :

أ- نظام المطر الشتوي في شمال الصحراء العربية والأفريقية وصحراء إيران وكاراكوم بآسيا الوسطى وصحراء كارو وغرب صحراء فيكتوريا باستراليا وصحراء تشيلي جنوب دائرة عرض ٣٠ ° جنوباً وصحراء سنورا في أمريكا الشمالية وصحراء بادية الشام .

ب- نظام المطر الصيفي جنوب الصحراء الكبرى والعربية وصحراء ثار وكلهاري.

جـ- نظام الأمطار في أغلب فصول السنة مثل منخفضات استراخان (الأورال- قروين) وصحراء جوبي وبيرو شمال تشيلي وبوليفيا وصحراء غرب فيكتوريا وآسيا الوسطى جنوب كازخستان .

د- الصحراء شديدة الجفاف Extra Arid مثل الصحراء الكبرى ووسط شبة الجزيرة وشواطئ بيرو وشمال تشيلي .

٢- المعتدلة :

ويمتد بين ٣٠ °-٤٥ ° شمال وجنوب خط الاستواء ويقسم إلى ثلاثة نظم هي:

٢-١- النظام الصيني . ٢-٢- النظام القاري . ٢-٣- نظام المتوسط .

٢-١- النظام الصيني : يعد من الأنظمة المعتدلة التي تسقط أمطارها طول العام لكن تزداد في فصل الصيف ويصل متوسط الأمطار الشهري بين ١٠٠-١٣٠ مم ويتوزع على مناطق شرق آسيا باليابان والصين وجنوب شرق استراليا وجنوب شرق أمريكا الشمالية من حوض السنت لورانس حتى خليج المكسيك في الجنوب وعند مصب نهري بارانا وباراجواي شرق أمريكا الجنوبية .

٢-٢- النظام القاري : وسط القارات كما في أوراسيا ووسط أمريكا الشمالية وجنوب شرق أمريكا الجنوبية والأمطار السنوية بين ٣٠٠-٤٧٠ مم وتكون صيفياً بين ١٦٠-١٨٠ مم ويسقط الباقي شتاءً .

٢-٣- نظام المتوسط : غرب القارات على الطرف المقابل للنظام الصيني وأمطاره عامه شتوية وإن كان بعض منه تسقط أمطاراً صيفية ويمكن تقسيمه إلى ثلاثة نظم فرعية :

أ- صيف جاف لا تسقط فيه أمطار أكثر من ٥٠ مم في حوض البحر المتوسط .

ب- شتاء مطير قليل بين ٥٠-١٠٠ مم لأجزاء في حوض المتوسط .

جـ- مطر طول العام ٧٦٠ مم في المتوسط تصل إلى ١٠٠٠ مم في أسبانيا وعلى هيئة رخات في أفريقيا حوالي ٢٠٠ مم .

٣- نظام المطر في المناطق الباردة :

يكون ذلك بين ٤٥ °-٦٥ ° شمال وجنوب خط الاستواء والأمطار هنا طول العام تزداد في فصل الشتاء بسبب الأعاصير الجوية خاصة في نظام غرب أوربا ومناطق غرب كندا وجنوب غرب تشيلي ومتوسط المطر السنوي ٥٧ سم , أما نظام شرق أوربا فتقل كمية المطر السنوية عن ذلك في نفس العروض لكن شرق القارات غالباً ويتأثر بالكتل القارية القطبية الباردة الشتوية كما في شمال شرق أمريكا الشمالية ووسط آسيا .

٤- نظام المطر في المناطق القارسة :

يمتد من القطبين حتى الأقاليم السابق والأمطار صيفية تتراوح بين ٢٠٠-٢٥٠مم في السنة ويسقط الثلج ويصل سمكة حوالي ٥٠ سم في أوربا و٢٥ سم في سبيريا .

٣- الأشكال الصلبة للتكاثف :

٣-١- الصقيع Frost ٣-٢- البرد Hail

٣-٣- الثلج Snow ٣-٤- الجليد Frost

٣-١- الصقيع : عبارة عن حبيبات من الثلج تتكون عن طريق عملية التجمد من تحول بخار الماء دون المرور بالحالة السائلة نتيجة الانخفاض المفاجئ في درجات الحرارة أثناء الليل على سطح الأرض أو النبات .

وهي حبيبات مختلفة الأحجام تتراوح بين ٠,٥-١٠ سم وهي مضرة بالنبات

٣-٢- البرد : يتحول بخار الماء من الحالة الغازية إلى التبلور عن طريق التسامي دون المرور بالحالة السائلة أو التراكم أو التجمد في السحب المرتفعة , وتكون حبيبات من الثلج في صورة برد يتراوح حجم الحبيبات بين ٠,٥- ٥ سم ويساعدها في السقوط الجاذبية الأرضية على سطح الأرض في شكل مختلف تصاحب حدوث ظاهرتي البرق والرعد غالباً وسقوط الثلج من سحب المزن الركامي والمنخفضات الجوية الإعصارية الشتوية في النطاقات المعتدلة .

٣-٣- الثلج : شكل من أشكال التكاثف , عبارة عن بلورات ثلجية متجمدة وهشة تتكون في طبقات الجو العليا حول نويات التجمد تحت الصفر المئوي وفي حالة عدم وجود النويات فإن التجمد لا يتم إلا عند درجات حرارة تقل عن – ٤٠ ° مئوية ويكون ذلك غالباً عند قمة السحابة وما أسفلها قطرات مائية أو تتكون السحابة كلية من بلورات ثلجية وتكون السحابة في حالة استقرار.

٣-٤- الجليد : يتم تراكم الجليد (وهو الحالة الصلبة من الثلج) من البلورات الثلجية فوق قمم الجبال المرتفعة وبالقرب من القطبين نتيجة التساقط وانخفاض درجات الحرارة , ويختلف سمكه من مكان لآخر على سطح الأرض وكذلك توزيعه ويعد صورة من صور أشكال التراكم والتجمد الناتج عن التكاثف والتساقط وشكل من أشكال الماء على سطح الكرة الأرضية .

الفصل الرابع
الأقاليم المناخية
وطرق تصنيفها

الفصل الرابع

الأقاليم المناخية وطرق تصنيفها

أولاً: تعريف الأقاليم المناخية والغرض من تصنيفها:

الإقليم في المدلول المناخي هو مساحة واسعة من الأرض تمتد نطاقياً وتتصف بسيطرة حركات جوية وكتل هوائية معينة، كحركة الرياح التجارية الساخنة في الإقليم المداري والرياح الغربية في المناطق المعتدلة من العالم. ولكن قد يتحول المفهوم النطاقي للإقليم إلى مفهوم إقليمي مناخي كأن نقول الإقليم المناخي لشرق البحر المتوسط أو إقليم غرب البحر المتوسط.

ويتوقف المناخ السائد في أي مكان على عوامل مختلفة يؤثر كل منها فيه بشكل خاص، ولكنها جميعًا تعمل في وقت واحد بحيث يصعب في كثير من الأحيان أن نفصل بين الآثار التي تنتج عن أي عامل منها والآثار التي تنتج عن غيره من العوامل، وقد سبق أن تكلمنا في فصول سابقة على العوامل التي تتحكم في عناصر المناخ المختلفة، ويمكننا أن نلخص أهم هذه العوامل فيما يلي:

١- موقع المكان بالنسبة لخطوط العرض، فهذا الموقع هو الذي يحدد بصفة عامة مقدار ما يستفيده المكان من أشعة الشمس في الشهور المختلفة؛ لأنه هو الذي يحدد طول الليل وطول النهار من جهة, وزاوية الميل التي تسقط بها الأشعة على سطح الأرض من جهة أخرى.

٢- توزيع الماء واليابس، فمن الثابت أن اليابس يسخن ويبرد أسرع من الماء، وهذا الاختلاف هو أحد العوامل الرئيسية التي يتوقف عليها توزيع الضغط الجوي والرياح، بل وتوزيع الأمطار فوق سطح الكرة الأرضية في الفصول المختلفة.

٣- تضاريس اليابس نفسه، فإن امتداد سلاسل الجبال مثلًا على طول الساحل يعتبر حائلًا قويًّا دون توغل المؤثرات البحرية في اليابس، كما أن مقدار ارتفاع المكان عن سطح البحر، واتجاه منحدرات الجبال بالنسبة لأشعة الشمس، واتجاه الرياح، لها جميعًا آثارها المعروفة على توزيع عناصر المناخ المختلفة.

٤- توزيع الضغط الجوي وما يطرأ عليه من تغير من وقت إلى آخر.

والعوامل السابقة هي العوامل الرئيسية التي يجب بحثها عند دراسة مناخ أي إقليم، وتوجد إلى جانبها عوامل أخرى أقل منها أهمية؛ لأنها وإن كانت تؤثر في المناخ إلا أنها تعتبر في نفس الوقت أثرًا من آثاره، كما هي الحال بالنسبة للحياة النباتية والغطاءات الجليدية التي تغطي الأرض في كثيرًا من المناطق.

وهذه العوامل مجتمعة هي التي تجعل لكل مكان فوق سطح الأرض صفات مناخية خاصة، يختلف بها كثيرًا وقليلًا عن غيره من الأماكن، ويندر أن يوجد مكانان متشابهان في ظروفهما المناخية تمام التشابه من جميع الوجوه، فإن لم يكن هناك فرق في الأمطار فقد يوجد فرق في درجة الحرارة، وإن لم يكن هناك فرق في المعدلين السنويين لهذين العنصرين فقد يكون هناك فرق واضح في توزيعهما على أشهر وفصول السنة. وفضلًا عن ذلك فقد يكون المكانان مختلفين في درجة الرطوبة، أو مقدار الإشعاع الشمسي أو في اتجاه الرياح وسرعتها أو في توزيع أي عنصر من هذه العناصر المناخية على الأشهر والفصول وهكذا.

ولما كان من المستحيل في الدراسات المناخية العامة أن تدرس ظروف كل مكان على حدة دراسة تفصيلية فقد كان لا بد من إيجاد تقسيم عام للعالم توضح فيه المناطق التي تتشابه في ظروفها المناخية بصفة عامة تحت قسم أو نوع مناخي واحد، وذلك بصرف النظر عن الفوارق البسيطة التي قد تميز بعض هذه المناطق عن البعض الآخر، وبهذه الطريقة يمكن تقسيم العالم إلى أقاليم مناخية يتميز كل إقليم منها بمظاهر معينة، ويضم جميع الأماكن التي توجد فيها هذه المظاهر. ومعرفة المظاهر المناخية لأي مكان تتطلب دراسة جميع عناصر المناخ بدون استثناء، ولكننا إذا حاولنا أن نقسم العالم إلى أقاليم تتشابه فيها جميع العناصر فإننا سنصل إلى عدد لا نهائي من الأقسام، ولهذا فقد أصبح من الضروري اختيار العناصر الرئيسية فقط واعتبارها أساسًا لتقسيم العالم إلى أقاليم مناخية كبرى، أما في الدراسات التي تحتاج إلى شيء من التفصيل فيمكن تقسيم هذه الأقاليم الكبرى إلى أقاليم أصغر منها، وهذه بدورها إلى أقاليم أصغر وهكذا.

وهناك شبه إجماع بين علماء المناخ على أن أي تقسيم مناخي يجب أن يعتمد قبل كل شيء على العنصرين الرئيسيين من عناصر المناخ وهما درجة الحرارة والأمطار وتوزيعهما على شهور السنة, وذلك لأن هذين العنصرين هما اللذان يتحكمان بصفة عامة في توزيع الحياة النباتية والحيوانية فوق سطح الأرض، كما يتدخلان بطريق مباشر أو غير مباشر في تشكيل مظاهر هذا السطح.

وفضلًا عن ذلك فإن جميع العناصر المناخية الأخرى تتأثر في نظامها وتوزيعها تأثرًا واضحًا بدرجة الحرارة، فدرجة الحرارة مثلًا هي التي تتحكم عمومًا في توزيع مناطق الضغط الجوي، وهذه المناطق هي التي يترتب عليها توزيع الرياح ونظام هبوبها، كما أن الحرارة أيضًا هي التي تساعد على تبخر مياه البحار، وغيرها من المسطحات المائية أو من سطح التربة، ولها بالتالي تأثير مباشر على الأمطار وغيرها من مظاهر التكثف.

ومن الممكن عند تقسيم العالم إلى أقاليم مناخية أن ندخل في اعتبارنا أيضًا العوامل الأساسية التي لها دخل في وجود أي نوع من أنواع المناخ، فبينما يمكننا أن نجمع المناطق الصحراوية مثلًا تحت نوع مناخي واحد تتشابه جميع المناطق التابعة له في قلة أمطارها وارتفاع مدى التغير الحراري فيها، فإننا نستطيع كذلك أن نقسم هذا النوع من المناخ إلى أقسام أصغر على حسب العوامل التي كانت سببًا في وجود هذا المناخ في المناطق المختلفة سواء أكانت هذه العوامل متعلقة بعناصر المناخ مثل نوع الرياح واتجاهها أو متعلقة بتضاريس سطح الأرض أو غير ذلك من العوامل.

وكذلك من الممكن أن نقسم النطاقات الحارة الكبيرة إلى أقاليم صغيرة نسبيًّا على أساس العوامل التي تؤدي إلى سقوط الأمطار في كل منها، فمن هذه الأقاليم ما تسقط أمطاره بسبب التيارات الصاعدة ومنها ما تسقط أمطاره بسبب الرياح الموسمية أو بسبب الرياح التجارية.

وعلى الرغم من أن إدخال مثل هذه العوامل في تقسيم الأقاليم المناخية الكبرى إلى أقسام أخرى أصغر منها سيؤدي حتمًا إلى زيادة التعقيد في التقسيم فمن الواجب

الاستفادة بها بقدر الإمكان لأنها تساعد من غير شك على زيادة الدقة في تحديد الأنواع المناخية المتقاربة.

*** الدلائل الحيوية للمناخ:**

ونظرًا لأن المناخ يعتبر عاملًا من أهم العوامل التي لها دخل مباشر في توزيع كثير من مظاهر الحياة على سطح الأرض، فمن الممكن أن تتخذ بعض هذه المظاهر كأدلة يمكننا أن نسترشد بها في تحديد نوع المناخ السائد في أي منطقة من المناطق، وخصوصًا إذا لم تكن لدينا إحصاءات مناخية وافية عن هذه المنطقة. ومن أهم النباتات الطبيعية التي يمكننا أن نستفيد بها في هذه الناحية تلك النباتات التي لا يمكنها أن تنمو إلا في المناطق التي يسمح مناخها بنموها، ومنها معظم الحشائش التي تتكون منها مناطق السفانا الحارة، وحشائش الإستبس المعتدلة، وكذلك فصائل الأشجار التي تنمو طبيعيًّا في مناطق الغابات التي توجد في الأقاليم المناخية المختلفة، ولئن كان نوع التربة له كذلك دخل في توزيع كثير من هذه النباتات فمن الثابت أن التربة نفسها ليست إلا أثرًا من آثار العوامل المناخية.

أما المظاهر الحيوية الأخرى بما في ذلك الإنسان وغيره من الحيوانات وكثير من المحاصيل الزراعية، فعلى الرغم من أنها تتأثر كذلك تأثرًا مباشرًا بالمناخ فإن توزيعها مرتبط كذلك بمجموعة أخرى من العوامل التي يتعلق بعضها بطبيعة هذه الكائنات ومقدرتها على التحايل على ظروف المناخ وبعضها الآخر متعلق بما يبذله الإنسان من مجهودات لنقل بعض النباتات أو الحيوانات من بيئتها الأصلية وتوطينها في بيئات أخرى جديدة، ويكفي أن نذكر أن الإنسان نفسه قد استطاع أن يعمر كل أنواع الأقاليم المناخية الموجودة على سطح الأرض ابتداء من خط الاستواء حتى قرب القطب، كما أنه استطاع أن ينقل بعض محاصيل الأقاليم الدافئة إلى الأقاليم الباردة أو العكس، وأن ينقل كذلك بعض الحيوانات من بيئاتها الأصلية إلى بيئات أخرى جديدة.

ويجب أن نشير على أي حال أن حدود الأقاليم المناخية أو حدود الأقاليم النباتية التي ترسم على الخريطة لا يمكن أن تمثل الحدود الواقعة لهذه الأقاليم لأن مثل هذه الحدود ليس لها وجود فعلي في الطبيعة؛ إذ الواقع أن الانتقال من أي نوع مناخي

أو نباتي إلى الأنواع الأخرى المجاورة له يحدث غالبًا بشكل تدريجي بحيث تظهر بين كل نوع مناخي والنوع المجاور له منطقة انتقالية يتدرج فيها المناخ وما يتبعه من نباتات طبيعية تدرجًا بطيئًا أو سريعًا على حسب الظروف السائدة خصوصًا ما يتعلق منها بمظاهر السطح، ويكون التدرج بطيئًا بصفة خاصة في الأقاليم السهلية، أما في المناطق التي توجد بها حواجز جبلية مرتفعة فإن الانتقال يأتي غالبًا بشكل فجائي، وكثيرًا ما نجد أن سلاسل الجبال تفصل في بعض المناطق أنواعًا مختلفة عن بعضها تمام الاختلاف، سواء في مظاهرها المناخية أو في أنواع الحياة النباتية والحيوانية التي توجد فيها، ويظهر هذا بوضوح إذا قارنا على سبيل المثال الأنواع المناخية والنباتية الموجودة إلى الغرب من جبال الإنديز أو جبال روكي بالأنواع الموجودة إلى الشرق منها.

ثانياً: أهم التصنيفات المناخية:

حتى أواخر القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين كان معظم الجغرافيين يقسمون العالم إلى أقاليم مناخية على أساس النطاقات الحرارية الكبرى التي قسم اليونانيون القدماء إليها سطح الكرة الأرضية، وهي المنطقة الحارة المحصورة بين المدارين ثم المنطقتان المعتدلتان ما بين المدارين والدائرتين القطبيتين، ثم المنطقتان الباردتان إلى الشمال من الدائرة القطبية الشمالية من جهة وإلى الجنوب من الدائرة القطبية الجنوبية من جهة أخرى.

ورغم أن المناخ لا يتماشى في كثير من الأحيان مع خطوط العرض نتيجة لتأثير العوامل المختلفة التي سبقت الإشارة إليها فإن بعض الجغرافيين ظلوا يتخذونها أساسًا لتقسيم العالم إلى أقاليم مناخية حتى وقت قريب، إلا أن هذا التقسيم لم تعد له قيمة تذكر في الوقت الحاضر، وحلت محله تقسيمات أخرى.

تعتمد على توزيع درجة الحرارة وتوزيع الأمطار، من جهة أخرى بغض النظر عن خطوط العرض، ونظرًا لأنه من الصعب في التقسيمات العامة أن نعتمد على درجات الحرارة الفعلية فقد كان لا بد أن يكون الاعتماد في هذه التقسيمات على خطوط الحرارة المتساوية وذلك على الرغم من العيوب الكثيرة التي تقلل من قيمتها، أما

التقسيمات المناخية للمناطق ذات المساحة الصغيرة نسبيًّا فمن المستحسن أن نراعي فيها درجات الحرارة الفعلية، مع الاهتمام ليس فقط بمعدلاتها الشهرية بل وكذلك بمعدلات النهايات العظمى والنهايات الصغرى فيها.

ومن استعراض التقسيمات المناخية التقليدية والحديثة يمكننا أن نضعها في ثلاث مجموعات هي:

أ- التقسيمات التجريبية Imperical classifications وهي التي تعتمد على الربط بين المناخ وبين توزيع الأشكال البيئية الرئيسية مثل النبات الطبيعي والتربة، ومثال ذلك تقسيم كوين والتقسيمات المشتقة منه مثل تقسيم ترايوارثا١ Trewartha والمهم في هذه التقسيمات هو أن تتضمن أقسامًا مناخية متشابهة في ظروفها البيئية المرتبطة بالمناخ دون الاهتمام كثيرًا بالعوامل التي تتدخل في تشكيل مناخها نفسه.

ب- التقسيمات المناخية الأصولية Genetic classifications وفيها تراعى العوامل التي تتدخل في تشكيل المناخ مثل الموقع الفلكي والموقع الجغرافي ومناطق الضغط الجوي العامة والكتل الهوائية، ومثال ذلك تقسيم تيرجونج "١٩٧٠"٢ وتقسيم أوليفر٣ 1970 "Oliver".

ج- التقسيمات البشرية، وهي تمثل اتجاهًا حديثًا في التقسيمات المناخية وفيها يراعى تأثير المناخ على حياة الإنسان ونشاطه، مثل شعوره بالضيق أو الراحة أو قدرته على العمل وبذل الجهد، وفي هذا المجال وضعت معايير مختلفة لحساب الحدود التي يبدأ الإنسان عندها يشعر بالراحة أو بالضيق على أساس الربط بين درجة الحرارة ورطوبة الهواء.

وهذا النوع من التقسيمات لا يستخدم عادة إلا عند تحليل المناخ في مناطق معينة وليس على نطاق العالم ومثال ذلك تقسيم تيرجونج Terjung لمناخ الولايات المتحدة.

وليست التقسيمات المناخية التي أشرنا إليها إلا أمثلة قليلة جدًّا للعديد من التقسيمات التي وضعت لخدمة أغراض متباينة، ويلاحظ أن بعض التقسيمات تصلح أكثر من غيرها لتحليل ظواهر الارتباط المكاني بينما البعض الآخر ذو طبيعية

وصفية، وتعتمد أغلب التقسيمات الحديثة على الجمع بين عنصرين مناخيين أو أكثر مثل تقسيم كوبن الذي يجمع بين الحرارة والمطر وتوزيعهما الفصلي، مع إدخال بعض العناصر والحالات المناخية المميزة مثل الضباب والتطرف الحراري وزيادة الرطوبة.

ومثل تقسيم أوستن ملو A.Austin Miller الذي اقترحه في بريطانيا سنة ١٩٣٦، وحاول فيه أن يحدد الأقاليم المناخية على أساس طول فصل النمو، وذلك على اعتبار أن طول هذا الفصل هو الذي يحدد نوع الحياة النباتية التي يمكن أن تنمو في أي إقليم من الأقاليم، وهو تقسيم سهل وبسيط، ولذلك فإنه يعتبر من أصلح التقاسيم للدراسات الجغرافية العامة ولهذا فإننا سنحاول عرضه بشيء من التفصيل بعد قليل.

وفي سنة ١٩٤٨ اقترح باحث أمريكي هو ثورنثويت Thornthwaite تقسيمًا مناخيًّا تجريبيًّا يمكن الاستفادة به في المجالات التطبيقية وخصوصًا المجالات الزراعية١، وقد أدخل عليه في سنة ١٩٥٥ بعض التعديلات بالاشتراك مع باحث آخر هو ماذر ٢ Mather. وأهم ما يميز هذه التقسيم هو اهتمامه بحساب التبخر الكلي الأقصى potential Evapotranspiration والربط بينه وبين رطوبة التربة وموازنتها المائية.

يهتم التصنيف المناخي بتقسيم العالم إلى أقاليم مناخية، ينفرد كل منها بخصائص مناخية عامة، تميزه عن غيره من الأقاليم. وعند محاولة تصنيف العالم إلى أقاليم مناخية، تبرز مشكلة البحث عن العوامل، التي تسهم في وجود أنواع مناخية مميزة؛ فالاعتماد على عنصر مناخي واحد، لا يكفي لتصنيف العالم إلى أقاليم مناخية متمايزة؛ وإنما يجب أن يعتمد التصنيف على أكثر مجموعة ممكنة من العناصر، ذات التأثير الكبير في المناخ.

وتختلف القواعد، التي يمكن اتِّباعها في تقسيم العالم إلى أقاليم مناخية، تبعاً لغاية ذلك التقسيم. فتقسيم علماء النبات للأقاليم المناخية، يعتمد اعتماداً أساسياً على الغطاء النباتي الطبيعي؛ بينما يستند علماء البيولوجيا استناداً أساسياً إلى عنصرَي الحرارة والرطوبة. ولذلك، ظهر العديد من التصنيفات المناخية لأقاليم العالم ؛ إلا أن

أكثرها شيوعاً، كان تصنيف كوبن Koppen، عالم النبات الألماني، وتصنيف ثورنثويت Thornthwaite الأمريكي.

ويوضح جدول أهم التصنيفات المناخية، أن هناك شبه إجماع بين واضعي التصنيفات المناخية، مهما كانت خلفياتهم واتجاهاتهم؛ إذ إن أيّ تصنيف مناخي، يجب أن يعتمد، قبل كلّ شيء، على عنصرَي الحرارة والأمطار وتوزُّعهما على شهور السنة؛ وذلك لما لهما من تأثيرات، مباشرة وغير مباشرة، في بقية العناصر المناخية، وتوزُّع الحياة النباتية والحيوانية، ومظاهر سطح الأرض. ويعتمد على الحرارة في التحديد النطاقي، بمعناه الواسع، للأقاليم المناخية الكبيرة، التي تقسم، بدورها، إلى أقاليم أصغر، على أساس كمية الأمطار السنوية وتوزُّعها الفصلي؛ إذ يميز بين الأقاليم، التي تهطل أمطارها طوال العام، وتلك التي تهطل أمطارها في موسم معين.

جدول أهم التصنيفات المناخية

المؤلف	العام	قواعد التصنيف
دي مارتون De martonne	١٩٠٩	بنى تقسيمه الأقاليم الرئيسية التسعة، على معيارَي الحرارة والتساقط. أمّا الأقاليم الفرعية، فأعطيت أسماء مناطق محلية في أوروبا، مراعياً فيها حدود الصحاري؛ إلاّ أن أغلب الحدود، لم توضع على أُسُس كمية.
بنك Penck	١٩١٠	قسّم العالم إلى ثلاثة مناخات، هي: الرطب، والصحراوي، والبحري، بحسب فاعلية تجوية التربة وتعريتها.
كوبن Koppen	١٩١٨	بنى تصنيفه على الأقاليم النباتية، وأكّد قِيماً معينة لبعض عوامل المناخ عند حدودها.
فاهل Vahl	١٩١٩	قسّم العالم إلى خمسة أقاليم رئيسية، بناءً على الحدود الحرارية، كدالّة من أشد شهور السنة حرارة، وأشدها برودة. أمّا الأقاليم الفرعية، فقد قسمها بناءً على كمية التساقط، وعبّر عنها بالنسبة المئوية لعدد الأيام الرطبة، في شهر رطب معين.
باسارج Passarge	١٩٢٤	حدود خمسة أقاليم مناخية رئيسية، وعشرة أقاليم فرعية، بناءً على التوزُّع النباتي.
ميلر Miller	١٩٣١	قسّم العالم إلى خمسة أقاليم رئيسية، بحسب الغطاء النباتي؛ ثم قسّم كلاً منها إلى ثلاثة أقاليم ثانوية، بحسب الرطوبة؛ ففرّق بين المناطق الممطرة طوال العام، والموسمية، والجافة خلال العام.
ثورنثويت Thornthwaite	١٩٣١	استخدم فاعليات المطر والحرارة في تمييز خمسة أقاليم رطوبية، وستة أقاليم حرارية، وثلاثين مناخاً فرعياً.
فليبسون Philipson	١٩٣٣	بنى تصنيفه على أساس حرارة أدفأ شهور السنة وأبردها، وعلى خصائص التساقط. وقد ميز خمسة أقاليم مناخية رئيسية، مقسمة إلى ٢١ فرعاً ثانوياً، و٦٣ منطقة مناخية.
بلير Blair	١٩٤٢	حدد خمسة أقاليم مناخية رئيسية، بحسب الحرارة، هي: المداري، ودون المداري، والمتوسط، ودون القطبي، والقطبي. ثم قسّمها إلى ١٤ فرعاً ثانوياً، بحسب التساقط والحرارة والغطاء النباتي.
جورسينسكي Gorsczynski	١٩٤٥	ركز تقسيمه في القارية، مقابل البحرية، وفي تحديد الصحاري. وقد ميز خمسة أقاليم مناخية رئيسية.
فون ديسمان	١٩٤٨	قسّم العالم إلى خمسة أقاليم مناخية رئيسية، بأسلوب مقارب

المؤلف	العام	قواعد التصنيف
Von Vissman		لأسلوب كوبن. ثم قسّمها إلى أقاليم فرعية، بحسب توزُّع التساقط والنظام الحراري.
ثورنثويت Thornthwaite	١٩٤٨	ميّز تسعة أقاليم رئيسية، بناء على مؤشر الرطوبة؛ وتسعة أقاليم رئيسية أخرى، بناءً على مؤشر الحرارة، والتبخر والنتح.
كريتزبرج Creutzberg	١٩٥٠	ميّز أربعة أقاليم مناخية رئيسية، بناءً على الخطوط المتساوية لطول الأشهر الرطبة، ولطول مدة الغطاء الثلجي.
جيجر - برازول Geiger – Brazol	١٩٥٣	قدم تعديلاً لتقسيم كوبن، إذ استخدم درجة حرارة الثرمومتر، الرطب والجاف، في تحديد مدى ارتياح الإنسان. وقد قسّم العالم إلى اثنَي عشر إقليماً، من شديد الحرارة إلى البارد الجليدي.
ترواثا Trewartha	١٩٥٤	قدم تعديلاً كبيراً لتقسيم كوبن.
بوديكو Budyko	١٩٥٨	قدم تقسيماً مبنياً على توزع الطاقة، بالنسبة إلى الميزانية المائية.
بيجي peguy	١٩٦١	قدم تعديلاً لنظام دي مارتون.
ترول Troll	١٩٦٣	بنى تمييزه للأقاليم المناخية على الفصول، الحرارية والرطوبية.
كارتر - مذر Carter-Mather	١٩٦٦	قدما تعديلاً لنظام ثورنثويت، المنشور عام ١٩٤٨.
باباداكيز Papadakis	١٩٦٦	قسّم العالم إلى عشرة أقاليم، بحسب صلاحية المناخ للزراعة، والخصائص المحصولية والأيكولوجية للمناخ، مستعيناً بالقِيم الحدية.
هيدور Hidore	١٩٦٦	قسّم العالم إلى عشرة أقاليم مناخية رئيسية، بحسب التوزُّع السنوي للكتل الهوائية المسيطرة.
ترجونج Terjung	١٩٦٨	بنى تقسيمه على أُسُس حرارية.
أوليفر Oliver	١٩٧٠	قدم تقسيماً مبنياً على تكرارية الكتل الهوائية.

ثالثاً: التقسيم العام للأقاليم المناخية على سطح الأرض:

وخلاصة للتقسيمات السابقة وبوجه عام يقسم سطح الكرة الأرضية إلى خمسة أقاليم مناخية **نطاقية** رئيسية، هي: المناخ الاستوائي، والمناخ المداري، والمناخ المعتدل، والمناخ البارد، والمناخ القطبي؛ إضافة إلى إقليمَين مناخيَّين **لا نطاقيَّين**، هما: المناخ الجبلي والمناخ الصحراوي.

* المناخات النطاقية:

١. المناخ الاستوائي:

أ. الخصائص العامة للمناخ الاستوائي:

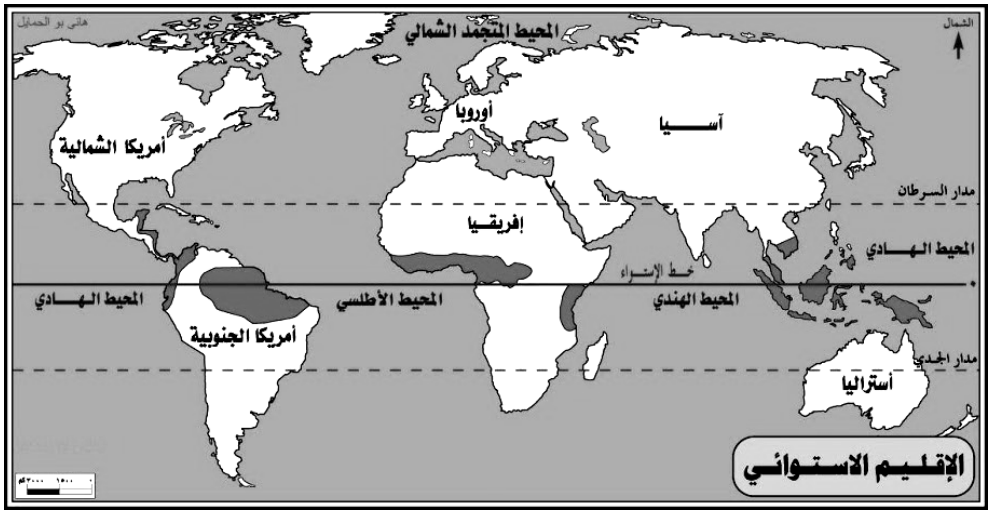
يترامى المناخ الاستوائي على شكل نطاق عريض، حول خط الاستواء، يمتد بين خمس وعشر درجات عرضية، شمال ذلك الخط وجنوبه؛ وقد يمتد، في الأجزاء الشرقية من القارات، إلى نحو ٢٥ درجة، في شماله وجنوبه. ويتميز المناخ الاستوائي بمتوسط درجة حرارة، لا يقلّ عن ٢٥ درجة مئوية؛ وبِهَطْل الأمطار طوال العام، نتيجة لظاهرة الحمل، ومدى حراري سنوي منخفض.

(١) الحرارة:

تكون درجة الحرارة، في المناخ الاستوائي، مرتفعة، طوال العام، فلا يقلّ متوسطها عن ٢٥ درجة مئوية؛ وليس هناك فارق واضح بين شهور السنة؛ لأن الشمس لا تبتعد كثيراً، في المنطقة الاستوائية، عن الوضع العمودي. وتبلغ الحرارة ذروتها، إبّان الاعتداليَن، حينما تتعامد الشمس وخط الاستواء؛ بينما تنخفض إلى نهايتها الصغرى، خلال الانقلاب الصيفي والانقلاب الشتوي، حينما تتعامد ومدار السرطان (٢٣,٥ درجة شمالاً) ومدار الجدي (٢٣,٥ درجة جنوباً)، على التوالي. ولا يزيد المدى الحراري بين أحرّ شهور السنة وأبردها على ٣.١ درجات مئوية. كما أنه لا يوجد إبّانها تفاوت كبير في طول النهار، لأن الشمس تكون عمودية، أو شبه عمودية، طوال السنة، على هذا الإقليم.

وتتسم درجتا الحرارة، العظمى والصغرى، في الأقاليم الاستوائية، بقلة التغاير؛ إذ نادراً ما تزيد أولاهما على ٣٨ درجة مئوية، وقلَّما الثانية عن ١٦ درجة مئوية، أيّ أن الفارق بين نهايتَيهما قلَّما يزيد على ٢٢ درجة مئوية. ويُعَد الفارق اليومي بين درجات الحرارة، في النهار والليل، كبيراً، إذا ما قُوْرن بالفارق الفصلي؛ إذ يناهز عشر درجات مئوية، حيث تراوح الحرارة في الليل بين ٢٠ و٢٤ درجة مئوية، وفي النهار بين ٣٠ و٣٤ درجة مئوية.

وعلى الرغم من أن درجة الحرارة، في المناخ الاستوائي، لا تنخفض، أثناء الليل، عن عشرين درجة مئوية، فإنها تُعَد منخفضة، بالنسبة إلى شعوب الأقاليم في ذلك المناخ، والتي لم تتعود استعمال اللباس، أو وسائل التدفئة الأخرى؛ ولذلك، كثيراً ما يقال إن الليل، هو شتاء الأقاليم الاستوائية.



إقليم المناخ الاستوائي

(٢) الضغط الجوي والرياح:

يسيطر على الأقاليم الاستوائية الضغط المنخفض، المعروف بالرَّهْو الاستوائي، الناجم عن ارتفاع درجة الحرارة، ونشاط التيارات الهوائية الصاعدة، طوال العام، بسبب ظاهرة الحمل، الناتجة من سخونة الهواء، قرب السطح. كما أن ارتفاع رطوبة الهواء النسبية، يساعد على قِلة كثافته، وانخفاض ضغطه.

ويتميز الإقليم الاستوائي بركود هوائه؛ ما يجعله إقليماً، تسوء فيه الأحوال الصحية؛ لاقتران ركود الهواء بكثرة الرطوبة. ويتأتَّى ذلك الركود من تماثل درجات الحرارة في أرجاء الإقليم؛ ما يجعل الانحدار في درجة الحرارة، فيضعف انحدار الضغط الجوي، فتكون حركة الهواء بطيئة جداً. ويقلّ انحدار ذلك الضغط، كلما ازداد الاقتراب من خط الاستواء، في هذا الإقليم، ويضمحل ببلوغ ذلك الخط، حيث تتوقف حركة الهواء الأفقية، وتنشط حركته الرأسية؛ تصَّاعد مقادير كبيرة منه، محمَّلة بالرطوبة، إلى الطبقات الجوية العليا. ويساعد تصاعده على تمدد حجمه، الناجم عن قِلة الضغط الجوي؛ فتنخفض درجة حرارته، ويتكاثف، مسبباً سقوط الأمطار الغزيرة. أمّا التباعد عن خط الاستواء، فيزيد الفارق المكاني في الضغط الجوي؛ ما يسمح بهبوط تيارات هوائية معتدلة السرعة، تتجه نحو ذلك الخط، وتعرف بالرياح التجارية، وتتميز بانتظام هبوبها؛ وتجلب معها مقادير كبيرة من بخار الماء، من المحيطات الدافئة، التي تمر عليها قبل وصولها إلى اليابسة.

(٣) الأمطار:

الأمطار الرئيسية في المناطق، التي يسودها مناخ استوائي، هي الأمطار الانقلابية، الناتجة من عملية الحمل، التي تسهم في تسخين الهواء القريب من السطح، وصعوده إلى أعلى، حيث تنخفض درجة حرارته إلى حدِّ التكاثف ثم التساقط. ففي الصباح الباكر، يكون الجو ضبابياً، ولا يلبث الضباب أن يختفي، بعد طلوع الشمس؛ وتتزايد سخونة الهواء القريب من السطح؛ ما يجعله يتمدد، وتقلّ كثافته، فيصّاعد ويُفقِده صعوده الطاقة، بمعدل درجة مئوية واحدة، في كلّ مائة متر؛ وذلك ناتج من التمدد، بسبب قِلة الضغط. وباطِّراد ارتفاعه، وازدياد برودته، ترتفع رطوبته النسبية إلى درجة التشبع، فيتكثف، مكوّناً التكاثف وتكوين السحب الركامية، ثم الأمطار الرعدية. وتسقط الأمطار في المناخات الاستوائية، يومياً، سقوطاً منتظماً، يتكرر في الموعد نفسه، كلّ يوم؛ حتى إن السكان المحليين يؤقتون به مواعيدهم، فيقولون، مثلاً: "نلتقي، بعد المطر".

بيد أن مواقيت المطر اليومي، تختلف باختلاف الأماكن ذات المناخ الاستوائي، وتفاوت ظروفها المحلية؛ إلاّ أنها تكون، عادة، ما بين الظهر ومنتصف الليل، بخاصة بين الساعة الثالثة والرابعة مساءً، أي بعيد أن تبلغ السخونة ذروتها، وتراوح كمية الأمطار السنوية، الساقطة في المناخ الاستوائي، بين ٥٠ و٨٠ بوصة (١٢٥-٢٠٠سم)؛ إلاّ أنها قد تصل إلى ٢٠٠ بوصة (٥٠٠سم) في بعض الأقاليم. وتبلغ الأمطار أعلى مستوى لها في الفترة، التي تكون فيها الشمس وخط الاستواء متعامدَين، فيما يعرف بالاعتدالَين، في شهرَي أبريل ونوفمبر؛ ويكون معدِّلها في الاعتدال الربيعي (أبريل) أعلى منه في الاعتدال الخريفي (نوفمبر).

٢. المناخ المداري:

يمتد المناخ المداري، على شكل حزامَين، شمال المناخ الاستوائي وجنوبه؛ وذلك في المناطق، التي تسودها الرياح التجارية، طوال العام، حيث توجد صحاري العالم. وفي المناطق الواقعة بين الصحاري والمناخ الاستوائي يتحرك نطاق المطر الاستوائي مع حركة الشمس الفصلية نحو الشمال في فصل الصيف الشمالي، ونحو الجنوب في فصل الصيف الجنوبي (فصل الشتاء في نصف الكرة الشمالي). فتتعرض هذه المنطقة لفترة جافة، إبان سيطرة الرياح التجارية، وفترة مطيرة، تسببها التيارات الاستوائية الصاعدة، والأمطار الحملانية. ومدار السرطان هو الحد الشمالي لهذا الإقليم المداري، في نصف الكرة الشمالي؛ ومدار الجدي حدُّه الجنوبي، في نصفها الجنوبي.

ويقسم إقليم المناخ المداري إلى ثلاثة أقاليم فرعية، هي: الإقليم المداري البحري، والإقليم المداري القاري، والإقليم المداري الموسمي.

أ. المناخ المداري البحري:

يتمثل هذا النوع من المناخ المداري في السواحل الشرقية للقارات، حيث تهطل الأمطار طوال العام. ففي فصل الصيف، تكون المناطق الساحلية في نطاق المنخفض الاستوائي؛ ما يوجد التيارات الصاعدة، فالأمطار الحملانية. أمّا في فصل الشتاء،

حينما يتزحزح الضغط المنخفض الاستوائي نحو خط الاستواء، فتصبح تلك المناطق في نطاق الرياح التجارية الآتية من المحيط، والتي ينجم عنها هطْل الأمطار.

ولا تختلف كثيراً درجتا الحرارة في الإقليمَين، المداري البحري والاستوائي؛ فهما مرتفعتان، طوال العام، من دون تفاوت يذكر بين فصول السنة؛ إذ لا يزيد المدى الحراري السنوي على ثماني درجات مئوية. وتكون الحرارة العالية أكثر احتمالاً في أولهما منها في الثاني؛ بسبب تلطيف الجو بواسطة الهبوب الدائم للرياح التجارية، في فصل الشتاء. أمّا في فصل الصيف، حين يسيطر على إقليم المدار البحري الركود الاستوائي، وما يصاحبه من ازدياد في رطوبة الهواء، فإن الحرارة العالية، تكون خانقة، يصعب احتمالها.

ويسود المناخ المداري البحري الجزء الأكبر، من السواحل الشرقية للبرازيل، وإفريقيا، وأمريكا الوسطى. وأن جميع هذه المناطق، تتلقى أمطاراً سنوية، لا تقلّ عن ١٠٠ سنتيمتر، إلاّ أنها تتفاوت تفاوتاً كبيراً بين منطقة وأخرى. ففي جزيرة جامايكا، الواقعة في البحر الكاريبي، تصل كمية الأمطار السنوية، على السواحل المواجهة للرياح التجارية، إلى ٣٥٠ سنتيمتراً؛ ولكنها تنخفض إلى ١٢ سنتيمتراً، على السواحل المعاكسة لاتجاه تلك الرياح التجارية. أمّا الجزر المنبسطة، القليلة الارتفاع عن مستوى سطح البحر، فإن الرياح لا تضطر إلى الارتفاع؛ ما يجعل كمية الأمطار السنوية قليلة نسبياً، كما هو الحال في جزر البهاما، الواقعة في البحر نفسه، والتي لا يهطل فيها من الأمطار، سنوياً، سوى ١٢٧ سنتيمتراً.

وقد تتباين كميات المطر، فصلياً، فيكون هناك نهاية عظمى، في فصل الشتاء، حينما يقوى تأثير الرياح التجارية، كما هو الحال في جزيرة هونولولو، وموزامبيق، ومالاجاشي، حيث يهطل، في ذلك الفصل وحده، أكثر من ثلاثة أرباع الأمطار السنوية. وفي بعض المناطق من الإقليم المداري البحري، تكون النهاية العظمى للمطر في فصل الخريف، حينما ترتفع درجة حرارة مياه البحر، وتنخفض حرارة اليابسة، كما هو الحال في جزر الأنتيل، حيث يتساقط نحو ١٠٨ سنتيمترات من

الأمطار، في الفترة الممتدة من سبتمبر حتى نوفمبر؛ بينما يناهز متوسطها الفصلي، في الشتاء والصيف والربيع، ٨٢، ٩٥، ١٧ سنتيمتراً، على التوالي.

وفي مناطق أخرى من ذلك الإقليم المناخي، وبخاصة تلك القريبة من المنطقة الاستوائية، تكون النهاية العظمى للأمطار في فصل الصيف؛ نظراً إلى سيطرة الركود الاستوائي، مدة أطول، وما يصاحبه من أمطار حملانية، كما هو الحال في جزيرة ترينيداد الواقعة في البحر الكاريبي، والتي يهطل نحو ٤٠% من أمطارها السنوية، المقدَّرة بنحو ١٢٠ سنتيمتراً، خلال فصل الصيف؛ بينما تقدَّر نسبتها بنحو ١٤%، ١٢%، ٢٤%، في الشتاء، والربيع، والخريف، على التوالي.

ب. المناخ المداري القاري

يسود في داخل القارات، والمناطق الواقعة في ظل الرياح التجارية، التي تجعلها جافة؛ بينما يكون الصيف هو الفصل المطير.

(١) الحرارة

درجة الحرارة في هذا الإقليم أكثر ارتفاعاً منها في الإقليم الاستوائي؛ وذلك بسبب صفاء سمائه، وجفاف هوائه. ويتراوح متوسط درجة الحرارة، في أكثر شهور السنة حرارة ٣٤ و٤٥ درجة مئوية؛ ولكنها تهبط هبوطاً سريعاً، أثناء الليل، إلى نحو ١٠ درجات مئوية.

وهي تتزايد تزايداً تدريجياً، مع اقتراب فصل الصيف، وارتفاع الشمس واقترابها من زاوية السمت. ولا يخفف من حدَّتها إلاّ هطْل الأمطار؛ فالحرارة، في منجلا، في جنوبي السودان، تصل إلى ٢٨,٣ درجة مئوية، في شهر مارس، قبل بدء موسم هطْل الأمطار؛ ولكنها تنخفض إلى ٢٤,٤ درجة مئوية، في شهر يوليه ذي الأمطار الغزيرة. وقلّما يشعر الناس بهبوط درجة الحرارة، لاقتران تلك الأمطار بازدياد الرطوبة؛ ما يضعف الإحساس بالحرارة.

(٢) الأمطار

يكون فصل الشتاء، في إقليم المناخ المداري القاري، هو فصل الجفاف؛ لسيطرة الرياح التجارية الجافة في خلاله. أمّا في فصل الصيف، فيمتد إلى الإقليم نطاق الضغط الاستوائي المنخفض؛ ما يساعد على نشاط التيارات الهوائية الصاعدة، وسقوط الأمطار الحملانية. وتكون جهاته الجنوبية، المتاخمة للإقليم الاستوائي، أكثر مطراً، وفصلها المطير أطول، وأمطارها أكثر انتظاماً. غير أن الابتعاد عن خط الاستواء، يجعل الموسم المطير قصيراً، وأمطاره قليلة، وكذلك انتظامها. فتخوم الإقليمَين: المداري القاري والاستوائي، تصل فيها كمية الأمطار السنوية إلى ١٢٥ سنتيمتراً، ويطاول موسمها المطير ٨ أشهر؛ بينما تنخفض إلى نحو ٢٥ سنتيمتراً، في السنة، حيث يتاخم إقليم المناخ المداري القاري المناطق الصحراوية، إلى شماله، في نصف الكرة الشمالي، وإلى جنوبه في نصفها الجنوبي. ولا يتعدى طول الفصل المطير أربعة أشهر.

كما تتباين كميات المطر السنوية، في المنطقة الواحدة من هذا الإقليم المناخي؛ إذ تفوق في بعض السنوات، ضعف معدلها السنوي؛ بينما تقلّ، في سنوات أخرى، عن نصف ذلك المعدل. وتفقِد الأمطار انتظامها السنوي كلما ابتعدت عن خط الاستواء، واقتربت من المناطق الصحراوية، إلى الشمال في نصف الكرة الشمالي، وإلى الجنوب في نصفها الجنوبي.

ويتسبب عدم الانتظام في هطول الأمطار بتذبذب كبير في الإنتاج الزراعي، ولاسيما في المناطق القريبة من الإقليم الصحراوي،؛ ما يسفر عن سنوات من المجاعات، كما هو معهود في ذلك الإقليم من القارة الإفريقية. ويزيد من هذه المعضلة، توافق فصل المطر وفصل الحرارة الشديدة، التي تقلِّل من فاعلية الأمطار وتبخِّر كمية كبيرة من المياه؛ إذ يزيد معدل التبخرنتج الكامن على ٢٤٥ سنتيمتراً، في العام؛ بينما لا يزيد معدل المطر السنوي على ٧٦ سنتيمتراً، أي أن معدل التبخرنتح الإمكاني، يزيد على ثلاثة أمثال معدل المطر السنوي.

كما أن طبيعة سقوط المطر، الذي يهطل بغزارة، قد تفوق، في اليوم الواحد، ١٢ سنتيمتراً، وقد تزيد، في الساعة الواحدة، على ٦ سنتيمترات . تسهم في فقدان كميات كبيرة منه، بالجريان السطحي إلى الأنهار والأودية، بدلاً من تغلغلها في التربة، حيث يُنتفَع بها.

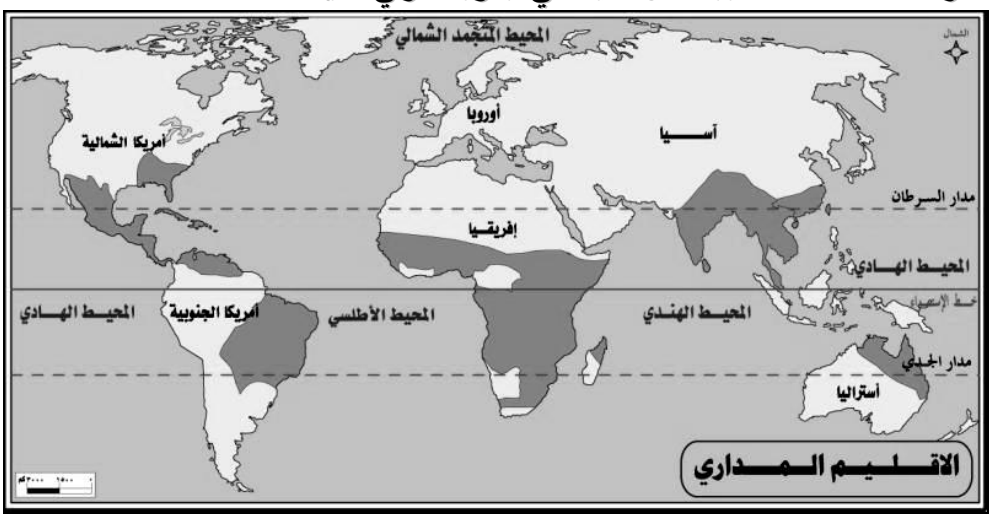
ج. المناخ المداري الموسمي

يوجد هذا المناخ حيث تتداخل الكتل اليابسة والمسطحات المائية تداخلاً كبيراً، مثل: جنوب شرقي آسيا وجزر الفيليبين، وشمالي أستراليا، وإثيوبيا والصومال في شرقي إفريقيا، واليمن في شبه الجزيرة العربية. ويتميز بموسم مطير، خلال فصل الصيف، مرتبط بهبوب الرياح الموسمية الصيفية، الناجمة عن اختلافات الهواء الحرارية على اليابسة وفوق المسطحات المائية المجاورة لها.

ولذلك، يتأثر الإقليم الموسمي بالكتل الهوائية المدارية القارية، في فصل الشتاء، بتلك الاستوائية والمدارية البحرية، في فصل الصيف. إذ إن انخفاض درجة الحرارة، في أواسط آسيا القارية، خلال فصل الشتاء، نحو ١٤ درجة مئوية، عنها في المناطق المشابهة لها في درجة العرض، إلاّ أنها غير قارية . يكوِّن مرتفعاً جوياً هائلاً، يضاعف قوة الضغط الجوي، الذي يكون منخفضاً، في فصل الشتاء، فوق المحيطَين: الهادي والهندي؛ ما يجعل الرياح تهب من منطقة الضغط المرتفع نحو تلك المنخفضة الضغط. وتكون تلك الرياح قوية، جافة، شديدة البرودة. ويبدأ هبوبها على جنوب شرقي آسيا منذ أكتوبر وحتى مارس. بعد ذلك، يأخذ الضغط الجوي المرتفع فوق أواسط آسيا بالانحسار، كلما اقتربت أشهر الصيف؛ ما يضعف الرياح الباردة، ويحدث تغيراً في اتجاهها.

أمّا في فصل الصيف، في نصف الكرة الشمالي، فتتعامد أشعة الشمس والعروض المدارية، وترتفع درجة الحرارة ارتفاعاً كبيراً، في داخل القارة الآسيوية، بمعدل ٩ درجات مئوية، عنها في العروض المشابهة لها؛ ما يكوِّن انخفاضاً جوياً عظيماً، يزيد عمقه على عمق نظيره الاستوائي. ويصاحب تكوُّن هذا المنخفض الجوي، في أواسط آسيا، وجود مرتفع جوي شبه مداري، فوق المحيطَين: الهندي والهادي؛ ما يجعل الرياح تهب من المرتفع الجوي فوقهما نحو المنخفض الجوي، في المناطق القارية.

وتسفر الرياح الرطبة عن هطْل أمطار غزيرة، وبخاصة حيثما تعترضها الجبال المرتفعة، مثل سلسلة جبال الهملايا، في جنوب شرقي آسيا.



التوزيع الجغرافي للإقليم المداري

٣. المناخ المعتدل

يتميز المناخ المعتدل Temperate Climate بالاعتدال الحراري. وهو نطاق محدود من ناحية القطبَين (الناحية الجنوبية في نصف الكرة الجنوبي، والناحية الشمالية في نصفها الشمالي) بالمناطق التي لا تنخفض درجة حرارتها عن ست درجات مئوية، مدة تزيد على ستة أشهر في السنة. وهو محدود، من ناحية خط الاستواء (ناحية الجنوب في نصف الكرة الشمالي، وناحية الشمال في نصفها الجنوبي) بنطاق المناخ المداري. ينحصر، إذاً، إقليم المناخ المعتدل بين خطَّي الحرارة المتساويَين: ١٨ درجة مئوية نحو خط الاستواء، وثلاث درجات مئوية تحت الصفر نحو القطب، لأبرد شهور السنة.

وتتسم الأحوال الجوية في نطاق المناخ المعتدل، بالاضطراب، وعدم الاستقرار؛ بسبب التقاء الكتل الهوائية المختلفة، وانتشار الضغوط والرياح، والتداخل الملحوظ بين المسطحات المائية واليابسة. ويكون التمايز الفصلي لكلٍّ من الضغط والرياح، والأمطار، ودرجة الحرارة، أكثر وضوحاً، في أجزائه القريبة من خط الاستواء، والمتاخمة لنطاق المناخ المداري. فحركة الشمس الظاهرة، التي يصحبها تنقّل الضغوط

الجوية الكبرى، تؤثر تأثيراً شديداً في هذا الجزء من الإقليم، فيسوْده الضغط المداري المرتفع، برياحه التجارية، في فصل الصيف، والرياح الغربية، المصحوبة بالاضطرابات الجوية، في فصل الشتاء. كما أن أجزاء نطاق المناخ المعتدل، المجاورة للنطاق المداري (الجزء الجنوبي من نطاق المناخ المعتدل في نصف الكرة الشمالي، والجزء الشمالي من نطاق المناخ المعتدل من نصف الكرة الجنوبي) لا تنخفض فيها درجة الحرارة، خلال فصل الشتاء، انخفاضاً كبيراً؛ فلا تحول دون نمو النبات. أمّا أجزاؤه المتاخمة للمناطق القطبية، فتنخفض فيها درجة الحرارة في الفصل نفسه، انخفاضاً كبيراً، يحول دون ذلك النمو، في هذا الموسم. ويقسم المناخ المعتدل، بحسب درجة الحرارة في فصل الشتاء، إلى إقليمَين مناخيَّين فرعيَّين، هما: إقليم المناخ المعتدل الدافئ، وإقليم المناخ المعتدل البارد.

أ. إقليم المناخ المعتدل الدافئ

يتميز المناخ المعتدل الدافئ بفصل شتاء قصير، لا يقلّ فيه متوسط الحرارة في أبرد شهور السنة عن ست درجات مئوية؛ وينحصر في النطاق الواقع بين درجتَي العرض ٢٥ و٤٠، شمالاً وجنوباً، في نصفي الكرة الشمالي والجنوبي.

يستمد الإقليم المعتدل الدافئ تأثراته الصيفية من جهة الشرق، والشتوية من جهة الغرب. ولذلك، يكون فصل الصيف جافاً، في الأطراف الغربية للقارات، وبحرياً في حافاتها الشرقية. أمّا في فصل الشتاء، الذي تكون فيه الدورة الهوائية الغربية أقلّ استقراراً من الدورة الهوائية الشرقية في فصل الصيف، فإن الظروف القارية الجافة، تكون أقل وضوحاً، في الحافات الشرقية للقارات. واستطراداً، فإن مناطق هذا الإقليم، الواقعة في شرقي القارات، تكون مطيرة في فصل الصيف، وشبه جافة في فصل الشتاء؛ بينما تكون أجزاؤه الواقعة في غربي القارات جافة في الفصل الأول، ومطيرة في الثاني.

(١) المناخ المعتدل الدافئ، في السواحل الغربية للقارات

يُعرف المناخ المعتدل الدافئ، في السواحل الغربية للقارات، بمناخ حوض البحر الأبيض المتوسط. ويَعُمّ ذلك الحوض، والساحل الغربي للولايات المتحدة الأمريكية في ولاية كاليفورنيا، والساحل الجنوبي الغربي لأستراليا، والأجزاء الجنوبية من القارة الإفريقية، والسواحل الغربية لأمريكا الجنوبية في شيلي. ويتميز هذا الإقليم بالجفاف وارتفاع درجة الحرارة في فصل الصيف، والأمطار الغزيرة والبرودة النسبية في فصل الشتاء، مع اختلافات طفيفة بين المواقع المختلفة، داخل هذا الإقليم الفرعي؛ إذ كلما اقتربت من خط الاستواء، قلّت كمية المطر الشتوي، وتأخر بدء موسمه، وتقدم أوان انتهائه.

ويتراوح متوسط الحرارة في أبرد شهور السنة، في أقاليم المناخ المعتدل الدافئ، في غربي القارات، بين ٦ و١٠ درجات مئوية؛ أمّا في أحرّها، فيراوح بين ٢١ و٢٨ درجة مئوية. ويكون المدى الحراري في السواحل قليلاً؛ ولكنه يزداد بالابتعاد عنها، حيث تضعف التأثيرات البحرية. ويكون التأثير البحري أكثر وضوحاً في سواحل المحيطات، التي تتميز بصيف منخفض الحرارة؛ بسبب التيارات المائية المحيطية الباردة، المتجهة نحو خط الاستواء، والتي تقترب من السواحل الغربية للقارات، في هذه العروض.

تتمخض المنخفضات الجوية، وانتقال نطاق الرياح الغربية نحو خط الاستواء، في فصل الشتاء بأمطار هذا الإقليم الشتوية. وينهمر أكثر أمطاره السنوية على السفوح الغربية لسلاسله الجبلية، التي تواجه الرياح الغربية الرطبة، المتصاعدة إلى حيث تبرُد وتتكاثف، فتتساقط مطراً تضاريسياً. أمّا في المناطق غير الجبلية، فإن الأمطار تكون أمطاراً إعصارية.

ويستأثر فصل الشتاء، وشهر يناير خاصة، بأمطار هذا الإقليم المناخي، والتي تراوح كميتها السنوية بين ٤٠٠ و٩٠٠ مليمتر، وقد تفوق ١٥٠٠ مليمتر، على الشواطئ الغربية، ذات السلاسل الجبلية. وهي تتناقص كلما ابتعدت، شرقاً، عن المسطحات المائية، وجنوباً عن مجال تأثيرات المنخفضات الجوية.

(٢) المناخ المعتدل الدافئ على السواحل الشرقية للقارات

تختلف، في هذا المناخ، السواحل الشرقية والغربية للقارات، في كمية المطر وتوزُّعه. فالرياح التجارية، التي تسبب الجفاف، خلال فصل الصيف، في غربي القارات، تُعَد رياحاً مطيرة، في شرقيها. والرياح الإعصارية، الغربية التي تجلب الأمطار لهذا الإقليم، في غربي القارات، تكون قارية جافة على سواحلها الشرقية. ولذلك، تفتقر السواحل الشرقية، تشاءاً، إلى الأمطارن التي تستأثر بها نظيرتها الغربية؛ ولكنها تستعيض بصيفها المطير الذي يكون جافاً في السواحل الغربية. فأمطار السواحل الشرقية، تتوزَّع، إذاً، على شهور السنة؛ بينما تنحصر أمطار تلك الغربية في أشهر الشتاء.

وشتاء هذا الإقليم معتدل الحرارة، التي يناهز متوسطها عشر درجات مئوية. وصيفه حار، ورطب، نتيجة لهبوب الرياح الجنوبية الشرقية المدارية البحرية؛ إذ تكاد ترتفع إبّانه الحرارة، يومياً، لتفوق ٣٣ درجة مئوية. أمّا متوسط الحرارة، في فصل الخريف، فيراوح بين ١٥ و٢٥ درجة مئوية؛ وفي فصل الربيع، يراوح بين ١٠ درجات و٢٠ درجة.

ب. إقليم المناخ المعتدل البارد

هو نطاق من المناخ المعتدل، شتاؤه بارد طويل، يمنع نمو النبات، ويعوق النشاط الزراعي، ويفصل بينه وبين الإقليم المعتدل الدافئ خط الحرارة، البالغ ست درجات مئوية، في أبرد شهور السنة.

(١) الضغط الجوي والرياح

تكون الرياح الغربية، السائدة في الإقليم المعتدل البارد، مستقرة في طبقات الجو العليا؛ ولكنها مضطربة، قرب سطح الأرض؛ بسبب مرور المنخفضات وأضدادها، والتغيرات الفصلية في نُظُم الضغط القارية. ففي فصل الشتاء، ينشأ، في نصف الكرة الشمالي، ضغوط مرتفعة قارية، في أواسط القارات، وضغوط منخفضة على المحيطات. ينشأ عنها نُظُم من الرياح، يميل اتجاهها إلى الجنوب الغربي، على

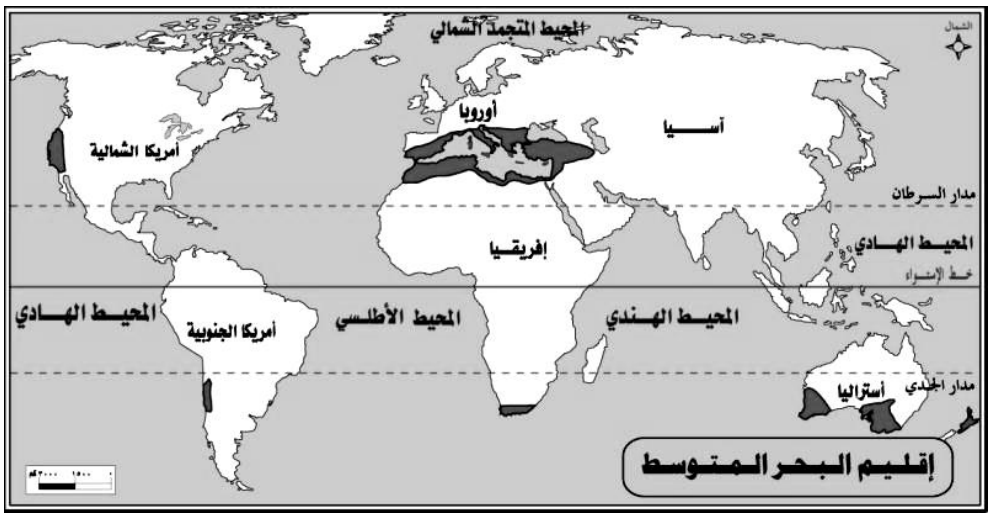
طول الحافات الغربية للقارات؛ وإلى الشمال الغربي، على نظيراتها الشرقية. أمّا أواسط القارات، فتكون تحت سيطرة الضغوط المرتفعة.

وفي فصل الصيف، تسيطر على أواسط القارات منخفضات قارية كبيرة؛ وتكاد بينما تختفي المنخفضات المحيطية تقريباً. ولذلك، يكون الاتجاه الرئيسي للرياح غربياً، على الأجزاء الغربية للقارات، وجنوبياً غربياً على الأجزاء الشرقية.

(٢) الحرارة

تتباين درجات الحرارة في أجزاء المناخ المعتدل البارد. ويسهم القرب من البحار والمحيطات والبعد عنها، بدور كبير في ذلك؛ إذ يزداد التطرف الحراري، بازدياد الابتعاد عن السواحل، والتوغل في اليابسة؛ حيث يهبط المتوسط الشهري للحرارة، في بعض أشهر الشتاء، إلى ١٤ درجة مئوية تحت الصفر، ويفوق ٢٧ درجة مئوية في بعض أشهر الصيف. وتناهز الحرارة العظمى، في هذه المناطق الداخلية، ٤٩ درجة مئوية، في فصل الصيف؛ وتنخفض نقيضتها الصغرى إلى أقلّ من ٢٣ درجة مئوية تحت الصفر. وتبلغ الحرارة تهايتَيها: العظمى والصغرى في يوليه ويناير.

أمّا في المناطق الساحلية، من الإقليم المعتدل البارد، فإن المدى الحراري السنوي، لا يتعدى ثماني درجات مئوية؛ ويندر الصقيع، وتجاوز متوسط الحرارة، في أحر الأشهر، ٢٤ درجة مئوية. وتتأخر النهايتان: العظمى والصغرى، في المناطق الساحلية، عن نظيرتيهما في المناطق القارية من الإقليم نفسه؛ إذ تواطئان في أغسطس وفبراير. كما يكون فصل الخريف، دائماً، أحر من فصل الربيع، في الأقاليم الساحلية.



التوزيع الجغرافي لإقليم البحر المتوسط المعتدل

(٣) الأمطار

تَغْزُر الأمطار على السواحل الغربية للقارات، في هذا الإقليم المناخي؛ وتتناقص كلما اتجهت نحو الشرق؛ إذ إن الرياح، التي جلبتها، هي رياح غربية. وتزداد غزارة، إنْ واجهت تلك الرياح سلاسل جبلية، قرب السواحل، فتراوح كميتها السنوية بين ٢٠٠ سنتيمتر و٢٥٠ سنتيمتراً، بل قد تصل إلى ٥٠٠ سنتيمتر في بعض الأماكن، مثل: مدينة هوكتيكا في جزيرة نيوزيلاندا، ومدينة باهيافيلكس في شيلي في غربي أمريكا اللاتينية؛ وكلتاهما تقع في نصف الكرة الجنوبي، حيث الرياح الغربية أشد قوة، والمسطحات المائية أكبر اتساعاً.

أمّا المناطق الواقعة على السواحل الشرقية للقارات، من هذا الإقليم المناخي، فإن هناك مصدراً آخر للأمطار، هو المصدر الموسمي، في فصل الصيف، كما هو الحال في شمال شرقي الصين، واليابان.

وتتساقط الثلوج، كلّ عام، في جميع أرجاء الإقليم المعتدل البارد سواء في المناطق الساحلية أو الداخلية، أو الأجزاء الجنوبية أو الشمالية؛ إلاّ أن الغطاء الثلجي لا يبقى طويلاً، إلا في المناطق الداخلية القارية. وتقلّ فترة تساقطه في الجنوب والغرب، فتبلغ مثلاً، ٤٧ يوماً في وارسو في بولندا، و٢٤ يوماً في برلين في ألمانيا، و١٤ يوماً في باريس في فرنسا، وثلاثة أيام في جزيرة سيلي.

٤. إقليم المناخ البارد:

يمتد نطاقه بين خطَّي العرض ٥٠ و٥٥ درجة شمالاً في نصف الكرة الشمالي، وخطَّي العرض ٥٠ و٦٥ درجة جنوباً في نصفها الجنوبي، حيث تزداد مساحة المسطحات المائية. تحدّه، من ناحية القطبَين، منطقة التندرا؛ ومن ناحية خط الاستواء، نطاق المناخ المعتدل البارد. والمدى السنوي لدرجة الحرارة، في هذا الإقليم المناخي، أكبر منه في أيٍّ من المناخات الأخرى.

ومتوسط الحرارة، أحر شهور السنة، في هذا الإقليم، لا يقل عن عشر درجات مئوية، ولا يزيد متوسطها الشهري، لستة أشهر، على ست درجات مئوية. ويمثل خط الحرارة عشر درجات مئوية، في أحر شهور السنة، حد نموّ الأشجار وانتشارها، حيث تسود الغابات الصنوبرية، إلى جنوبه، وحشائش التندرا، إلى شماله، في نصف الكرة الشمالي، والعكس صحيح في نصفها الجنوبي. ولا يبدأ نموّ معظم النباتات ونشاطها، إلاّ حينما تبلغ درجة الحرارة الشهرية ست درجات مئوية، والتي تعرف بصفر النمو النباتي.

ولا يتأثر نطاق المناخ البارد بالرياح الغربية تأثُّر إقليم المناخ المعتدل البارد بها، ولذلك تتشابه الخصائص المناخية، في كلٍّ من أجزاء الأول الساحلية، ومناطق الثاني البحرية. وبالابتعاد عن السواحل، تبدأ صفة القارية بالازدياد، حيث يرتفع المدى الحراري، السنوي واليومي؛ وتقلّ كمية الأمطار السنوية؛ وتتركز النهاية القصوى للأمطار في فصل الصيف، بدلاً من الشتاء، في الأجزاء الساحلية.

ويشغل المناخ البارد، في نصف الكرة الشمالي، الجزء الأكبر من مساحة شبه جزيرة إسكندنافيا (النرويج والسويد)، في أوروبا، وشمالي روسيا في آسيا، وشمالي أمريكا الشمالية، من ألاسكا الأمريكية في الغرب إلى خليج هدسون في شرقي كندا. ولا يظهر، في نصف الكرة الجنوبي، ظهوراً واضحاً، إلاّ في أجزاء قليلة، في الطرف الجنوبي من أمريكا الجنوبية.

وينقسم المناخ البارد إلى ثلاثة أقاليم مناخية فرعية، هي: إقليم المناخ البارد، في السواحل الغربية للقارات؛ وإقليم المناخ البارد القاري، في وسطها؛ وإقليم المناخ البارد الموسمي، في السواحل الشرقية لقارة آسيا.

أ. إقليم المناخ البارد، في السواحل الغربية

يتمثل هذا الإقليم المناخي تمثلاً واضحاً في المناطق الساحلية من النرويج، المطلة على المحيط الأطلسي؛ والأجزاء الساحلية من ولاية ألاسكا الأمريكية وغربي كندا، المشرفة على المحيط الهادي.

(١) الحرارة

يتميز المناخ البارد، في السواحل الغربية للقارات، بشتاء معتدل، مقارنة بشتاء الإقليم المناخي نفسه، في المناطق القارية؛ وذلك راجع إلى تأثير التيارات المحيطية الدافئة، الآتية من المناطق الاستوائية، والتي تخفف من حدّة برودة ذلك الفصل، كما هو واضح في السواحل النرويجية الخالية من الجليد، طوال العام؛ على وقوعها شمال الدائرة القطبية؛ ولذلك لا تتوقف الملاحة فيها، في أيٍّ من شهور السنة.

إلاّ أن ظاهرة الدفء النسبي، تنحصر في شريط ساحلي ضيق، سرعان ما تضمحل بالابتعاد قليلاً عن التأثير البحري؛ إن الحرارة في رؤوس الخلجان، يراوح انخفاضها بين درجتَين و٥ درجات مئوية، عنها في مداخل الخلجان نفسها؛ ما يجمد الماء في تلك الرؤوس، ويبقيه سائلاً في المداخل الآنفة. وفي هذا الإقليم المناخي، تتأخر نهايتا الحرارة: الصغرى والعظمى فتواطئان يناير، وأغسطس.

ويقلّ متوسط الحرارة، في يوليه، عن ١٥,٦ درجة مئوية، في الأجزاء الجنوبية من هذا الإقليم البارد البحري؛ ويقلّ نحو عشر درجات مئوية، في الأجزاء الشمالية. وعلى الرغم من أن هذه الحرارة، لا تكفي لنضج الكثير من المحاصيل الزراعية، إلاّ أن طول أيام الصيف، يعوض عن ذلك؛ ففي المناطق الشمالية، تطلع الشمس، ولا تختفي خلف الأفق، في الفترة الممتدة بين ١٢ مايو و١٩ يوليه.

(٢) الأمطار

تكاد أمطار المناخ البارد، في السواحل الغربية للقارات، تتوزَّع على جميع شهور السنة؛ إلاّ أنها تزداد في الخريف والشتاء، بسبب ازدياد نشاط المنخفضات الجوية، في هذيَن الفصلَين. كما أن الرياح الغربية، التي تمر فوق التيارات البحرية الدافئة، في المحيطَين: الأطلسي والهادي تشكل مصدراً آخر للأمطار في هذا الإقليم. ويوضح (جدول كمية التساقط السنوية وفصليتها، في عَيِّنات من المناخ البارد، على السواحل الغربية للقارات) كميتها وفصليتها، في بعض أجزائه. وتساعد برودة فصل الشتاء على تساقط الأمطار ثلوجاً، تتراكم على الجبال والمنحدرات، ليبدأ ذوبانها في فصلَي الربيع والصيف.

ب. إقليم المناخ البارد القاري

يتمثل هذا النوع القاري، من المناخ البارد، في المناطق البعيدة عن التأثيرات البحرية، مثل: شمالي كندا، وشمالي أوراسيا، وخاصة في سيبيريا. أمّا في نصف الكرة الجنوبي، حيث تنحسر اليابسة انحساراً كبيراً عند هذه العروض، فلا وجود لهذا النوع القاري من المناخ البارد.

(١) الحرارة

يكون الشتاء، في الأقاليم القارية من المناخ البارد، بارداً وطويلاً، وينجم عن البرودة الشديدة تكوُّن ضغط مرتفع على المناطق القارية، يحول دون توغل المؤثرات البحرية في الداخل. أمّا الصيف، في تلك الأقاليم القارية، فيكون قصيراً؛ ما يجعل التطرف الحراري السنوي كبيراً جداً. ويكون التطرف الحراري، في أوراسيا، أشد منه في كندا؛ لاتساع الأُولى، وضيق الثانية نسبياً. ويزداد التطرف الحراري بازدياد الإيغال في اليابسة؛ وتوضح ذلك مقارنة درجة الحرارة، في شهر يناير، في عدة أماكن تكاد تقع كلها على خط عرض واحد. وهي تزداد لابتعادها عن التأثير البحري، فمتوسط الحرارة، في يناير في مدينة برغن، درجة مئوية واحدة ونصف الدرجة، وفي أوسلو ٤,٥ درجات مئوية تحت الصفر، وفي هلسنكي ٧ درجات مئوية تحت الصفر، وفي لينينجراد ٩,٥

درجات تحت الصفر المئوي، وفي توبولسك ١٩ درجة مئوية تحت الصفر، وأخيراً في أولكمنسك، الأبعد عن التأثيرات البحرية، ٣٢ درجة مئوية تحت الصفر.

أمّا فصل الصيف، القصير، فهو دافئ؛ إذ متوسط الحرارة، في توبولسك، ١٥ درجة مئوية، في يونيه، و١٨ درجة مئوية، في يوليه؛ وقد تفوق درجة الحرارة العظمى ٣٣ درجة مئوية. ويكون النهار طويلاً جداً، في فصل الصيف،؛ إذ يناهز طوله، في شهر يونيه، ١٧,٣ ساعة، عند درجة العرض ٥٥ شمالاً؛ و١٨,٨ ساعة، عند درجة العرض ٦٠ شمالاً؛ و٢٣,١ ساعة، عند درجة العرض ٦٥ شمالاً. وتكون الشمس قريبة من الأفق، حتى إن ميلها لا يتجاوز ١٨ درجة.

(٢) التساقط

يتساقط معظم الأمطار، في الأقاليم القارية من المناخ البارد، إبّان فصل الصيف؛ ولكن فصل الشتاء، ليس جافاً تماماً. ويرجع ذلك إلى عوامل عدة، أهمها:

(أ) انخفاض الرطوبة النوعية، أو كمية بخار الماء الموجود في الهواء، انخفاضاً كبيراً، في المناطق القارية، في فصل الشتاء؛ بينما تبلغ ذروتها في فصل الصيف الدافئ نسبياً.

(ب) هبوط الهواء، في فصل الشتاء، بسبب سيطرة الضغوط الجوية المرتفعة. يُحْدِث انقلاباً حرارياً، يزيد حالة الثبات في الكتل الهوائية، فيحول دون آليات التساقط.

(ج) عجز المنخفضات الجوية عن التغلغل في الأقاليم القارية، خلال فصل الشتاء، بسبب سيطرة الضغوط الجوية القارية المرتفعة.

(د) تقلُّب حالة الهواء، الذي يعلو السطح مباشرة، في أشهر الصيف الحارة نسبياً؛ ما يتسبب بتساقط أمطار من النوع الحملاني؛ بينما يحدث العكس تماماً، خلال فصل الشتاء.

ويندر أن تزيد كمية التساقط السنوي، في الأقاليم القارية من المناخ البارد، على ٧٥ سنتيمتراً؛ بل تَقِلّ في معظم الجهات عن ٥٠ سنتيمتراً. وتتناقص كلّما اتجهت نحو الشرق، بسبب تناقص المطر، الجبهي والإعصاري والتضاريسي، على الرغم من تزايد المطر الحملاني. ويوضح (توزُّع الأمطار السنوية على فصول السنة، في عَيِّنات قارية

من المناخ البارد) توزُّع الأمطار السنوية على فصول السنة، في أماكن مختارة من تلك الأقاليم.

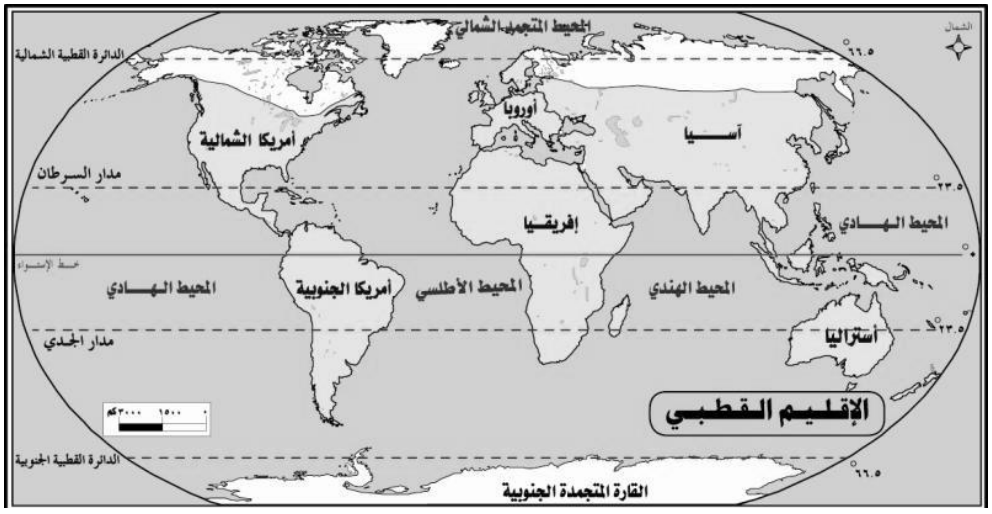
٥. المناخ القطبي

يتمثل المناخ القطبي في مناطق المناخ البارد، المتاخمة للقطبَين. ويشكل خط الحرارة، المتساوي عشر درجات مئوية، في أحر شهور السنة، الحدود الجنوبية لهذا الإقليم في نصف الكرة الشمالي، والحدود الشمالية في نصفها الجنوبي. يماشي ذلك الخط، إلى حدٍّ كبير، درجة العرض ٥٠ جنوباً، في نصف الكرة الجنوبي، حيث يكون في عرض المحيط، بعيداً عن القارات؛ باستثناء قارة أمريكا الجنوبية التي يمر بطرفها الجنوبي. أمّا في نصف الكرة الشمالي، فيكثر تعرُّجه جنوباً وشمالاً، من درجة العرض ٦٠ شمالاً.

ولا ترتفع درجة الحرارة عن الصفر المئوي، في أجزاء كثيرة من المناخ القطبي، مثل: القارة القطبية الجنوبية (إنتاركتيكا)، وأواسط جزيرة جرينلدا، والقطب الشمالي. إلاّ أن أجزاء منه، ترتفع فيها درجة حرارة الأشهر الحارة إلى ما فوق الصفر المئوي، ولاسيما المناطق الساحلية الغربية، القريبة من التأثيرات البحرية، مثل: جزيرة فرانجل، والمناطق الساحلية من جزيرة جرينلدا، وأوراسيا القطبية. وقلّما تتساقط الأمطار، في المناخ القطبي، إذ تقتصر على بعض أماكنه، حيث تراوح كميتها بين ٢٠ و٣٠ سنتيمتراً؛ بيد أن الثلوج، تتساقط على معظم أجزائه؛ إضافة إلى اتسام بعض الشهور بالجفاف النسبي. ولذلك، يقسم المناخ القطبي إلى إقليمَين ثانويَّين يفصل بينهما خط الحرارة، البالغ صفر درجة مئوية، في أحر شهور السنة، وهما: إقليم مناخ التندرا، وإقليم مناخ الصقيع الدائم.

ويتمثل مناخ التندرا في مناطق المناخ القطبي الساحلية، حيث الصيف قصير، ترتفع فيه درجة الحرارة عن الصفر المئوي؛ ما يذيب الثلوج فترة كافية لنمو نباتات التندرا. ولا يصل متوسط أحر شهور السنة إلى عشر درجات مئوية فوق الصفر. خريف هذا الإقليم أكثر دفئاً من ربيعه، الذي يؤخر حلوله الغطاء الثلجي.

أمّا مناخ الصقيع الدائم، فيسود معظم نطاق المناخ القطبي، ولا تتجاوز درجة الحرارة فيه الصفر المئوي، في أيٍّ من شهور السنة؛ فهو، إذاً، بلا صيف، ولا يمكن النباتات أن تنمو فيه.



التوزيع الجغرافي للإقليم المناخي القطبي
(المناطق البيضاء حول القطبين الشمالي والجنوبي)

أ. الحرارة

يتسم إقليم المناخ القطبي بالمدى الحراري السنوي الكبير، الذي يزيد على ٣٠ درجة مئوية؛ إذ يصل إلى ٣٦ درجة مئوية، في القطب الشمالي، وفي جرينلاند؛ ويطاول ٤٤ درجة مئوية، في يوريكا، في شمالي كندا.

وتتأثر درجة حرارة الشتاء، جزئياً، بتوزُّع اليابس والماء. وتواطئ نهايتها الصغرى شهر مارس؛ فتبلغ خمس درجات مئوية تحت الصفر، في جزيرة ماين، المتأثرة بتيار الأطلسي الشمالي؛ و٣٨ درجة مئوية تحت الصفر، على الساحل السيبيري، الذي لا يتأثر بالتيارات البحرية؛ و٤٧,٢ درجة مئوية تحت الصفر، في أواسط جزيرة جرينلاند؛ و٨٥ درجة مئوية تحت الصفر، في فوستك.

ب. التساقط

قد تهطل الأمطار، إبّان الصيف، في المناخ القطبي؛ إذ إن معظمها تتساقط على مناطقه ثلوجاً، يصعب قياس كميتها الفعلية؛ لِلَّبْس في تساقطها من السحب، أو ذَرْو الرياح إياها من الثلوج الموجودة من قبل على سطح الأرض. ويُعَد التساقط ضئيلاً جداً، يراوح بين ٢٠ و٣٠ سنتيمتراً، سنوياً، في معظم أجزاء الإقليم. وقد تزداد كمية التساقط السنوية، في بعض المناطق المتأثرة بالمنخفضات الجوية، فتناهز ٩٠ سنتيمتراً في جنوب شرقي جزيرة جرينلاند، و٧٣ سنتيمتراً في جزيرة جان ماين. وتقلّ في مناطق أخرى عن ٢٠ سنتيمتراً، فتطاول ١٠٤ مليمترات في بحر بورفورت، و١٤٦ مليمتراً في الجزر الكندية، و١٠٩ مليمترات في أواسط جزيرة جرينلاند. وتواطئ النهاية العظمى للتساقط فصل الشتاء، في المناطق الساحلية، حيث المنخفضات الجوية أكثر عمقاً وتكراراً؛ وفصل الصيف، في المناطق القارية، المتأثرة بالضغوط القارية المرتفعة.

*** المناخات اللانطاقية:**

يخفي التوزُّع النطاقي لمناخات العالم كثيراً من الاختلافات الإقليمية، الناجمة عن عوامل ثانوية، مثل الموقع والارتفاع؛ إذ قلَّما تتشابه منطقتان تشابهاً مناخياً كاملاً، وإنْ كانتا في نطاق مناخي واحد. وقد تتشابه الخصائص العامة لمناطق، تقع في نطاقات مناخية مختلفة.

فنطاق المناخات: الاستوائي، والمداري، والمعتدل، والبارد، يشتمل على مناخ جبلي، على اختلاف خصائصهما. وكذلك، تنتشر المناخات الصحراوية في نُطُق مناخية مختلفة، منها المداري والبارد، والقاري والساحلي.

١. المناخ الصحراوي

يتسم المناخ الصحراوي بالجفاف، الذي لا يرتبط بكمية أمطاره فقط، بل بدرجة الحرارة، وسرعة الرياح، والرطوبة الجوية، ونوعية التربة كذلك. وعلى الرغم من أن كثيراً من العلماء، يحددون المناخ الصحراوي بالمناطق، التي لا تزيد فيها كمية المطر السنوية على ٢٥٠ مليمتراً، فإن منطقة التندرا، التي لا تزيد كميتها على ذلك، لا تُعَد منطقة صحراوية. وكذلك بعض المناطق، التي تناهز أمطارها السنوية ٥٠٠ مليمتر

تتسم بالجفاف، وعدم قدرتها على إنتاج أي محصول زراعي؛ لأنها تَفقِد معظم الأمطار بالتبخر والجريان السطحي.

لذا، فإنه لا يمكن تحديد المناخ الصحراوي، بالاعتماد على معدل المطر السنوي فقط، بل بمراعاة قِلّته أو زيادته على معدل التبخر والنتح الإمكاني السنوي كذلك؛ إضافة إلى فصل سقوط الأمطار. ومعدل التبخر والنتح الإمكاني، يعتمد اعتماداً أساسياً على كمية الأشعة الشمسية الساقطة، ودرجة الحرارة، ورطوبة الهواء، وسرعة الرياح؛ ولذلك، فهو، في المناطق الحارة، إبّان الصيف خاصة، أعلى منه في المناطق الباردة، ولاسيما في فصل الشتاء.

ومعظم المناخات النطاقية، تتراجع فاعلية المطر فيها، في غير اتجاه، لتتحول إلى مناخات صحراوية. فالمناخ المداري، تتراجع فاعلية المطر فيه، في اتجاه الشمال، في نصف الكرة الشمالي، وفي اتجاه الجنوب، في نصفها الجنوبي؛ ليصبح مناخاً صحراوياً. أمّا المناخ المعتدل الدافئ، فإنه يتحول إلى مناخ صحراوي، عند تجاوز حدود المناطق المتأثرة بالرياح الغربية، في الجزء الجنوبي منه، في نصف الكرة الشمالي، وفي الجزء الشمالي من النطاق نفسه، في نصفها الجنوبي. كما أن المناخ البارد، يتحول، تدريجاً، إلى مناخ صحراوي، بالاتجاه شرقاً من السواحل الغربية للقارات، حيث الرياح الغربية، قد فقدت معظم رطوبتها.

وتقسم الصحاري إلى نوعَين؛ بحسب درجة حرارة فصل الشتاء: صحارٍ حارة وأخرى باردة. فالأُولى هي تلك التي لا يقلّ متوسط حرارتها، في أبرد شهور السنة، عن ست درجات مئوية؛ والصحاري الباردة، هي ما قلّ متوسط حرارتها عن ذلك.

أ. الصحاري الحارة

تنشأ الصحاري، المدارية وشبه المدارية، أساساً، عن الضغوط الجوية المرتفعة، ذات الهواء الهابط. وتسهم في نشوئها، كذلك، التيارات المحيطية الباردة، قرب السواحل الغربية للقارات، في العروض المنخفضة. وتسود الصحاري الحارة بين خطَّي العرض ١٥ و٣٠ درجة، شمالاً وجنوباً، في نصفَي الكرة، الشمالي والجنوبي، على التوالي؛ فلا تصل، إذاً، إلى الأطراف الشرقية من القارات، التي تسودها مناخات مدارية موسمية؛

ولكنها تمتد، غرباً، إلى سواحلها المتأثرة بالتيارات المحيطية الباردة. وتنقسم الصحاري الحارة، وفقاً لمواقعها وعوامل نشوئها، إلى نوعَين، هما: الصحاري الحارة القارية، والصحاري الحارة الساحلية. ويتشابه هذان النوعان في قِلة الأمطار، وهبوط فاعليتها؛ ويختلفان في فصليتها، ودرجة الحرارة، وعوامل المناخ الأخرى.

(١) الصحاري الحارة القارية

تسود الصحاري الحارة القارية عروض الضغوط المرتفعة المدارية، حيث الهواء هابط؛ ما يحُول دون التكاثف، ثم التساقط؛ وتقع في وسط القارات وغربيها، بعيداً عن الرياح الموسمية، التي تهب على غربي القارات، في تلك العروض. وهي تتسم بقِلة الأمطار السنوية وتذبذبها؛ إذ يبلغ تساقطها، في بعض السنوات، ضعف متوسطها السنوي؛ ولا يتجاوز، في سنوات أخرى، ٢٥% منه. وتتسم الأمطار، في هذه الصحاري، بفجائيتها وغزارتها؛ إذ قد يتساقط أكثر من نصف الأمطار السنوية، في يوم واحد، بل في ساعات منه؛ ما قد يسبب سيولاً وفيضانات جارفة. ومصداق ذلك مدينة يوما، في صحراء أريزونا، في جنوب غربي الولايات المتحدة الأمريكية، والتي تلقت ٢٨٠ مليمتراً من الأمطار، عام ١٩٠٥؛ بينما لم تتلقَّ سوى ٢٥ مليمتراً، عام ١٨٩٩. أمّا محطة تامنراسيت، في الجزائر، الواقعة في الصحراء الكبرى، في شمالي القارة الإفريقية، فقد تلقت، في إحدى السنوات، نحو ١٦٠ مليمتراً؛ بينما لم تتلق سوى ٦ مليمترات، في سنة أخرى.

والرطوبة النسبية للهواء منخفضة جداً، في الصحاري الحارة القارية؛ إذ تراوح بين ٣٦%، في فصل الشتاء، و٢٥%، في فصل الصيف؛ وقد تَقِلّ عن ١٥%، في بعض الأيام. وهي في الليل أعلى منها في النهار؛ نظراً إلى عملية التبريد، أثناء الليل، من خلال فقدان الأرض لحرارتها، الناجمة عن التسخين الحاد لأشعة الشمس شبه العمودية، أثناء النهار. ويزيد من حدة التسخين النهاري، والتبريد الليلي، أن السماء خالية من الغيوم؛ ما يسمح لأشعة الشمس بالوصول إلى السطح، أثناء النهار؛ ويتيح للأشعة الطويلة المنبعثة منه، أثناء الليل، الخروج من الغلاف الجوي.

والمدى الحراري، السنوي (فرق في متوسط الحرارة بي أحر شهور السنة وأبردها)، واليومي (الفرق بين درجة الحرارة العظمى، أثناء النهار، ودرجتها الصغرى، أثناء الليل) .كبير جداً، في الصحاري الحارة القارية، حيث يراوح أوّلهما بين ١١ و١٧ درجة مئوية؛ ويتراوح الثاني بين ١٤ و٢٥ درجة مئوية؛ بل قد يطاول، في بعض الحالات ٤٠ درجة مئوية. وكثيراً ما تتعدى درجة الحرارة العظمى، أثناء فصل الصيف، في بعض مناطق الصحاري الحارة القارية، الخمسين درجة مئوية؛ بل بلغت ٥٧ درجة مئوية، في وادي الموت، في جنوبي ولاية كاليفورنيا، في جنوب غربي الولايات المتحدة الأمريكية؛ و٥٨ درجة مئوية، في الصحراء الكبرى، في ليبيا. أمّا درجة الحرارة الصغرى، فكثيراً ما تنخفض إلى ما دون الصفر المئوي، بل قد تهبط، أثناء الليل، في أبرد شهور السنة، إلى عشر درجات دونه.

ومن أهم الصحاري الحارة القارية: الصحراء الكبرى، والصحراء العربية، والصحراء الإيرانية، والصحراء الهندية، والصحراء الأسترالية، والصحراء الأمريكية، والصحراء الجنوب إفريقية، وصحراء القرن الإفريقي.

(أ) الصحراء الكبرى

الصحراء الكبرى Sahara Deset، هي أكبر صحاري العالم؛ إذ تغطي مساحة شاسعة من شمالي القارة الإفريقية، تمتد من المحيط الأطلسي، في الغرب، إلى البحر الأحمر، في الشرق، يناهز طولها ٥١٥٠ كيلومتراً (٣٢٠٠ ميل). كما تمتد من سواحل البحر الأبيض المتوسط، شمالاً، إلى حوض نهر النيجر، في الجنوب، ليناهز عرضها ١٦١٠ كيلومترات (ألف ميل). وتقدَّر هذه المساحة الشاسعة بنحو ٩٠٦٥٠٠ كيلومتر مربع (٣,٥ ملايين ميل مربع). وتضم المغرب، وموريتانيا، والصحراء الغربية، والجزائر، وتونس، وليبيا، وتشاد، ومصر، والأجزاء الشمالية من السودان، ومالي، والنيجر.

والمطر قليل جداً، في الصحراء الكبرى، حيث لا يزيد معدله السنوي على ٥ سنتيمترات. ويزداد هذا المعدل قِلَّةً، في الأجزاء الداخلية، فلا يتجاوز، في القاهرة، ثلاثة سنتيمترات؛ بل هو دون ذلك، في الصحراء الليبية. أمّا في الأجزاء الساحلية، فقد يزيد

على عشرة سنتيمترات. وتهطل الأمطار على الأجزاء الشمالية من الصحراء الكبرى، خلال فصل الشتاء، بسبب مرور المنخفضات الجوية الجبهية، الآتية من الغرب. أما أجزاؤها الجنوبية فتهطل أمطارها في فصل الصيف؛ نظراً إلى انتقال نطاق الأمطار الحملانية الاستوائية نحو الشمال.

(ب) الصحراء العربية

تشغل الصحراء العربية الجزء الجنوبي الشرقي من قارة آسيا، فتشمل شبه الجزيرة العربية (المملكة العربية السعودية، الكويت، البحرين، قطر، الإمارات العربية المتحدة، سلطنة عُمان، الجمهورية العربية اليمنية)، والعراق، وسورية، ولبنان، والأردن وفلسطين.

وتَشِحّ الأمطار في الصحراء العربية، لموقعها، الفلكي والجغرافي. فوقوعها، فلكياً، في النطاق شبه المداري، الذي يسوده نظام الضغط المرتفع، ذو الهواء العلوي الهابط . يحُول دون التكاثف والتساقط. ووقوعها، جغرافياً، في جنوب شرقي آسيا، القارة الرحيبة . يحرمها التأثيرات البحرية الموسمية. يَسُوْق الأمطار إليها، في أواخر الخريف، وفي فصل الشتاء، وأوائل الربيع، بعض المنخفضات الحركية، الآتية من الغرب، والتي تجلب معها رطوبة، وتسبِّب عدم استقرار، ينجم عنه، في بعض الأحيان، تساقط. وتأثير المنخفضات الحركية، يكون واضحاً، في الأجزاء الشمالية من الصحراء العربية؛ ويتضاءل بالاتجاه نحو أجزائها الجنوبية، فيكاد يضمحل في المملكة العربية السعودية، واليمن، وعمان.

(٢) الصحاري الحارة الساحلية

ما كان للصحاري الحارة الساحلية، أن تنشأ في العروض شبه المدارية، على السواحل الغربية للقارات، لولا التيارات المائية الباردة، مثل: تيار همبولدت البارد، في المحيط الهادي، بمحاذاة السواحل الغربية لبيرو، في أمريكا الجنوبية؛ وتيار بنغوليا البارد، في المحيط الأطلسي، بمحاذاة السواحل الغربية لجنوب إفريقيا؛ وتيار كناري

البارد، في المحيط الأطلسي، على ساحل المغرب العربي؛ وتيار كاليفورنيا البارد، في المحيط الهادي، على سواحل ولاية كاليفورنيا، في غربي الولايات المتحدة الأمريكية؛ وتيار أستراليا البارد، على الساحل الغربي للقارة الأسترالية. فالرياح، التي تهبّ تجاه السواحل، آتية من المحيط، تكون باردة؛ وما إن تصل إلى اليابسة حتى تعتريها السخونة، فتزداد قابليتها للرطوبة.

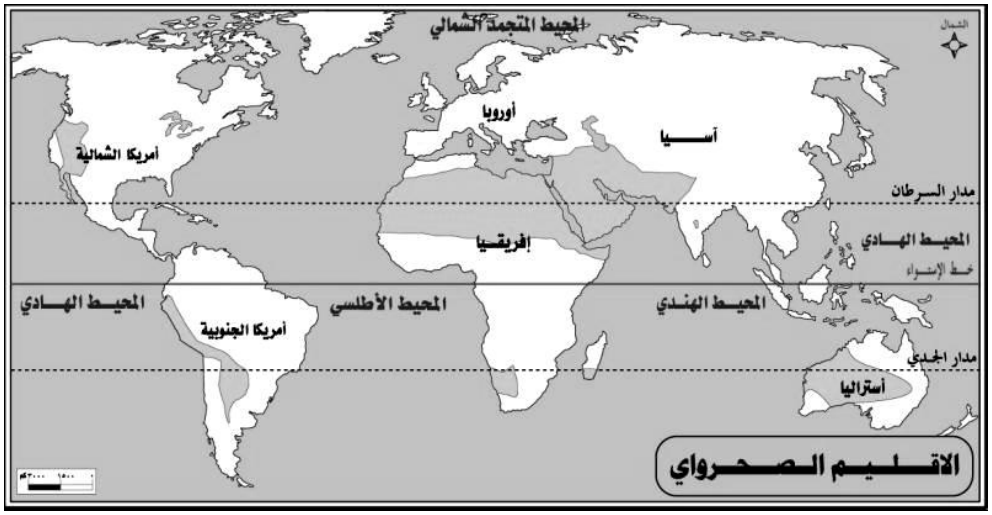
وتخالف الصحاري الحارة الساحلية عن نظيرتها القارية، في اعتدال درجة حرارتها، الناجمة عن التأثير المحيطي البارد؛ وفي صيفها الأكثر برودة، وشتائها الأكثر اعتدالاً؛ ما يخفض مداها الحراري السنوي تخفيضاً ملحوظاً. فالمتوسط الحراري السنوي، في مدينة كالاو Callao، في بيرو، في أمريكا الجنوبية، على ساحل المحيط الهادي . يناهز ١٩ درجة مئوية؛ ويقارب متوسط الحرارة، في أحر شهورها، ٢٢ درجة مئوية؛ ويدنو متوسطها، في أبرد شهورها، من ١٧ درجة مئوية؛ ما يجعل مداها الحراري السنوي خمس درجات مئوية فقط. أمّا المدى الحراري اليومي، فهو منخفض، كذلك، مقارنة بنظيره في الصحاري القارية؛ إذ لا يزيد، في المناطق الساحلية، على ١٢ درجة مئوية، أيّ نحو نصف المدى الحراري في المناطق الداخلية.

وتتميز الصحاري الحارة الساحلية عن صنوها القارية، بضبابها، والارتفاع النسبي لرطوبة هوائها. ففي الصباح، تكون الرطوبة النسبية للهواء عالية جداً، فوق مستوى التشبع ببخار الماء (١٠٠%)، ما يسبب الضباب الكثيف. وبعد منتصف اليوم، تبدأ الحرارة ترتفع، والضباب ينقشع؛ وتنخفض الرطوبة النسبية إلى نحو ٧٥%.

أمّا كميات الأمطار السنوية ونظام سقوطها على الصحاري الحارة الساحلية وتلك القارية، فلا يختلفان كثيراً؛ إذ يبلغ متوسط المطر السنوي، في السواحل الغربية لبيرو، ٢٥ مليمتراً فقط؛ ويناهز في سواحل جنوب غربي إفريقيا، ١٦ مليمتراً. ويتصف مطر الصحاري الساحلية بعدم الانتظام، سواء في توزُّعه الفعلي، وفي كميته السنوية؛ إذ قد يهطل معظم أمطار السنة، في يوم واحد فقط؛ كما قد ينهمر، في بعض السنوات، أضعاف المتوسط السنوي؛ وربما لا يتساقط، في سنوات أخرى، سوى بضعة مليمترات.

ب. الصحاري الباردة

ساعدت الضغوط الفصلية المرتفعة على نشوء الصحاري الباردة، في العروض المتوسطة، في قلب القارات الكبرى، بعيداً عن التأثيرات البحرية؛ ويبرز ذلك جلياً في القارة الآسيوية. ولم يَحُل تشابُه الصحاري، الباردة والحارة، في قِلة الأمطار وعدم إمكانية الاعتماد عليها في الزراعة؛ دون اختلافهما في قساوة فصل الشتاء، والمدى الحراري السنوي الكبير. ففي مدينة طشقند، في صحراء وسط آسيا، على خط العرض ٤١ درجة، شمالاً، يبلغ متوسط الحرارة، في يوليه، ٣٢,٨ درجة مئوية؛ وينخفض، في يناير، إلى درجتَين دون الصفر المئوي.



التوزيع الجغرافي للإقليم الصحراوي

٢. المناخ الجبلي

يُعَد الارتفاع عن مستوى سطح البحر، هو أهم عوامل التباين المناخي، في العروض المتشابهة، وبخاصة درجات الحرارة وكميات التساقط؛ ولذلك توجد المناخات، المعتدلة والباردة، على ارتفاعات مختلفة، في المناطق الجبلية، في نطاق المناخ المداري. ففي جبال الأنديز، في غربي أمريكا الجنوبية، تتوزع نطاق المناخ المداري أربعة مناخات، بحسب تدرُّجها في الارتفاع عن مستوى سطح البحر؛ وهي:

أ. المناخ الحار

يسود هذا المناخ المناطق، التي يراوح ارتفاعها عن سطح البحر بين ٦٠٠ و٩٠٠ متر؛ حيث يُعْرف باسم تيراكاليانتي Tierra Caliente. ويُفْتَرَض وجوده في العروض المنخفضة من النطاق المداري، حيث يراوح متوسط الحرارة السنوي ما بين ٢٨,٣ و٢٤ درجة مئوية، وتكون كمية المطر السنوية كبيرة.

ب. المناخ المعتدل

يسيطر المناخ المعتدل على المناطق، التي تعلو تلك التي يسودها المناخ السابق، حيث يراوح ارتفاعها عن سطح البحري بين ١٨٠٠ و أَلْفَي متر، ويتراوح متوسط حرارتها السنوي بين ١٨,٣ و٢٤ درجة مئوية. ويُعْرَف، محلياً، باسم تيراتمبلادا Tierra Templada.

ج. المناخ البارد

يلي المناخ البارد نظيره المعتدل. ويطاول ارتفاع مناطقه عن سطح البحر ٣٥٠٠ متر. ويتراوح متوسط حرارتها السنوي بين ١٢,٤ و١٨,٣ درجة مئوية. ويُعْرَف، محلياً، باسم تيرافرايا Teirra Fria،

د. المناخ المتجمد

يَعُمّ المناخ المتجمد المناطق، التي يزيد ارتفاعها على ٣٥٠٠ متر فوق سطح البحر. ويُعْرَف، محلياً، باسم تيراهيلادا Tierra Helada. والحرارة في أجزائه؛ لا تبلغ درجة التجمد؛ على الرغم من بلوغ متوسطها الصفر المئوي؛ إذ إن الضغط الجوي، يَطَّرِد انخفاضه باطِّراد الارتفاع؛ وتنخفض درجة الغليان عن ١٠٠ درجة مئوية، وتزيد درجة التجمد على الصفر المئوي.

ولعل من أهم النماذج الإقليمية للمناخ الجبلي، هي جبال الألب، في القارة الأوروبية، في نطاق المناخ المعتدل؛ وجبال الأنديز، في قارة أمريكا الجنوبية، في نطاق المناخ المداري؛ وهضبة التبت، في أواسط قارة آسيا، في نطاق المناخ المداري الداخلي.

الفصل الخامس
أسس
الجغرافيا الحيوية

الفصل الخامس

أسس الجغرافيا الحيوية

أولاً: التعريف بالجغرافيا الحيوية ومجالاتها وفروعها:

(١) تعريف الجغرافيا الحيوية:

تهتم الجغرافيا الحيوية بدراسة العلاقة المتبادلة بين مجموعة الأغلفة الأساسية المكونة لكوكب الأرض وهى: الغلاف الصخرى والغلاف المائى والغلاف الجوى. وينتج عن تفاعل هذه الأغلفة تشكيل الغلاف الحيوى Bio-sphere. ويتضمن الغلاف الجوى جميع الكائنات الحية من نباتات وحيوانات وفطريات، وهو ليس غلافاً مستقلاً وإنما متداخلاً مع الأغلفة الثلاثة السابقة، كما يعرف الغلاف الحيوى بأنه "النطاق السطحى من الأرض (سواء يابس أو ماء) ، والغلاف الجوى المتاخم لهذا النطاق السطحى الذى تعيش فيه الكائنات الحية.

ويرى البعض أن الغلاف الحيوى هو "قسم من القشرة الأرضية وعلافها الجوى الذى يقوم بتوفير الظروف الطبيعية الملائمة لظهور أي شكل من أشكال الحياة". ولذلك نستبعد في دراستنا للجغرافيا الحيوية المناطق المغطاة بصفة دائمة بالثلوج لأنها تفتقد مقومات الحياة وتختفي منها الأحياء.

كما يعرف ديفيد واتس (Watts, 1971, p.5) الجغرافيا الحيوية بأنها العلم الذى يبحث في أنماط الحياة على سطح الأرض وغلافيها الجوى والمائى. وخلص (نعيم الظاهر، ٢٠٠٢ ص١١) أن مجال الدراسة في الجغرافيا الحيوية يهتم بدراسة الأحياء البرية النشأة في بيئاتها من حيث التوزيع الجغرافي والتحليل وتفسير العلاقات المتبادلة بين هذه الأحياء وبيئاتها أي أنها دراسة أيكولوجية للمحيط الحيوى.

(٢) مجالات الدراسة في الجغرافيا الحيوية:

تهتم الجغرافيا الحيوية بدراسة الضوابط البيئية للأحياء على كوكب الأرض وأهمها العوامل المناخية، وأنماط التربة ومدى خصوبتها، وتأثير التباين التضاريسى، ودور الإنسان كعامل حيوى. ويصنف العالم نتيجة هذه الدراسات إلى مجموعة من الأقاليم الحيوية يختص كل منها بسمات وخصائص حيوية تميزه عن غيره من الأقاليم،

مثل إقليم الغابات، وإقليم الحشائش، وإقليم الصحراء، وتقسيمها إلى مجموعات من الأقاليم الحيوية التفصيلية.

(٣) ظهور الحياة على سطح الأرض:

كان موضوع ظهور الحياة على سطح الأرض قاسم مشترك للعديد من الأبحاث المعاصرة في علوم الفلك والرياضيات والجيولوجيا وغيرها من العلوم الطبيعية والكونية التي حاولت الإجابة عن هذا السؤال: متى وكيف ظهرت الحياة على الأرض، خاصة وأن الحياة لم تبدأ فجأة وإنما استغرق ظهورها بلايين السنين، واستمر تطورها التدريجى فترات زمنية طويلة، نشأة خلالها الحياة النباتية والحيوانية على سطح الأرض. ولم تظهر الحياة إلا بعدها بردت الأرض، وتكونت بحارها وجبالها وسهولها وغلافها الجوى، واستعدت بذلك لاستقبال الحياة عليها، ثم جاء ميلاد الحياة على الأرض بصورة غامضة لا يعلمها إلا الله سبحانه وتعالى، ولكن حاول الإنسان الذى وهبه الله العقل ورأي آثار قدرة الله في مخلوقاته حاول أن يكشف هذا السر فهداه تفكيره وبحثه وإلهام الله له إلى معرفة ما يأتى:

– أن أول ظهور للحياة على الأرض كان في البحار والمحيطات والمستنقعات وعلى شواطئ المسطحات المائية، التي تكونت عندها مادة الطين أو الطفل الناتجة عن اختلاط الماء بالرواسب الرملية الدقيقة.

– يرى علماء الأحياء أن الحياة بدأت في المسطحات البحرية منذ حوالى ٢,٥ مليار سنة، أي حينما كان اليابس الأرضى مكوناً من قارة واحة تدعى "بنجايا".

– ظهرت في أول الأمر بعض أنواع البكتيريا وبعض الكائنات وحيدة الخلية التي لم تتميز بعد على أنها نبات أو حيوان، ويرى بعض العلماء بأن أول وجود لهذه الخلايا الدقيقة نقلت للأرض من كواكب أخرى عن طريق النيازك والمذنبات التي تضل طريقها فتهوى وتصطم بسطح الأرض.

– نبت من هذه البكتريا فرعان من الخلايا المجهرية أي التي لا ترى إلا تحت المجهر تولد من أحدهما النبات ومن الآخر الحيوان.

– أن فرع الخلايا المكونة للنبات سرعان ما تكيف مع الظروف البيئية، وتمكن بقدرة الله عز وجل من تركيب مادة الكلوروفيل الخضراء في هيكلها لتكسب بها الطاقة من ضوء الشمس وتستعين بها على استخلاص الكربون من غاز ثانى أكسدي الكربون الموجود في الهواء الجوى ثم تحويله إلى مواد سكرية ونشوية وكان هذا بدء ممارسة عملية التمثيل الضوئى لنمو النبات.

– أن الخلايا أخذت بعد ذلك تحيط أجسامها الدقيقة بجدران من هذه المواد الكربونية في هيئة السليولوز، وكانت تستعمل الطاقة التي تنبعث في أجسامها نتيجة التمثيل الضوئى داخل هذه الجدران في التحرك.

– كانت الخلايا الأولية عبارة عن كائنات متناهية في الدقة تعيش على اليابس أو في مياه البحار أو عالقة بالهواء.

– انقضى زمناً طويلاً من التاريخ الجيولوجى على هذه الخلايا وهى تنمو وتتطور وأن البحار كانت تغص بكائنات لا عدد لها من هذه المواد العضوية الأولى التي كانت تشكل أصل جميع أعضاء مملكة النبات التي نمت وتكاثرت وغطت سطح الأرض باعشابها وأشجارها وغاباتها الكثيفة قبل خلق الإنسان.

– كما أن عالم الحيوان قام كذلك مع الخلايا التي انقسمت وكونت الحيوانات التي عاشت على النبات وغيره وصارت أنواعاً مختلفة من الأحياء على الأرض.

– تعرضت الكائنات الحية التي ظهرت على سطح الأرض لأشكال مختلفة من عمليات الانتخاب الطبيعى Natural Selection، تمكنت خلالها بعض الكائنات من الاستمرار في الوجود، وبعضها لم يتمكن من التكيف مع الظروف البيئية فاندثر مثل الديناصورات والماموث وغيرهما من الكائنات الحية.

ونخلص من ذلك أن أصل الحياة لا يعلمه الإنسان علم اليقين ، لكن هناك مؤشرات تشير إلى أن بداية ظهور الحياة كان بعد نشأة الغلاف الجوى والغلاف المائى، لتوفر البيئة الملائمة لنمو بعض الكائنات الحية وحيدة الخلية مثل البكتريا، التي تفرعت فيما بعد إلى المملكة النباتية والمملكة الحيوانية واستمر تطورها فترات زمنية طويلة لتمهد بذلك خلق الإنسان.

(٤) فروع الجغرافيا الحيوية:

تنقسم الجغرافيا الحيوية إلى ثلاثة فروع أساسية هى:

أ- التربة **(جغرافية التربة)**.

ب- النباتات الطبيعية **(جغرافية النبات)**.

ج- الحيوانات البرية **(جغرافية الحيوان)**.

وفيما يلى عرض لأهم الموضوعات التي يتناولها كل فرع منها.

ثانياً: جغرافية التربة:

أ- تعريف التربة:

تعرف التربة بأنها جسم طبيعى مستقل أشتق أو تتكون من مادة الأصل الصخرية، نتيجة تأثرها بعمليات تكوين الأراضى Soil forming factors تحت تأثير مجموعة من الظروف البيئية، وبذلك تختلف خواص التربة عن الصخر الذى اشتقت منه، أو تكونت عليه، وهو ما يطلق عليه مصطلح تطور التربة Soil development. وتتكون التربة من مزيج من المواد المعدنية والعضوية والماء والهواء، وهى الطبقة الهشة والرقيقة التي تغطى معظم سطح الأرض اليابس وبسمك يتراوح ما ين سنتيمترات وعدة أمتار. فهى جسم متطور باستمرار ناتج عن تفاعل بين الغلاف الصخرى Lithosphere والغلاف الغازى Atmosphere والغلاف الحيوى Biosphere والغلاف المائى Hydrosphere. والتربة مصدر الحياة لجميع الكائنات الحية وتمر أثناء تكونها في عدة مراحل تبدأ بتفتيت الصخور وتحلل المادة العضوية ويدخل فيها الماء والهواء.

ب- عوامل تكوين التربة:

يدخل في تكوين التربة أربعة عشر عنصراً وهى تلك التي تدخل في تكوين صخور القشرة الأرضية بالإضافة إلى عناصر أخرى وهى: الأكسجين والكربون والنيتروجين والسيليكون والألمنيوم والحديد والكالسيوم والمغنسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والفسفور والكبريت والكلورين وغيرهما، تتكون التربة نتيجة مجموعة من العوامل الطبيعية أهمها:

١- المادة الأصلية (الصخر):

وهى المادة الأساسية للتربة حيث أن فتتات الصخر تكون فيما بعد التربة، وتنتمى التربة إلى الصخور التي تكونت فوقها، أو يكون أصلها من طبقة صخرية واحدة، وأما من مجموعة من انواع الصخور، ففي الحالة الأولى تكون التربة أصلية وفي الحالة الثانية تكون التربة منقولة.

٢- الظروف المناخية:

تساهم الظروف المناخية بشكل فاعل في تكوين التربة ومن أهم العناصر المناخية المؤثرة على التربة الأمطار والحرارة والتبخر والرياح.

حيث يعمل سقوط الأمطار واصطدامها بسطح الصخر مباشرة إلى أضعاف جسم الصخر وتهيئته للعوامل الأخرى، كما أن مياه الأمطار بعد سقوطها تبدأ بالجريان مما يؤدى إلى احتكاكه بجسم الصخر وتعريته. وتلعب درجة الحرارة لوحدها دوراً في زيادة عمليات التجوية لميكانيكية عن طريق التمدد والتقلص للصخور والتي تنتج عن طريق المدى والتقلص الحرارى اليومى والسنوى مما يعمل على تشقق الصخور، أما التجوية الكيماوية فتحدث بوجود الحرارة والرطوبة معاً. وتلعب الرياح دوراً ميكانيكياً في تكوين التربة وذلك من خلال اصطدامها وما تحمل معها من رمل في جسم الصخر مما يزيد من عملية نحت الصخور وتكوين التربة.

٣- العامل الحيوى: ويحتوى هذا العامل على عاملين هما:

- **دور النباتات في تفتيت الصخور:** حيث تعمل النباتات من خلال تطورها على تفتيت وتحليل الصخور من خلال تطورها على تفتيت وتحليل الصخور لتهيئتها للعوامل الأخرى (راجع التجوية الحيوية).

- **دور الحيوانات في تشكيل التربة:** وذلك من خلال تجوية ميكانيكية وكيماوية حيث تعمل الحيوانات من خلال حركتها على سطح الأرض ومن خلال عمليات الحفر

وخاصة القوارض على تفتيت الصخور ميكانيكياً. اما الناحية الكيماوية فتقوم الحيوانات من خلال إفرازاتها وبقايا جثتها على المساعدة في تحليل التربة كيماوئياً (راجع التجوية).

٤- العامل الطبوغرافي:

يتمثل عامل التضاريس في تكوين التربة من خلال درجة الانحدار، حيث يزداد عمليات التعربة والانجراف للسفوح الشديدة الانحدار بينما تقل في السفوح المستوية، ولذلك فإن العلاقة بين سمك التربة ودرجة الانحدار علاقة عكسية حيث نجد أن سمك التربة يزداد مع قلة الانحدار ويقل سمك التربة كلما زادت درجة الانحدار.

٥- عامل الزمن:

التربة من العوامل البيئية التي تحتاج فترة زمنية طويلة لكى تتكون تصبح تربة متطورة وتزداد قدرتها الإنتاجية. فالتربة السهلية ترب ذات عمر طويل فهى ترب متطورة ولذلك فإن قدرتها الإنتاجية تكون جيدة. أما الترب الحديثة فإنها تكون غير متطورة وذلك مثل السهول الفيضية للأنهار والأودية الكبيرة.

٦- الإنسان:

وهو عامل قليل الأهمية في تكوين التربة، إلا أنه يؤثر على التربة بعد تكوينها، ويكون تأثيره في الغالب سلبياً، ويحدث ذلك عندما يقوم الإنسان بقطع أشجار الغابات حيث تزداد عمليات الانجراف، كما تساعد عمليات الرعى الجائر على إضعاف القدرة البيولوجية للتربة فيزداد انجرافها بالرياح والمياه. أما عمليات شق الطرق والحراثة الخاطئة فإنها تساهم في القضاء على التربة بسرعة وذلك لأن الآليات تقوم في زمن قصير بإزالة تربة لزمها ربما ملايين السنين حتى تكونت.

ج- خصائص التربة:

تقسم خصائص التربة إلى نوعين رئيسيين هما:

١- الخصائص الفيزيائية.

٢- الخصائص الكيميائية.

١- الخصائص الفيزيائية: هناك ثلاثة خصائص فيزيائية للتربة هى:

- **اللون:** يعتبر لون التربة أوضح خصائصها الفيزيائية، ويمكن تجميع الألوان التي تتمثل في قطاعات التربة في ثلاث مجموعات:

* ألوان داكنة (غامضة) Dark ويدخل ضمنها الألوان السوداء والسمراء ويغلب وجودها في إقليم الحشائش.

* ألوان ساطعة Bright ويدخل ضمنها الألوان الحمراء والصفراء وتوجد في إقليم الغابات المدارية وشبه المدارية.

* ألوان فاتحة Light ويدخل ضمنها البيضاء والرمادية وتوجد في الأقاليم الصحراوية.

- **نسيج التربة Soil Texture:**

يعنى نسبج التربة التكوين الميكانيكى لمكوناتها المعدنية دون اعتبار للتكوين الكيماوى. والنسيج هو عبارة عن جسيمات التربة بأحجام مختلفة وتشمل الرمل الغرين والصلصال. ويصنف نسيج التربة إلى اثنى عشر صنفاً، ويمكن التعرف على نسيج التربة بدقة بعد فحص عينات التربة ميكانيكياً.

- **بناء التربة Soil Structure:**

ويقصد ببناء التربة النمط أو الشكل أو التنظيم الذى توجد فيه ذرات التربة متلاحمة. وهناك سبعة أنماط بنائية للتربة وتشير كل صفة إلى الشكل الذى تشبه تجمعاته ومنها تندرج أنماط ثانوية. أما الأنماط الرئيسية لبناء التربة فهى: الحبيبى والفتاتى والعقدى والانبوبى والكتلى والصفحى والمنشورى. أن البناء الجيد للتربة هو الذى يوفر لها المقادير الكافية من المسامة الشعرية وغير الشعرية حيث توفر أفضل الأحوال المائية والأحوال الهوائية. وفي الأحوال العادية يوجد البناء الجيد في ترب الأراضى جيدة التصريف والتي توجد في الأقاليم الرطبة والمشبعة بالماء، أما ترب الأقاليم الصحراوية فإن بناءها يكون رديئاً.

٢- الخصائص الكيميائية للتربة:

تختلف الخصائص الكيميائية للترب اختلافاً واضحاً على سطح الكرة الأرضية، فالتربة تختلف من مكان لآخر في الحقل الواحد. حيث تختلف الخصوبة والنفاذية والنسيج والبناء والمواد العضوية. وهكذا نجد أن الترب تختلف في خصائصها

الفيزيائية والكيميائية من مكان لآخر تبعاً لاختلاف تأثير العوامل المسيطرة على تكوينها كالمواد الأولية والعضوية والتضاريس والزمن والإنسان.

- خصوبة التربة Soil Fertility:

يقصد بالخصوبة قدرة التربة على تجهيز ما تحتاج إليه النباتات من المواد الغذائية بكمية كافية لنموها نمواً جيداً، أي يعبر عن خصوبة التربة بمقدار ما تحتويه من المواد الغذائية التي يكون مصدرها العناصر المعدنية المشتقة من صخور القشرة الأرضية. أما العناصر والمعادن الضرورية التي تحتاجها النباتات بكميات كبيرة والموجودة في التربة فهى الأكسجين والكربون والهيدروجين والنيتروجين والصوديوم والكالسيوم والبوتاسيوم والفوسفات والكبريت والمغنسيوم والحديد. أما العناصر الأقل أهمية فهى: المنغنيز والنحاس والزنك واليود والبورون. وتحصل النباتات على هذه العناصر من التربة، ومع أن هذه المواد توجد بكميات قليلة إلا أنها ضرورية ولكن إذا ازدادت نسبة تواجدها فإنها تصبح سامة.

- الملوحة والقلوية:

يطلق على التربة اسم ملحية أو قلوية إذا ارتفعت فيها نسبة تركيز الأملاح القابلة للذوبان في الماء مثل كلوريدات وكبريتات وبيكروبونات كل من الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم. ويمكن تصنيف التربة على أساس تركيز أيونات الهيدروجين في محلولها المائى الذى يعبر عنه بالرمز (PH) إلى ثلاثة أصناف.

١- تربة حامضية. ٢- ترب قاعدية. ٣- ترب حيادية.

فالترب الحامضية يكون تركيز أيونات الهيدروجين (PH) فيها بين أقل من ٤,٥ وحتى (PH) ٦,٥، والترب المالحة تكون فيها قيمة ال PH بين ٧,٤ وحتى ١٠، أما الترب المحايدة فتكون فيها قيمة ال PH بين ٦,٦ وحتى ٧,٤.

د- التوزيع الجغرافي لأنواع التربات الرئيسة بالعالم:

يرتبط التوزيع الجغرافي للترب في العالم إلى حد كبير بالعناصر المناخية، وتوزيع الغطاء النباتى على اليابس . والمجموعات الرئيسية وأقسامها للتربة هى:

١- مجموعة ترب إقليم التندرا والتي تمتد شمال القارات أوروبا وآسيا وأمريكا الشمالية شمال خط العرض ٦٦,٥ شمالاً. وهى نوعين:

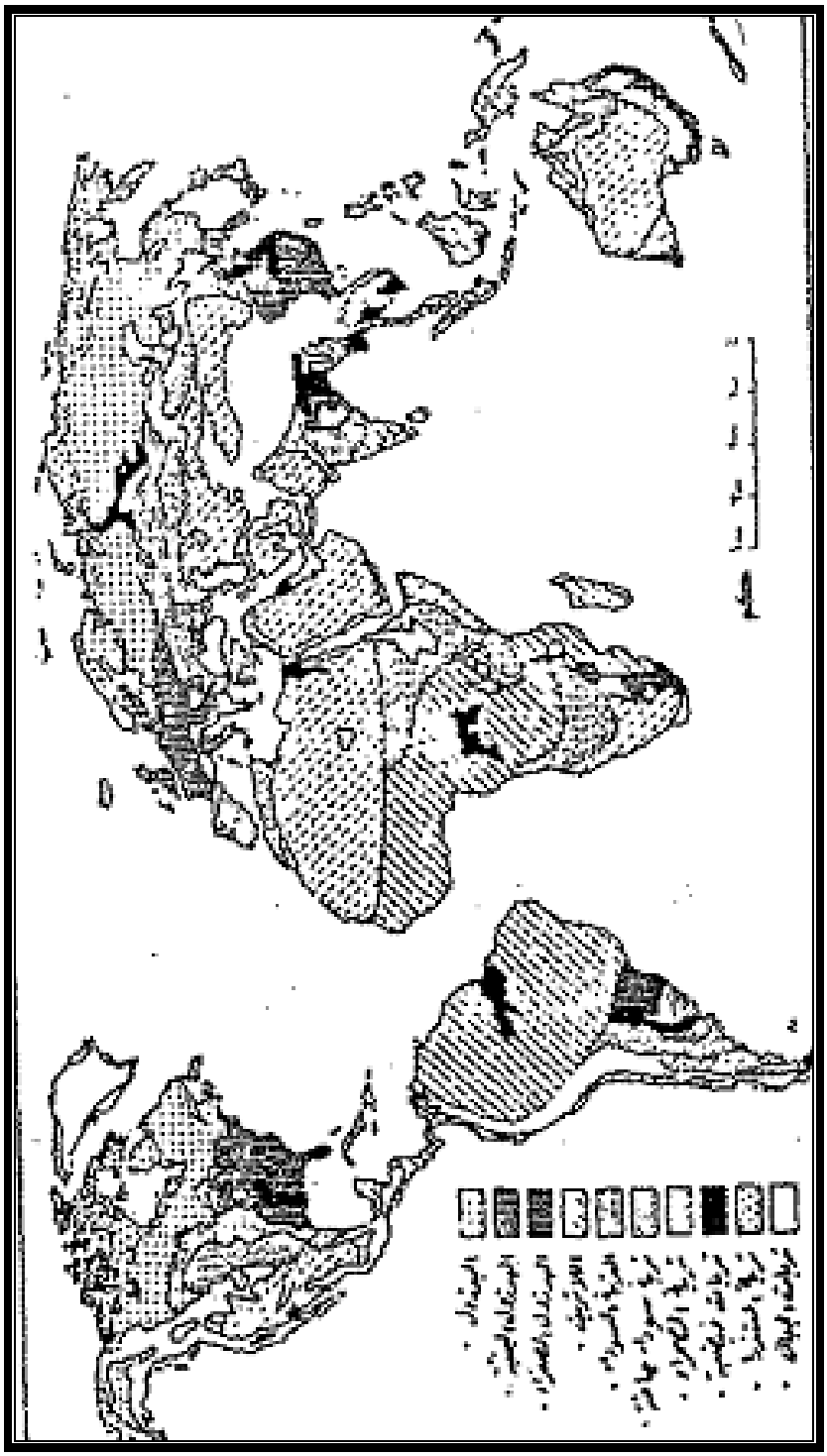
- ترب التندرا البنية.
- ترب التندرا رديئة الصرف.

٢- مجموعة ترب الأقاليم الرطبة: وتتكون في الأقاليم الرطبة وذات الغطاء النباتى الكثيف وتقسم إلى:

- ترب البودرزول في العروض الوسطى والعليا.
- ترب اللاترايت في العروض المدارية.

٣- مجموعة ترب الأقاليم شبه الرطبة والجافة: ومن أنواعها:

- ترب التشرنوزم السوداء.
- ترب الحشائش.
- ترب الصحارى.



توزيع تربات العالم

ثالثاً: جغرافية النبات:

تختص جغرافية النبات بدراسة التوزيع الجغرافي للنباتات الطبيعية على سطح الأرض ، وتأثير العوامل البيئية التي تتحكم في هذا التوزيع ، ثم تصنيف العالم إلى مجموعة من الأقاليم النباتية ، يختص كل إقليم منها بسمات تميزه . فمن المعلوم أن الحياة النباتية تتباين على سطح الأرض من إقليم لآخر ، تبعا لتنوع الظروف البيئية مثل التضاريس والمناخ والتربة والمواد العضوية، وتصنيف المملكة النباتية إلى أربع مجموعات نباتية كبرة متباينة هى الغابات والحشائش ، ومجموعة النباتات الصحراوية ، ومجموعة نباتات التندرا ، أي النباتات القطبية . وتنقسم كل مجموعة منها إلى عدد من المجتمعات النباتية حيث يتسم كل مجتمع منها بمظاهر حيوية يتفرد بها وتميزه عن المجتمعات الأخرى . وعادة مايسمى كل مجتمع باسم مميز يدل عادة على نمط المناخ الذى ينمو فيه ، فمثلاً مجتمع الغابات المدارية المطيرة يقصد به المجتمع النباتى الذى ينمو في نطاق المناخ المدارى المطير وهكذا. ويدرس هذا الفرع من الجغرافيا الحيوية خصائص العشائر النباتية ، ودراسة صور الحياة السائدة في كل عشيرة ، والظروف البيئية الملائمة لنموها ، وملامح توزيعها الجغرافي.

أ- العوامل الطبيعية المؤثرة في تصنيف الغطاء النباتى:

تؤثر مجموعة من العوامل الطبيعية في تصنيف الغطاء النباتى إلى مجموعات متباينة الخصائص، وأهم هذه العوامل مايلى:

١- **درجة الحرارة** : ينمو كل نوع من النباتات في مدرى حرارى معين ، ويهلك النبات إذا تعرض لدرجة حرارة تقل أو تزيد عن هذا المدى ، فالنباتات المدارية تموت إذا تعرضت لدرجة حرارة منخفضة تقترب من درجة التجمد ، لكن تتكيف الأعشاب شبه القطبية مع ظروف المناخ شديد البرودة . فالنباتات تتحايل على ظروف اختلاف الحرارة بطرق شتى ، فبعضها يلجأ لبعض الحيل لتجنب إنخفاض الحرارة ، مثل تساقط الأوراق قبل حلول الفصل البارد مثل الغابات النفضية ، أو يوقف مظاهر النمو والحياة مثل شجيرات إقليم البحر المتوسط ، وبعض النباتات تقاوم الحرارة المرتفعة خاصة إذا اقترنت بالجفاف بأساليب تقلل من النتح ، مثل تحول أوراق النباتات إلى الشكل الإبرى أو

الأشواك ، وبعض النباتات تكسو أوراقها بطبقة شمعية عديمة المسام للغرض نفسه أو تضرب بجذورها في أعماق الأرض للوصول لمستوى الماء الجوفي ، أوتمتد جدورها عرضيا تحت مستوى سطح الأرض مباشرة لترتوى بقطرات الندى والرطوبة الجوية .

٢- **نسبة الضوء** : يحتاج النبات للضوء في النمو والتكاثر ، فبعض النباتات تتكيف مع الضوء الباهر للأشعة الشمسية ، وأزهارها زاهية الألوان ، وأوراقها وفروعها أكثر سمكا وأقصر طولا من نباتات الظل ، لأنها تتمكن من الوصول للضوء مع أقل ارتفاع للنبات . أما نباتات الظل فتقل بها الأوراق والأعضاء الزهرية ، على حيين يزداد نمو سيقانها وفروعها للوصول إلى مصادر الضوء .

٣- **مصادر المياه** : تقوم المياه بنقل المواد الغذائية للنباتات ليستفاد منها النبات في عملية التمثيل الكلورفيلى ، ويفقد جزء من المياه في عملية النتح ، فإذا توافرت مصادر المياه الغزيرة تمكنت النباتات ذات الأوراق العريضة القصيرة الجذور مثل الموز من النمو في مثل هذه المناطق . أما المناطق شبة الجافة التي يتعذر للنبات الوصول لمصادر المياه ، فإنه يلجأ لبعض الأساليب للتحايل على ظروف الجفاف التي سبق تناولها عند معالجة موضوع الحرارة .

٤- **الرياح** : تؤثر الرياح في النباتات بأسلوبين مختلفين : أولهما تأثير اصطدام الرياح القوية بالنبات فتعمل على تساقط الأوراق والأغصان ، أو قد تقتلعها تماما ، وهذه الأخطار تتعرض لها الأعشاب والأحراج وأشجار الغابات على السواء ، ولكن يتوقف مدى التحريب على قوة الريح من ناحية وصلابة النبات أما اكتساح الرياح من ناحية أخرى . وقد تؤثر الريح بأسلوب غير مباشر بزيادة الفاقد من رطوبة النبات بسبب تنشيط عملية البخر مما يؤدى إلى جفاف النبات إذا لم يتمكن من تعويض هذا الفاقد .

٥- **خصائص التربة**: تعتبر التربة عنصراً مهما في تحديد الظروف الطبيعية الملائمة لنمو أنواع النباتات المختلفة ، فأشجار الصنوبر.

ب- تصنيف المملكة النباتية :

وفي ضوء المعايير السابقة يصنف الغطاء النباتى إلى المجموعات الأربع الآتيه ، وكل مجموعة منها تصنف إلى مجموعة من الأقاليم :

- المجموعة الأولى : الغابات
- المجموعة الثانية : الحشائش
- المجموعة الثالثة : أعشاب الصحارى
- المجموعة الرابعة : التندرا

وفيما يلى عرض لأهم خصائص كل مجموعة منها وتوزيعها:

- **المجموعة الأولى : الغابات Forests :**

يشغل إقليم الغابات مايقرب من ثلث مساحة اليابس الأرضى ، إلا أن هذه المساحة الشاسعة من الغابات تتناقص بمعدلات رهيبة بسبب اجتثاث الغابات ، للتوسع الزراعى ، أو للحصول على أخشابها لتصنيع الأثاث والورق ، أو استخدامها كوقود، كما تواجه أخطار الحرائق الطبيعية التي تنشب في الغابات بسبب الجفاف ، مما دفع العديد من الهيئات البحثية لوضع خرائط توضح المناطق الأكثر تهديداً بأخطار الحرائق (اللون الأحمر يدل على المناطق المهددة) ، ومجموعات من الخرائط تتابع قياس درجة حرارة الغطاء النباتى ونسبة الرطوبة ، وتتبع حالة الغطاء النباتى في العالم ، ويتم تحديث هذه الخرائط بصفة دورية بالاعتماد على تقنيات الاستشعارعن بع .

ويتوقف التوزيع الجغرافي للغابات على العوامل الطبيعية الآتية :

١- ألا تقل درجة الحرارة الصغرى عن ١٠ درجات خلال موسم نمو الأشجار ، ولذلك يرتبط التوزيع الجغرافي للغابات بخط الحرارة المتساوى الذى تبلغ قيمته ١٠ درجات خلال فصل الصيف .

٢- أن يقترن موسم الحرارة المرتفعة بنسبة رطوبة عالية .

٣- ألا يرتبط هبوب الرياح العاتية مع انخفاض درجة الحرارة ، لأن هذا الوضع يؤدى إلى الإسراع بعملية النتح وفقدان النبات لرطوبته ، مع تجمد التربة المصاحب للحرارة المنخفضة .

ووفقا للعوامل الثلاثة السابقة نلاحظ أن نطاق الغابات يرتبط بالعروض الاستوائية والمدارية ، ويعتبر خط الحرارة المتساوى ١٠ درجات خلال فصل الصيف ، الحد الأقصى لنطاق نمو الغابات .

- تصنيف الغابات :

تصنيف الغابات إلى ثلاثة أقاليم رئيسية هى:

الإقليم الأول : الغابات المدارية ، وتنقسم إلى إقليمين ثانويين هى :

١- **الغابات المدارية دائمة الخضرة :** وهى تعتبر أكثر الغابات كثافة وتشتمل على فصائل نباتية متنوعة ، فالفدان الواحد من الغابة قد يشتمل على أكثر من ٢٠ أو ٣٠ نوعاً من الأشجار ، وتتعرض تربة الغابات المدارية للأمطار الغزيرة مما يضعفها نظراً لسرعة تعرضها للغسيل ، ولكن تعتبر الأغصان والأوراق المتساقطة من أشجارها مصدراً مهما للمواد العضوية . وتكثر في هذه الغابات التي تتسلق أشجارها محاولة الوصول لضوء الشمس ، لأن أجزاءها السفلى تتشابك أغصانها الكثيفة مما يحول دون وصول أشعة الشمس لأرض الغابة كما تتراكم على أرضية الغابة كميات كبيرة من الأمطار ، مما يرطب تربتها طوال العام . ويرتبط التوزيع الجغرافي لهذا النوع من الغابات المدارية بحوض نهر الأمازون في أمريكا الجنوبية ، وإقليم وسط غرب أفريقيا في حوض الكونغو والكاميرون وغرب نيجيريا وغانا ، وأجزاء متفرقة في ماليزيا جزر أندونيسيا في آسيا .

٢- **الغابات المدارية الموسمية :** يتسم هذا النوع من الغابات المدارية بوجود فصل جاف يزداد طوله بالتدريج في العروض العليا ، وأشجارها أقصر من النمط السابق وأقل كثافة ، وتتساقط معظم أوراقها في موسم الجفاف ، ولذا يطلق عليها اسم الغابات النفضية ، ويرتبط التوزيع الجغرافي لهذا النوع من الغابات بهوامش الغابات المدارية دائمة الخضرة ، وخاصة في جنوب شرق آسيا (شمال شرق الهند ، أجزاء مبعثرة في شبه جزيرة الملايو) ، وجزيرة مدغشقر في جنوب شرق إفريقيا ، وشمال أستراليا .

الإقليم الثانى: الغابات المعتدلة في العروض الوسطى ، وهو ينقسم إلى أربعة أقاليم ثانوية هي:

١- **أحراج البحر المتوسط** : يرتبط هذا الإقليم النباتى بمناخ البحر المتوسط ، الذى يتسم بأمطاره الشتوية وجفاف شهور الصيف ، ويتألف غطاءه النباتى من أشجار قزمية قصيرة سميكة الجذوع ، يغطيها لحاء سميك ، لتقاوم الجفاف الصيفي ، كما تتجنب التبخر الزائد بمد جذورها داخل التربة كما هو الحال في الكروم ، وأوراق أشجارها ملساء ناعمة السطح مثل أوراق الزيتون ، أو إبرية الشكل كأشجار الصنوبر، فهى لذلك لا تنفض أوراقها خلال فصل الجفاف وإنما تتحايل عليه وتتعايش مع ظروفه القاسية . وأهم أشجار هذا الإقليم البلوط ، الزيتون والصنوبر والكروم والأرز الذى ينمو على جبال لبنان والقسطل والكافور ، وعادة ماتكون الأشجار متباعدة ، وتنمو الأعشاب فيما بين أشجارها . ويظهر هذا النوع من الغطاء النباتى في حوض البحر المتوسط ، في شمال غرب إفريقيا ، وشبه جزيرة أيبريا ، وجنوب فرنسا ، وجنوب إيطاليا ، وسواحل آسيا الصغرى ، وساحل الشام . كما يتركز في جنوب شبه جزيرة كاليفورنيا في أمريكا الشمالية ، ووسط شيلى في أمريكا الجنوبية ، وفي الطرف الجنوبى الغربى والجنوبى لقارة أستراليا ، وجنوب غرب إفريقيا .

٢- **الغابات العريضة الأوراق** : يطلق على هذا النوع من الغابات اسم الغابات المختلطة ، ويتسم هذا النوع من الغابات بأشجاره الدائمة الخضرة ، وزيادة أطوال أشجاره ، وتنتشر بها أنواع مختلطة من الأشجار العريضة الأوراق مثل البتولا والزان والاسفندان مختلطة مع بعض الأشجار الإبرية ذات الأخشاب اللينة مثل الشيكران . ويوجد هذا النوع من الغابات في جنوب الصين ، وجنوب جزر اليابان ، وجنوب غرب الأطراف الجنوبية من إفريقيا ، في إقليم البامباس في الأرجنتين ، وجنوب شرق أستراليا.

٣- **الغابات النفضية** : تتركز هذه الغابات بالأجزاء الغربية للقارات فيما بين دائرتى عرض ٤٠ و٦٠ درجة ، وتتميز أشجار هذا الإقليم بتساقط أوراقها خلال فصل الشتاء، وتصبح عارية تماماً من الأوراق ، بسبب انخفاض درجة الحرارة عن الحد الأدنى اللازم

لنمو النبات ، وتحتفظ بكساءها الخضرى في فصل الصيف القصير . وتعتبر الغابات النفضية أهم مصادر الأخشاب الصلبة في العالم ، ولذلك تعرضت للاجتثاث لاستخدام أخشابها والتوسع الزراعى في المحاصيل الاقتصادية . وأهم أشجارها البلوط ، والزان ، والبتولا . وكانت الغابات النفضية تغطى أجزاء شاسعة من شرق آسيا في منشوريا واليابان وأجزاء من الصين ، وشمال شرق أمريكا الشمالية ، وأوربا في حوض البو وشمال فرنسا والجزر البريطانية .

٤- **الغابات المخروطية (الصنوبرية)** : ينتشر هذا النوع من الغابات في العروض الوسطى الرطبة ، وتنمو به أشجار الصنوبر الإبرية الشكل على سفوح الجبال المنخفضة الحرارة ذات التربة الحصوية . وهى من الغابات الدائمة الخضرة ، ويرتبط توزيعها الجغرافي بالسواحل الغربية للعروض المدارية الرطبة ، فهى تظهر على سواحل أمريكا الشمالية المطلة على المحيط الهادى في آلاسكا وكندا ، وتنتشر في أوربا على أجزاء من جبال الألب . وينمو في هذا الإقليم أشجار الصنوبر الأبيض الأحمر الطويلة التي تتعدى أطوالها ١٢٠ متر ، وأشجار الشيكران ، وقد تعرضت مساحات شاسعة من الغابات الصنوبرية للإزالة مع زيادة كثافة السكان .

الإقليم الثالث : الغابات الباردة وتشتمل على غابات العروض شبه القطبية ، ويقتصر وجودها على الأطراف الشمالية في نصف الكرة الشمالى ، ويكاد يتطابق هذا الإقليم مع نطاق المناخ القارى شبه القطبى، وهو يمتد على شكل شريط لا تقل درجة حرارته عن عشر درجات مئوية، ويزيد طول الفصل البارد عن ستة شهور.

- المجموعة الثانية: الحشائش:

تمتد نُطُق الحشائش موازية لنُطُق الغابات، حيث يتدرج الانتقال من الغطاء الغابي، الشجري، الكثيف، إلى اختلاط الحشائش بالأشجار، ثم تضمحل الأخيرة، وتسود الأولى. وقد تصنف الحشائش وفقاً لخصائصها الطبيعية؛ فمنها، تبعاً لخصيصة الطول، مثلاً، حشائش طويلة (بريري) Prairie، وأخرى قصيرة (الإستبس) Steppes؛ وحشائش السافانا Savanna، المختلطة بالأشجار، والتي تتدرج من الطويلة، قرب الغابات، إلى المتوسطة، فالقصيرة.

تكاد الحشائش: الطويلة والقصيرة، توجد في كلّ العروض؛ لذا، فإن الأسلوب الأمثل لتتبع غطاءاتها، هو الأسلوب نفسه، الذي سبق اتباعه في تصنيف الغابات، في الجزء السابق. ويمكن، إذاً، تمييز نوعَين رئيسيَّين من الحشائش، حسب العروض، التي تنتشر فيها:

١. حشائش العروض المدارية.

٢. حشائش العروض: الوسطى والمعتدلة؛ وهي قسمان:

أ. الإستبس.

ب. البراري.

١- حشائش العروض المدارية:

ويطلق عليها السافانا. ويقال إن هذه التسمية مأخوذة من الكلمة الأسبانية: سابانا Sabana؛ وتعني الحشائش. وتطلق السافانا على إقليم الحشائش الكثيفة، المختلطة بالشجيرات، على تخوم الغابات المدارية. وتظهر الأشجار والشجيرات، في هذا الإقليم، على شكل مجموعات (أحراج)، أو فرادى. وتتوافر في المناطق الانتقالية المتاخمة للغابات المدارية.

أ. الامتداد المكاني:

يمتد غطاء حشائش السافانا في المناطق المدارية، فصلية الأمطار، والتي تصبح كمية المطر فيها غير كافية لنمو غطاء شجري، غابي، كثيف. والسافانا هي المظهر النباتي، الذي يسود الأقاليم المدارية الحارة، في داخل القارات؛ إذ يراوح

امتدادها بين ْ٥ و ْ٢٠، شمال خط الاستواء، و ْ٥ و ْ٢٠ جنوبه. وتمتاز هذه الأقاليم بأمطارها الصيفية الغزيرة، التي تستمر، سنوياً، نحو خمسة أشهر؛ ولكن كميتها، واستطراداً كثافة الغطاء النباتي، تتناقصان بالابتعاد، شمالاً وجنوباً، من نطاق الغابات المدارية، نحو النطاق الصحراوي الجاف. ويمكن القول، إن هناك فصلية واضحة في التساقط المطري؛ فهناك فصل جفاف، في الشتاء؛ وفصل ممطر، في الصيف. وما نمو الحشائش في الإقليم، إلا استجابة لمحدودية كمية المطر الساقط عليها، مقارنة بكميته في الغابات المدارية، وطول فصل الجفاف. وساعد على تناقص الغطاء الشجري، ونمو الحشائش، أن الأمطار تسقط في فصل الصيف الحار؛ إذ ترتفع معدلات النتح والتبخر .

ويمكن تمييز ثلاثة أنماط من غطاءات السافانا النباتية، هي:

(١) السافانا الرطبة.

(٢) السافانا الجافة.

(٣) سافانا الشجيرات الشوكية.

<u>وفيما يأتي تفصيل كل منها:</u>

(١) السافانا الرطبة Humid Savan

يمتد هذا النطاق على تخوم الغابات المدارية المطيرة، ما بين ْ٥ و ْ٧ شمال خط الاستواء وجنوبه. ويفوق إجمالي التساقط السنوي، في هذه العروض، ١٢٠٠ ملم؛ وقد يبلغ ١٥٠٠ ملم، في بعض المناطق. ويهطل معظمها خلال فصل الإمطار الطويل، الذي يتجاوز ثمانية أشهر في السنة؛ فتكتسي الأرض بالنباتات اكتساء تاماً. ويراوح ارتفاع الحشائش بين ٦ أمتار و١٢ متراً. وهي من النوع الخشن، النصلي الأوراق. ويتخللها بعض الأشجار والشجيرات، التي يزداد علوها وكثافتها، بالاقتراب من خط الاستواء.

(٢) السافانا الجافة Dry Savana:

يقلّ معدل الأمطار، ويزداد طول فصل الجفاف، بالابتعاد عن خط الاستواء، نحو الأراضي الصحراوية، المتاخمة لإقليم السافانا، من الشمال والجنوب؛ فينخفض معدل الأمطار السنوي من ١٢٠٠ مل إلى ٥٠٠ مل فقط، ويمتد طول فصل الجفاف من ٣ إلى ٧ أشهر. ويتدرج التغير، بالابتعاد عن خط الاستواء، شمالاً وجنوباً؛ مؤثراً في الغطاء النباتي، الذي يتدرج تناقص كثافته؛ إذ يقلّ عدد الأشجار والشجيرات، المتداخلة مع الحشائش. كما تتناقص كثافة الأخيرة، ويقلّ ارتفاعها من ١٢ متراً، في السافانا الرطبة، إلى متر واحد، عند أطراف السافانا الجافة.

(٣) السافانا الشوكية Thornbush:

يمتد إلى الشمال والجنوب من نُطُق السافانا الجافة، حزام عازل، بين حشائش السافانا والغطاء النباتي الشوكي للإقليم الصحراوي، يمثل نطاقاً انتقالياً بينهما؛ ويطلق عليه: السافانا الشوكية.

تسهم قِلة الأمطار وتناقصها إلى قرابة ٢٠٠ ملم، سنوياً؛ وامتداد فصل الجفاف إلى أكثر من ٩ أشهر، في تدهور الغطاء النباتي؛ حتى إن طول حشائش السافانا، يصل إلى ٥٠سم، بل أقلّ. فتزداد خشونتها، وتقلّ كثافتها، ويكثر تعرضها للحرائق، في فصل الجفاف الطويل.

تنتشر غطاءات حشائش السافانا في العالم أجمع. فهي تترامى في أستراليا، حيث تفصل بين الغابات الموسمية، في الشمال، والمناطق الصحراوية إلى الجنوب منها. وتنمو في جنوب شرقي آسيا، وفي الهند، على مرتفعات هضبة الدكن. إضافة إلى نموها في إفريقيا وأمريكا الجنوبية.

تغطي السافانا داخل إفريقيا نطاقَين واسعَين، ما بين دائرتَي العرض ٥° و٢٠°، شمال خط الاستواء وجنوبه. ولا يفصل بينهما سوى الغابات المدارية المطيرة على ذلك الخط. ويتصل أحدهما بالآخر حيث ينقطع الغطاء الشجري الكثيف للغابات الاستوائية، فوق هضبة الحبشة، شرقي القارة؛ إذ لا تساعد كمية الأمطار الساقطة على نمو الغابات.

وتمتد السافانا، في أمريكا الجنوبية، على جانبَي نطاق الغابات المدارية، حول خط الاستواء؛ فتغطي جميع الأراضي اليابسة، الواقعة ما بين دائرتَي العرض ْ٥ و ْ٢٠، شمال ذلك الخط؛ شاملة معظم هضبة البرازيل، عدا المرتفعات العالية. ويطلق عليها، في هذا النطاق الشمالي، كامبوس Campos. وتغطي معظم حوض الأورينكو، ومرتفعات غيانا، ما بين دائرتَي العرض ْ٥ و ْ٢٠، جنوب خط الاستواء. ويطلق عليها، في هذا القطاع، اللانوس Lianos.

وتوجد، في الوطن العربي، بعض مظاهر غطاءات السافانا: الشوكية والجافة، ولاسيما في جنوبي السودان ووسطه، والجنوب الغربي من شبه الجزيرة العربية، وعُمان. ولكن أكثر نُطُق السافانا اتساعاً ووضوحاً، في البلاد العربية، توجد في أقصى الجنوب السوداني، حيث تسود حشائشها الطويلة، المختلطة بالأشجار، والتي يفوق ارتفاعها ٣ أمتار، في فصل المطر. وتراوح كميات المطر السنوي، في هذا الإقليم، بين ٩٠٠ و١٥٠٠ملم؛ ولكنها لا تلبث أن تجف، في فصل الجفاف، الذي يصل طوله إلى ٤ أشهر؛ وتبقى التجمعات الشجرية المتفرقة، وما بينها من حشائش.

ويمتد، إلى الشمال من هذا النطاق، نطاق سافانا الحشائش الطويلة، وأشجار السنط. وتراوح كميات المطر السنوي فيه، بين ٧٥٠ و١٠٠٠مل؛ ويزداد طول فصل الجفاف، فيبلغ ٥ أشهر. ولا يتجاوز طول الحشائش، في الإقليم، مترَين؛ ويتخللها بعض أشجار السنط الشوكية. ويكثر هذا النوع من السافانا حول بحر الجبل، وبينه وبين السدياط، وفي ما بين النيل الأبيض وشرقي السودان.

ويمتد، إلى الشمال من هذا القطاع، نطاق عريض، تنتشر فيه حشائش السافانا المطيرة، مع أشجار السنط. ومعدل المطر، هنا، لا يتجاوز ٥٠٠ملم. وقد يصل فصل الجفاف إلى ثمانية أشهر. وأشهر أشجار السافانا السودانية، هو الصمغ العربي.

والسافانا تغطي ثلث مساحة القارة الإفريقية؛ ولكنها تنكمش في آسيا؛ لأن وفرة الأمطار الموسمية، تساعد على نمو الغابات المدارية. وتحتل مساحات واسعة، في استراليا، جنوب الغابات المدارية؛ وأخرى في أمريكا الجنوبية، شمال غابات الأمازون وجنوبها.

ب. الغطاء النباتي:

إن أهم ما يميز المظهر النباتي للسافانا:

(١) اختلاط الأشجار والحشائش الكثيفة، التي يصعب اختراقها

(٢) التناقص التدريجي لكثافة الغطاء النباتي، مع تناقص كمية الأمطار السنوية، بالابتعاد عن خط الاستواء.

(٣) جفاف الحشائش، واختفاء الخضرة من المظهر العام للأرض، باستثناء الأشجار المتفرقة، وخاصة في المناطق، التي يطول فيها فصل الجفاف.

(٤) تعرض الغطاء النباتي، للكثير من الحرائق الطبيعية. ويعزى إلى هذه الحرائق تناثر الغطاء الشجري، والحيلولة دون نمو غطاء غابي، شجري، كثيف.

ويمكن التمييز، في إقليم السافانا، بين نوعَين من النباتات، هما: الحشائش والأشجار.

في طبقة الحشائش والأعشاب، تسود النجيليات المعمرة، التي يزداد شبهها بالجفافيات، كلّما ابتعدت عن خط الاستواء، نحو الأقاليم الصحراوية الجافة، حول المدارَين.

ويراوح طول هذه الحشائش ما بين بضعة سنتيمترات وعدة أمتار. ومن أمثلتها: عشبة الفيل Benthani pennisetum، التي قد يصل ارتفاعها إلى خمسة أمتار؛ وهي تنمو في السافانا الرطبة، إلى جانب حشائش، من نوع أندروبوكون Andropogon.

وفي السافانا الجافة، تكثر حشائش الأريستيدا Aristida، الأكثر خشونة، والأقل طولاً، من حشائش السافانا الرطبة. وتتعرض هذه النباتات للذبول، في فصل الجفاف، في النطاقَين كليهما: الرطب والجاف.

تتلاشى السافانا الشجيرية، في النُطُق الصحراوية كلّما دنت من خط الاستواء. وتتكاثر الأشجار وتتكاثف، ويزداد ارتفاعها، بالاقتراب من نطاق الغابات المدارية. وقد حاول البعض تصنيف السافانا، في هذا القطاع (الشجري)، حسب كثافة طبقة الأشجار؛ فانتهى إلى:

. سافانا نجيلية، تسودها الحشائش فقط.

. سافانا شجرية، أو خصائر سافانا، ذات شجيرات متناثرة.

. سافانا دغلية، تعمرها شجيرات كثيفة.

. غابات السافانا، إذا كانت تيجان أشجارها متقاربة.

وأشجار السافانا نفضية، شوكية الأوراق؛ لتتحمل الجفاف. وقد يوجد قليل من الأشجار دائمة الخضرة، التي تغطي أوراقها بطبقة شمعية؛ لتقليص كمية النتح؛ وتغلف جذوعها قشور سميكة.

وتتسم الأشجار بشكل مظلي مميز، إذ تنبسط تيجانها، أفقياً، ولا ترتفع إلى الأعلى؛ وقد يُعْزَى ذلك إلى تباينها، وهبوب الرياح القوية.

وتشتهر سافانا أمريكا الجنوبية بالنخيل: كابرنيشيا Capernicia، وموريشيا Mouritia. وفي أستراليا، تكثر، في نطاق السافانا، أشجار الكينا، أو الكافور Eucalyptus. وتكثر في السافانا الإفريقية، أنواع من الأشجار، أهمها: السنط، أو الطلح Acacia ، وبراكيستيجيا Brachystegia، وكومبريتم Combretum، وجلبيرناردیا Julbernardia.

ج. التربة:

يرى بعض الباحثين، أن نشوء السافانا، بالشكل الذي هي عليه، مرتبط بالتربة؛ إذ لوحظ أنها تحل حيثما تضمحل العوامل الترابية، الملائمة لنمو الغابات. ولذلك، تحتل هذه الأخيرة السفوح الجيدة الصرف، والخالية من مشكلات التربة، مثل وجود الدروع والأعمدة المرقشة Pinthite. وتسود السافانا المناطق السيئة الصرف، أو المناطق التي تعاني عجزاً مائياً.

وتتركز السافانا البرازيلية في مناطق الترب، التي تفتقر إلى العناصر الغذائية. فغطاءات السافانا، إذاً، نتاج للأحوال المناخية المحلية، وعوامل التربة.

وتتأثر تربة السافانا، سلباً، بالحرائق المتكررة للغطاء النباتي. وهي، في الغالب، من نوع أوكسيسولز (ترب الأكاسيد).

٢. حشائش العروض: الوسطي والمعتدلة:

تحتل الحشائش مساحات شاسعة، في العروض المعتدلة، داخل القارات، في نصفَي الكرة الأرضية: الشمالي والجنوبي؛ يطلق عليها، أحياناً، السهوب. وتسود الحشائش حيث تختفي الأشجار، نتيجة للمناخ القاري؛ إذ يحول المدى الحراري الكبير (شدة برودة الشتاء، وشدة حرارة الصيف)، دون نمو الغطاءات الشجرية، فتحل محلها غطاءات من الحشائش. والسبب الرئيسي لاختفاء الغطاءات الغابية الشجرية من هذه المناطق، هو نقص كمية التساقط، التي قلّما يتجاوز إجماليها السنوي ٥٠٠ ملم. ويقتصر الإنبات، في هذه المناطق، على فترتَين قصيرتَين، في السنة، في فصلَي الربيع والخريف؛ يفصلهما فصلان طويلان، يتوقف فيهما نمو النبات، نتيجة للبرد الشديد في أحدهما، والجفاف في الآخر.

وهناك تجانس واضح، بين نطاق حشائش العروض المعتدلة ونطاق السافانا، وتشابه شديد في سيادة نمو الحشائش، وقِلة الأشجار. إلا أن حشائش السافانا أكثر خشونة، وطولاً، واختلاطاً بالأشجار. أمّا حشائش العروض المعتدلة، فأقصر، وأكثر ليونة واخضراراً؛ ما جعلها أصلح لتغذية الماشية. ولذلك، فإن أهم مراعي العالم، وأعظمها إنتاجاً حيوانياً، لحوماً، وألباناً، وأصوافاً، تتمثل في مناطق الحشائش المعتدلة. وقد تعرضت غطاءات حشائش العروض المعتدلة، لكثير من أعمال التدمير والإزالة البشرية، بغرض الاستغلال الزراعي. ويرجع ذلك إلى خصوبة تربتها، وامتدادها في عروض ملائمة للإنتاج الزراعي لمحاصيل ثمينة، ولاسيما القمح والذرة.

يمتد غطاء الحشائش المعتدلة في المناطق الانتقالية، بين الصحاري، من جهة، وغطاء الغابات: المعتدلة والباردة، من جهة أخرى. والغطاء النباتي السائد، هنا، هو الحشائش؛ فالنمو الشجري نادر، بسبب قِلة الأمطار، وقِلة رطوبة التربة، وشدة الرياح. ولذلك، يمكن تمييز مجموعتَين رئيسيتَين، في نباتات هذا الإقليم:

أ. حشائش ذات أصل مداري. وهي أكثر ملاءمة للحرارة والجفاف؛ ويطلق عليها الإستبس Steppes.

ب. حشائش نجيلية، أقلّ ملاءمة للجفاف؛ ويطلق عليها البراري Prairie.

أ. حشائش الإستبس Steppes:

(١) الامتداد المكاني

تسود حشائش الإستبس الأقاليم المناخية شبه الجافة، المتاخمة للصحاري، من جهة العروض العليا. فهي تمتد في العروض المعتدلة، في كلٍّ من أوراسيا وإفريقيا وأمريكا الجنوبية.

يترامى، في الأولى، أكبر نطاق متصل لها في العالم. وتمتد امتداداً مستطيلاً، من الأراضي الأوروبية الشرقية، شمال البحر الأسود، غرباً، حتى منشوريا، شرقاً. وتتناقص كثافتها، بالاتجاه شرقاً، مع تناقص كميات الأمطار، حتى تنتهي إلى الصحاري، حيث تختفي؛ ثم تعود للظهور في منشوريا. وإلى الجنوب من البحر الأسود، تغطي حشائش الإستبس الأراضي الداخلية، في آسيا الصغرى، وفلسطين، وبلاد الشام، ووسط العراق وشماليه.

وتغطي حشائش الإستبس، في إفريقيا، المناطق الممتدة جنوب هضبة القارة الجنوبية، جنوب شرق صحراء كلهاري، غرب إقليم الفلد.

أمّا في أمريكا الشمالية، فيمتد نطاق تلك الحشائش امتداداً طولياً، من كندا، شمالاً، إلى خليج المكسيك، جنوباً، ما بين إقليم البراري، في الشرق، والإقليم شبه الجاف، في الغرب.

وفي النصف الجنوبي للكرة الأرضية، في أمريكا الجنوبية، تغطي حشائش الإستبس هضبة بتاجونيا. وتمتد، في أستراليا، على تخوم الصحراء، في الجنوب الشرقي.

(٢) الغطاء النباتي:

الإستبس غطاء عشبي، أقصر طولاً، وأقلّ كثافة، من حشائش البراري. والإستبس كلمة روسية الأصل، تعني أراضي فسيحة، قليلة الأشجار. والغطاء النباتي، هنا، مكون من حشائش فقيرة، تنمو في العروض المعتدلة، التي تراوح كمية المطر السنوي فيها، بين ٢٥٠ و٥٠٠ ملم فقط؛ لذا، فهي خالية من الأشجار، بل إن الغطاء

العشبي، قد يكون، في بعض المناطق، متقطعاً، تتخلله بقع جرداء؛ وإن كان، في الغالب، متصلاً.

لذلك، فأعشاب الإستبس؛ لكونها تشغل المناطق الأقل مطراً، على الأطراف المتاخمة للصحاري . تكون أقصر طولاً، وأقلّ كثافة من حشائش البراري. إذ يراوح طولها بين متر وأقلّ من مترَين، في أحسن حالاتها؛ وقد يتجاوز طولها ذلك، في السنوات، التي ترتفع فيها كمية التساقط.

وتقلّ كثافة أعشاب الإستبس، تدريجاً، مع القرب من الصحراء. كما يقلّ طولها، وتتناثر تغطيتها المكانية؛ فتظهر على شكل خصل، أو مجموعات، تفصل بينها أراضٍ عارية التربة، يتواصل تعدُّدها واتساع مساحاتها، حتى الصحراء.

تنمو حشائش الإستبس بسرعة، في فصل المطر، الذي يحين في فصل الربيع وأوائل فصل الصيف. ومناطق السهوب (الإستبس)، تختلف مظاهرها باختلاف الفصول؛ فالأعشاب الخشنة، تتكيف مع فترتَي الجفاف وانخفاض درجات الحرارة، في الصيف والشتاء،، كما تتكيف مع فترة الرطوبة وتساقط الأمطار، في الربيع. وفي الفصل غير الملائم لنمو النباتات، تكمن الحشائش، على شكل بذور أو جذور أو بصل، تنبعث. في فصل الربيع، فتكتسي الأرض ببساط أخضر جميل، كثير الأزهار. ومع ارتفاع درجة الحرارة، وتناقص كميات الأمطار، في الصيف، تبدأ هذه النباتات بالذبول والإصفرار؛ وسرعان ما يهلكها الجليد الأرضي، إبّان الشتاء، إذ تنخفض درجات الحرارة كثيراً، وقد تصل إلى ما دون درجة التجمد.

(٣) التربة:

إن التربة المثالية لأقاليم الحشائش، هي تربة التشرنوزم Chernozems، أو كما تسمى، أحياناً، التربة السوداء Black Soils. وهي تربة ناضحة، تمتاز بالخصب والعمق. يتوافر الدبال في مقطعها. ويكثر فيها النيتروجين، الذي تؤمنه النجيليات. وسميت بالتربة السوداء؛ لأن طبقتها السطحية (أفق A) دكناء اللون، بسبب تراكم المواد العضوية. ويسهم نشاط ديدانها في تهويتها وتقليبها. ولكن هذه التربة، تفتقر إلى المياه،

إبّان الجفاف الطويل، في بعض المناطق؛ بل إن شدته تحولها إلى تربة قسطلية (كستنائية) Chestnut Soils (Mollisols).

ب. البراري:

(١) الامتداد المكاني:

تغطي حشائش البراري أراضي واسعة، في كلّ قارات العالم، عدا أستراليا. فيترامى غطاء حشائش البراري، بشكلها المثالي، في السهول الوسطى لأمريكا الشمالية، غرب السفوح الشرقية لجبال الروكي، من وسط كندا، في الشمال، إلى خليج المكسيك، في الجنوب. وتغطي حشائش البراري إقليماً متسعاً، في أمريكا الجنوبية؛ يمتد بين دائرتَي العرض ٣٠° و٤٠°، جنوباً، على شكل نصف دائرة؛ ويطلق عليه إقليم البمباس Pampas. وتقتصر البراري، في أوروبا، على نطاق صغير، محصور بين رومانيا، شرقاً، وجبال الأورال، غرباً. وتفصل حشائش الإستبس بينها وبين المناطق الجافة. ثم يقتصر وجودها، شرقاً، على شريط ضيق، يفصل الإستبس عن النطاق الغابي، في الشمال. أمّا في آسيا، فتنتشر البراري في المناطق الداخلية، شمالي الصين، حيث يتوافر المطر والحرارة. وتمتد رقعتها في اتجاه الجنوب الغربي من شمالي منشوريا، في أقاليم شمال غربي الصين.

(٢) الغطاء النباتي:

تنمو حشائش البراري في العروض نفسها، التي تنمو فيها حشائش الإستبس تقريباً؛ إلا أن الأولى تلي نطاق غابات العروض المعتدلة، في حين تكون الأخرى أقرب إلى المناطق الصحراوية: الجافة وشبه الجافة. لذا، فإن حشائش البراري، التي تنمو في مناطق أكثر اعتدالاً في درجات حراراتها، وأكثر غزارة في أمطارها . تكون أكثر كثافة، وأعلى ارتفاعاً من حشائش الإستبس.

تنمو حشائش البراري في المناطق الأكثر رطوبة. وهي حشائش طويلة، عميقة الجذور؛ يراوح طولها، عند تمام نموها، بين مترَين وثلاثة أمتار. وتراوح الكميات السنوية للأمطار، في نُطُقها، بين ٧٥٠ و١٠٠٠ملم. وهذه الكمية، مع فترات جفاف

خلال السنة، لا تسمح بنمو غطاء شجري؛ ولكنها تكفي لنمو غطاء غني من الحشائش. وتقتصر الأشجار، في هذا الإقليم، على ضفاف الأنهار.

تموت حشائش البراري، في فصل الشتاء، بسبب الجفاف، وانخفاض درجات الحرارة. ولا تلبث أن تنبعث في فصل الربيع. وتنتمي أهم نباتات البراري إلى الأجناس الآتية:

. الحشيش الإبري Needle Grass (Stipa)

. حشائش العكرش فيسكو Fescue (Festuca)

. حشائش الساق الأزرق أو الركيب Bleu stem (Andropogon)

. حشائش السلك Wire grass

. حشائش الكولسويا Kseleria

. حشائش النجيل Agropyrum

. حشائش الأبسد Panicum

(٣) التربة:

تربة حشائش البراري، هي تربة التشرنوزم، التي تمتاز بالخصب والعمق؛ فهي تربة ناضجة كاملة التطور، وفي حالة توازن مع البيئة المحيطة بها، والعوامل النباتية على سطحها. تغطي سطحها طبقة رقيقة من المواد العضوية، من بقايا الحشائش الميتة في فصل الجفاف. وتمتاز بتهويتها الجيدة، ووفرة النيتروجين. ولكنها تفتقر إلى المياه، في فصل الجفاف. وقد تتحول من تربة تشرنوزم مغسولة، إلى تربة سمراء، في المناطق، التي ترتفع فيها معدلات التساقط ورطوبة التربة.

– المجموعة الثالثة: أعشاب الصحارى :

تعد الصحارى بيئة فقيرة جدباء ، تسقط عليها كميات شحيحة من المطر لا تزيد عن ٢٠٠ملم سنويا ، مقترنة بمعدلات تبخر عالية ، ويتوزع التساقط على أيام معدودة من العام ، وقد تمر سنوات كاملة دون أن تسقط قطرة واحدة من المطر، وهى تمثل أكثر أقاليم اليابس جفافا ، وتتميز بعظم المدى الحرارى اليومى والسنوى. وتتبعثر

النباتات الصحراوية، وتتهيأ فسيولوجيا لمقاومة ظروف الجفاف وملوحة التربة بعدة طرق منها مايلى:

١- تتفرق النباتات في مساحة أرضية شاسعة لتتمكن من تصيد قطرات الرطوبة.

٢- تتحور أوراقها إلى أشواك لتقلل من فقدان الماء بالنتح.

٣- في حالة وجود أوراق للنبات تبدو صغيرة المساحة تغطيها طبقة شمعية للاقتصاد في فقدان الرطوبة.

٤- تمتد جذورها عرضيا تحت سطح الأرض مباشرة للاستفادة من قطرات الندى.

٥- قد تتحول جذور بعض النباتات إلى جزوع منتفخة غليظة لتخزين المياه مثل الصبار والأبصال والتين الشوكى وغيرها.

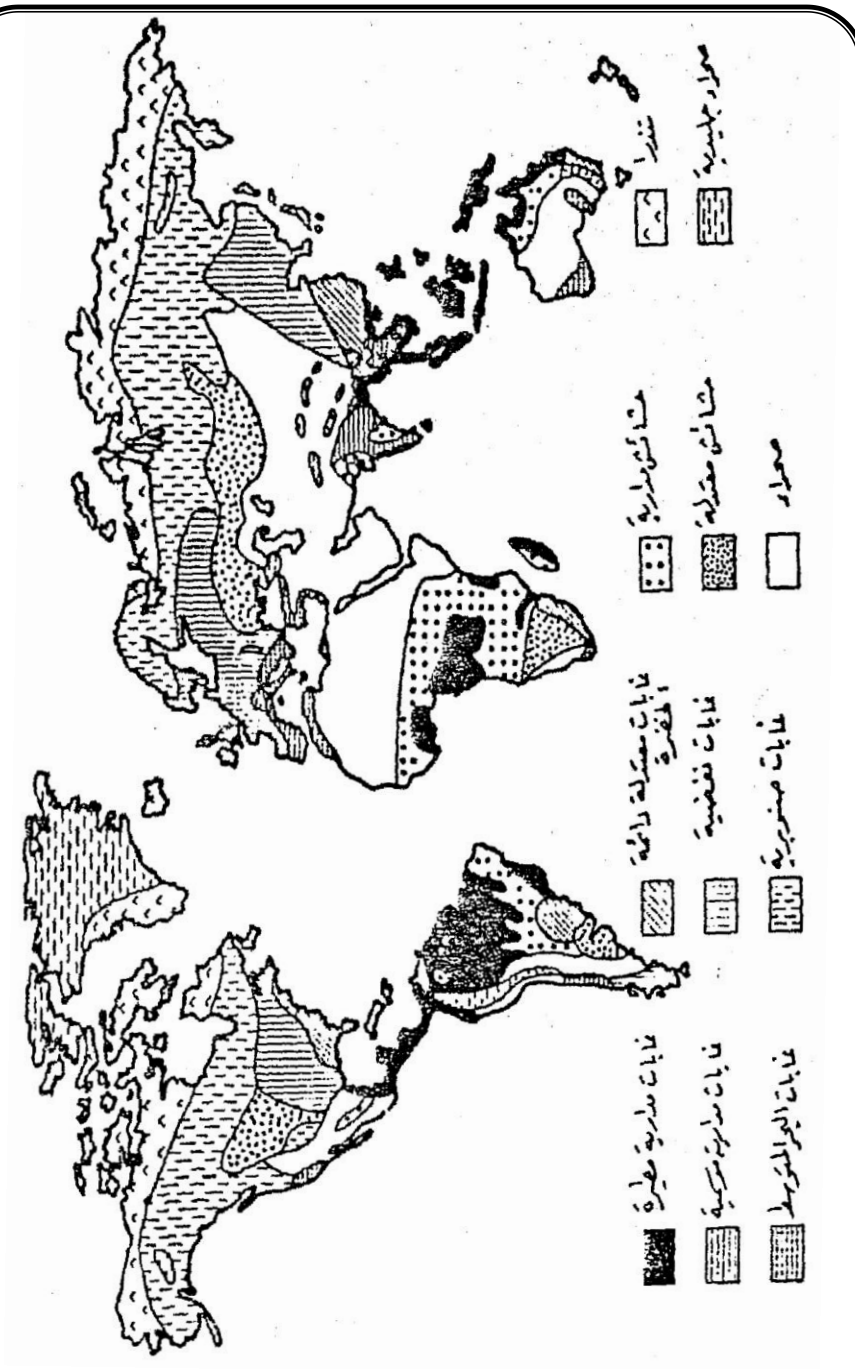
٦- قد تلجأ بعض النباتات للكمون في فصل الجفاف وإعادة النمو أثناء فصل المطر القصير.

٧- قد تنمو بعض النباتات فصليا وتقتصر دورة حياتها عقب زخات المطر مباشرة، فتنبت وتزهر وتموت خلال فترات زمنية لا تتعدى الأسابيع.

- المجموعة الرابعة: التندرا:

يمتد إقليم التندرا على الأطراف الشمالية من أوراسيا وأمريكا الشمالية كشريط يقع للشمال من إقليم الغابات المخروطية (الصنوبرية)، وهى عبارة عن صحارى جليدية قاحلة، شديدة البرودة معظم فترات السنة، فالشتاء لا يقل عن تسعة شهور حيث تغطى الثلوج سطح الأرض، وفي فصل الصيف يأخذ الجليد في الذوبان، ويساعد ضوء الشمس على دفئ الطبقة السطحية من التربة ، فتنمو نباتات قصيرة الجذور، لا تستطيع توغل جذورها في الأجزاء الداخلية من التربة بسبب تجمدها.

وأهم النباتات التي تتمكن من النمو في هذه الظروف الطحالب والأشنة وبعض النباتات ذات الأزهار زاهية الألوان ، وتتبعثر فيما بينها وحول البرك والقنوات المائية بعض الشجيرات القصيرة. وفصل الإنبات في هذه الأصقاع قصير لا يتعدى شهرين أو ثلاثة شهور على أقصى تقدير، وتكمل دورتها في النمو والإزهار قبل أن يغطيها الثلج مع بداية فصل الشتاء التالى.



التوزيع الجغرافي للغطاء النباتى في العالم

رابعاً: جغرافية الحيوان:

تهتم جغرافية الحيوان بدراسة التوزيع الجغرافي للحيوانات البرية في العالم، ومختلف العوامل البيئية المؤثرة في هذا التوزيع ، وتصنيف المملكة الحيوانية إلى مجموعة من المجتمعات الحيوانية ، ودراسة خصائص كل مجتمع منها . فالمملكة الحيوانية تتباين في أنواع حيواناتها من منطقة لأخرى تبعاً لاختلاف الظروف البيئية، وما يرتبط بها من ظروف نباتية وتوزيعها وكثافتها وخصائصها، وتنقسم المملكة الحيوانية إلى نوعين هما العاشبات واللاحمات أي آكلات اللحوم ، والعاشبات هى الحيوانات التي تعتمد في غذائها مباشرة على النباتات كمصدر رئيسى ووحيد . ومن المعروف أن اللاحمات ترتبط بمناطق العاشبات التي تعتبر مصدر الغذاء الرئيسى لها، ولذلك كانت البيئة العشبية هى أكثر البيئات غنى في الحياة الحيوانية بصفة عامة.

التوزيع الجغرافي للمملكة الحيوانية:

ويرتبط التوزيع الجغرافي للمملكة الحيوانية بالأقاليم النباتية ، فلكل إقليم نباتى منها:

*** المجموعة الأولى: الحياة الحيوانية في إقليم الغابات:**

• **الإقليم الأول: حيوانات الغابات المطيرة:** وهذا الإقليم يرتبط بإقليم المناخ المدارى المطير وينقسم إلى إقليمين ثانويين هما:

١- حيوانات إقليم الغابات المطيرة الدائمة الخضرة:

تعد الغابات المدارية المطيرة فقيرة نسبيا في حيواناتها ، على الرغم من غناها النباتى، ويرجع ذلك إلى ارتفاع أوراق والأزهار الأشجار وتمارها عن متناول معظم الحيوانات، إذ تتراوح ارتفاعات معظم أشجار هذه الغابات بطبقاتها الثلاث بين ١٠ أمتار و ٤٠ متراً . وأهم الحيوانات هذه الغابة الثدييات مثل القردة والسنجاب ، التي تستطيع القفز بين أغصانها نظراً لفقر أرضية الغابة ، مما يدفع هذه الحيوانات للقفز للأجزاء العليا من أشجارها ، ويساعدها على ذلك صغر أحجامها ، وهى بذلك تتجنب بعض الحيوانات المفترسة من آكلات اللحوم مثل النمور والفهود والخراتيت . كما تعيش في هذه العابات مجموعات من الزواحف مثل الثعابين والحشرات وخاصة النمل الأبيض الذى يمثل

خطراً كبيراً على سكان القرى المبعثرة في هذا الأقليم ، وتعيش أيضاً في مجاريها المائية التماسيح , وعلى جذوعها المرتفعة تعيش مجموعات كبيرة من الطيور المتعددة الأنواع والفصائل.

٢- **حيوانات إقليم الغابات المدارية الموسمية:** تميز المملكة الحيوانية في هذا الإقليم بعدة سمات أهمها مايلي:

(أ) فقر هذا الإقليم بحيواناتها سواء من حيث أعدادها أو أنواعها ، ولكن قد تتوغل بعض حيوانات إقليم السافانا في نطاق الغابات الموسمية ، حينما يحل الجفاف بنطاق السافانا، ثم تعود مرة أخرى إلى موطنها الأصلى ، وخاصة الأفيال والأسود والوعول وغيرها .

(ب) ندرة وجود الحيوانات الثديية الكبيرة ولكن تتواجد الحيوانات المتسلقة بكثرة وخاصة القردة والزواحف .

(ج) يرتبط التوزيع الجغرافي لبعض الحيوانات بنطاق نباتى معين ، فترتبط الزواحف بأشجار السنط ، كما يتحدد توزيع الحيوانات آكلة اللحم بفرائسها آكلة اللحم بفرائسها، فالأسد يرتبط بتوزيع الغزال .. وهكذا .

(د) يتركز وجود الحشرات في المناطق الهامشية لهذا الإقليم عند تداخله مع إقليم السافانا ، وخاصة ذبابة التسى تسى المسببة لمرض النوم .

• **الإقليم الثانى : حيوانات غابات معتدلة في العروض الوسطى :** وينقسم إلى أربعة أقاليم ثانوية كما سبق أن أوضحنا عند دراسة الأقاليم النباتية :

١- أحراج البحر المتوسط.

٢- الغابات العريضة الأوراق.

٣- الغابات النفضية.

٤- الغابات المخروطية (صنوبرية).

الحياة الحيوانية في معظم أجزاء هذا الإقليم تتسم بالتنوع ، وليست لها خصائص تميزها ، بسبب دفئ المناخ ، وتعدد أنواع الغطاء النباتى ، مما جعلها بيئة مناسبة لحيوانات الأقاليم المتاخمة لها ، بالإضافة إلى تأثير الإنسان الذى استوطن

بعض نطاقات هذا الإقليم بكثافة عالية من قديم الأزل ، وخاصة في جنوب شرق آسيا التي تعد من أكثر جهات العالم كثافة بالسكان ، وكانت هذه الغابات تشكل موردا هاماً للأخشاب ، وخاصة خشب الجوز وخشب الزان الصلب . ولكن قام سكان هذا الإقليم باقتلاع مساحات شاسعة من غطائها النباتى ، ليحلوا محلها بعض المحاصيل الاقتصادية مثل الأرز والذرة والشاى والقطن وقصب السكر.

• **الإقليم الثالث : حيوانات الغابات الباردة :**

تتسم المملكة الحيوانية بهذا الإقليم بالفقر وقلة أعدادها ، بسبب شدة البرودة خلال فصل الشتاء ، وتغطية الكساء النباتى بطبقة سميكة من الثلج ، ولذلك تلجأ حيواناتها إما للكمون خلال الفصل البارد ، أو تهاجر للأقاليم المتاخمة لها حيث الدفئ النسبى ، وتشتمل على الثعالب والدببة والذئاب والأرانب البرية ، كما تعيش بعض القوارض مثل السنجاب . ويتوزع هذا الإقليم كنطاق شريطى يمتد في شمال أوراسيا وأمريكا الشمالية.

• **المجموعة الثانية: الحياة الحيوانية في إقليم الحشائش:**

١- حيوانات إقليم حشائش السافانا:

تنتشر في إقليم حشائش السافانا أعداد كبيرة من الحيوانات آكلة العشب ، من ذوات الحوافز والأظلاف ، ومعظمها سريع العدو كثير الحركة ، بحثا عن الغذاء والماء، أو للهرب من مطاردة الحيوانات آكلة اللحوم التي تشاركه هذا الإقليم . وتضطر هذه الحيوانات للهجرة خلال فصل الجفاف إلى الغابات المتاخمة لها سعياً وراء الكلأ والماء ، على الرغم أنها جميعا حيوانات تتحمل الظمأ وتكتفي بكميات ضئيلة من المياة، وأهم حيواناتها البقر الوحشى والحمار الوحشى ووحيد القرن والفيل والضبع المرقط وابن آوى والزراف والغزال والفهد والأسد والنمر ، وحيوان الكانجرو الذى يعيش في السافانا الأسترالية.

٢- حيوانات إقليم حشائش العروض الوسطى:

تأقلمت حيوانات هذا الإقليم الفقير في غطاءه النباتى لتتحمل العيش في ظروف الشتاء الجاف القارص البرودة ، ومعظمها سريع العدو ، يهاجر للجنوب في فصل الشتاء ، وإلى الشمال في فصل الصيف . وكان هذا الإقليم موطناً لكثير من الحيوانات التي تكاد تنقرض من جهات واسعة منه بسبب استغلال معظم أراضيه في التوسع الزراعى ، مثل الزراف في جنوب إفريقيا والكانجرو في أستراليا والحصان البرى في آسيا ، وحلت محلها كثير من الحيوانات المستأنسة في مناطق الرعى ، مثل الأبقار والأغنام والخنازير والخيول . ولكن لازالت تعيش بعض الحيوانات آكلة العشب في إقليم الحشائش المعتدلة باوراسيا مثل الغزلان والكولان وهو نوع من الحُمر البرية في منطقة جوبى.

وأهم طيور هذا الإقليم السمان والنسور والحجل والقنابر، ومعظمها يهاجر في فصل الخريف للجنوب بحثاً عن الغذاء والدفء، أو تلجأ للسبات الشتوى لتتجنب البرد القارص، إلا أنها تواجه مشكلة عدم وجود اماكن ملائمة لوقع البيض لانعدام الأشجار، ووجود غطاء من الثلج يغطى الكساء النباتى في فصل الشتاء.

*** المجموعة الثالثة: الحياة الحيوانية في الصحارى:**

الحياة الحيوانية في الصحارى فقيرة كنباتات هذا الإقليم، تتكيف حيوانات الصحارى مع ظروف الحرارة العالية والجفاف وفقر غطاءها النباتى، حيث تختفي الزواحف والقوارض والحشرات نهاراً تجنباً للحرارة العالية، وتخرج ليلاً بحثاً عن الغذاء، كما تبدو معظم حيوانات الصحارى بلون رمالها للتخفي عن الأعداء، وأغلبها يعيش في الجحور وفي فجوات الصخور مثل الثعابين والحشرات، أو تحفر لنفسها انفاقاً ممتدة تحت الأرض مثل الأرانب والثعالب، وتتحمل الظمأ وأشعة الشمس الحارقة، وتكتفي بكميات صغيرة من المياه، إلا أنها كثيراً ما تهاجر من مواطنها سعياً وراء الأعشاب. ولعل الجمل أهم حيوانات هذا الإقليم بجدارة، فهو يستطيع التأقلم مع ظروف الجدب والجفاف، فيمكنه أن يقتات على الأشواك اليابسة، أو يشرب الماء المالح ، كما يمكنه الصيام عن العام والشراء عدة أيام معتمداً على سنامة بالإضافة إلى تحمله الحرارة

العالية، فهو بحث سفينة الصحراء بغير منازع. كما تستوطن الصحارى الوعول والغزلان والضباع والثعالب وأرانب البرية، إلا انها أقل تحملاً لظروف الإقليم من الجمال.

*** المجموعة الرابعة: الحياة الحيوانية في إقليم التندرا:**

تتكيف حيوانات إقليم التندرا مع ظروف المناخ القارس البرودة، ويكسو أجسادها الفراء السميك الناصع البياض، وقد تلجأ للهجرة من مواطنها في اتجاه الجنوب إلى إقليم الغابات المخروطية تجنباً لبرد الشتاء، ثم يعود مرة أخرى في نهاية فصل الربيع مع ذوبان الغطاء الجليدى.

ويعد حيوان الرنة أهم حيوانات إقليم التندرا في أوراسيا بلا منازع، وتمكن سكان هذا الإقليم من استئناسه، ويستخدمونه كوسية لجر العربات في التنقل بالزحافات، وأكل لحمه، وصناعة ملابسهم وخيامهم من فرائه، ولكن تعرضت أعداد كبيرة من الرنة للفناء بسبب انتشار العمران من ناحية، وتعرضه للقنص من سكان الإسكيمو للانتفاع بفرائه من ناحية أخرى.

المصادر والمراجع

١- أبو العز، محمد صفي الدين (١٩٨٠) تقلبات المناخ العالمي، مطابع الأبناء، الكويت، الكويت.

٢- الجعفري، أحمد عطية (يناير ٢٠٠٨م) من أسباب التغيرات المناخية "المكونات المتغيرة للغلاف الجوي"، مجلة الأرصاد الجوية، الهيئة العامة للأرصاد الجوية المصرية، العدد ١٢، القاهرة، ص ص٤٩-٥٦.

٣- ــ (يناير ٢٠١٢م) الجفاف ومناخ الصومال، مجلة الأرصاد الجوية، الهيئة العامة للأرصاد الجوية المصرية، العدد ٢٨، القاهرة، ص ص١٨-٢٣.

٤- الراوي، عادل سعيد، والسامرائي، قصي عبد المجيد (١٩٩٥) المناخ التطبيقي، دار الكتب للطباعة والنشر، بغداد، العراق.

٥- الزاملي، شاكر مسير، وعبود، ناصر (٢٠٠٩) التغيير المناخي بين الحتمية وتدهور النظام البيئي، مجلة البيئة العراقية الجديدة، العدد ٢١، المجلد ٢، بغداد، العراق.

٦- السيد، ياسر أحمد (٢٠٠٦) مصر "جغرافياً"، منشأة المعارف، الإسكندرية.

٧- الشلش، على حسين وآخرون (١٩٧٨) جغرافية الأقاليم المناخية، مطابع جامعة بغداد، العراق.

٨- الشيخ، أحمد أحمد (٢٠٠١) الجغرافيا التاريخية، مطابع جامعة المنصورة.

٩- الطنطاوي، عطية محمود محمد (٢٠٠٧) التغير المناخي في مصر، ورشة عمل حول التغير المناخي وتأثيره على منطقة جبل قطراني ومواقع التراث العالمي الأخرى في مصر، اللجنة المصرية لبرنامج الإنسان والمحيط الحيوي، اللجنة الوطنية للتربية والثقافة والعلوم، القاهرة.

١٠- العرود، إبراهيم (٢٠٠١) التغير المناخي في الميزان، ط١، دائرة المكتبة الوطنية، عمان، الأردن.

١١- الفقي، أحمد عبد الحميد (١٩٩٩) الرياح في مصر: دراسة في الجغرافيا المناخية، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة عين شمس، القاهرة.

١٢- المعموري، بدر جدوع أحمد، وعبد الله، أحمد حسن (٢٠٠٩) البقع الشمسية ودورها في تغير درجة الحرارة في العراق، مجلة علوم المستنصرية، العدد ٥، المجلد ٢٠، بغداد، العراق.

١٣- الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ (٢٠٠٧أ) تغير المناخ "قاعدة العلوم الفيزيائية"، مطبعة جامعة كامبريدج، إنجلترا.
١٤- ـــــ (٢٠٠٧ب) تغير المناخ "التقرير التجميعي"، مطبعة جامعة كامبريدج، إنجلترا.
١٥- زهران، زهران بسيوني (٢٠٠٧) الأمطار على ساحل إفريقيا الشمالي" دراسة في الجغرافية المناخية"، رسالة دكتوراه غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الدراسات الإنسانية، جامعة الأزهر، القاهرة.
١٦- زهران، زهران بسيوني (٢٠٠٨)، الاتجاه العام للمناخ في العالم : الوجهة المقبلة للمناخ، مجلة البيئة والمجتمع، جامعة بني سويف، العدد ٧.
١٧- طلبة، شحاتة سيد أحمد (١٩٩٠) المطر في مصر" دراسة في الجغرافية المناخية"، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة القاهرة، قسم الجغرافيا.
١٨- عبد الله، عبد الله عبد الرحمن (أبريل ٢٠٠٨) النينو واللانينا والتيارات النفاثة، مجلة الأرصاد الجوية، الهيئة العامة للأرصاد الجوية المصرية، العدد ١٣، القاهرة، ص ص٥٠-٥٨.
١٩- علي، عبد القادر عبد العزيز (١٩٨٢) الطقس والمناخ والمتيورولوجيا "دراسة في الجغرافيا المناخية"، دار الجامعة للطباعة الحديثة، جامعة طنطا.
٢٠- ـــ (١٩٨٩) الجفاف في إقليم الساحل الأفريقي وأثره على جمهورية مصر العربية، سلسلة الدراسات الخاصة، معهد البحوث والدراسات العربية، العدد ٤٤، جامعة القاهرة.
٢١- علي، عبد القادر عبد العزيز (١٩٩٢) التباين المكاني والزماني لدرجات الحرارة في جمهورية مصر العربية، المجلة الجغرافية العربية، الجمعية الجغرافية المصرية، العدد ٢٤،القاهرة.
٢٢- ـــ (١٩٩٣) التغيرات المناخية وأثرها على البيئة، ندوة الجغرافيا ومشكلات البيئة، الجمعية الجغرافية المصرية، القاهرة.
٢٣- قربة، جهاد محمد (٢٠١١) المفاهيم الأساسية للنظريات والنماذج في العلوم الجغرافية، بدون دار نشر، مكة المكرمة، المملكة العربية السعودية.
٢٤- محمد، محمد حجازي (١٩٨٦) نحو دراسة في جغرافية مصر، دار الثقافة للنشر والتوزيع، القاهرة.
٢٥- معرفي، مصطفي عباس (٢٠٠٨) التغير المناخي، مجلة عالم الفكر، العدد ٢، المجلد ٣٧، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت.

٢٦- مندور، مسعد مسعد سلامة (٢٠٠٢) الإشعاع الشمسي في مصر "دراسة في الجغرافيا المناخية"، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية الآداب، جامعة المنصورة.
٢٧- موسي، على حسن (١٩٨٦) التغيرات المناخية، دار الفكر للطباعة والنشر، دمشق، سوريا.
٢٨-يوسف، عبد العزيز عبد اللطيف (١٩٨٢) الخصائص المناخية لعنصر الحرارة في مصر خلال القرن العشرين" دراسة في الجغرافية المناخية"، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية الآداب، جامعة عين شمس، القاهرة.
٢٩- يوسف، عبد العزيز عبد اللطيف (١٩٨٦) غاز الأوزون في الغلاف الجوي"آثاره المناخية والجغرافية"، المجلة الجغرافية العربية، الجمعية الجغرافية المصرية، العدد الثالث عشر، القاهرة.

(ب) مراجع غير عربية:

1- Drapela, K., Drapelova, I. (2011), Application of Mann-Kendall test and the Sen's slope estimates for trend detection in deposition data from Bílý Kříž (Beskydy Mts., The Czech Republic) 1997–2010, Beskydy, Mendel University in Brno, Vol. 4 (2), pp. 133–146.
2- Dutch, Steven I. (2010), Encyclopedia of global warming, Salem Press, USA,
3- Eissa M. M. (2007), New statistical study for Global temperature, Meteorological Research Bulletin- volume 22 december 2007, Egyptian Meteorological Authority, Cairo.
4- Egyptian Environmental Affairs Agency (2010), Egypt Second National Communication: Under the United Nations Framework Convention on Climate Change, Cairo.
5- Egyptian Environmental Affairs Agency (2013), Estimated GHG Inventory in Egypt, Cairo.
6- El-Asrag, A. M. (1999), Climate Change over Egypt and its Relevance to Global Change, Met. And Eust. Dev. The fourth Conference, Egyptian Meteorological Authority, Cairo.
7- El-Wakil S. A. et al. (2001), Atmospheric turbidity of urban and desert areas of the Nile Basin in the aftermath of Mt. Pinatubo's eruption, Theor. Appl. Climatol. Vol. 68.
8- ESRI: ArcGIS Desktop V.9.3 Help, Spatial Analyst Tools, Minus & Plus.

9- Haigh J. (2011), Solar influences on Climate, Grantham Institute for Climate Change, Briefing paper No 5, Imperial College London, UK, February 2011.
10- IPCC (2007a), Fourth Assessment Report, Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Cambridge University Press, UK.
11- Kiehl, J.T. (2006), " Overview of Climate modeling " in: Kiehl, J.T. & Ramanathan V. (eds.), Frontiers of Climate Modeling, Cambridge University Press.
12- Kiehl, J., Trenberth K. (1997), Earth's annual global mean energy budget, Bull. Am. Meteorol. Soc., Vol. 78.
13- Lockwood, John G. (1974), World climatology : an environmental approach, Edward Arnold, London, UK.
14- Mansour, N. R, et al. (1996), Case study for Severity of Rising sand concerning two similar synoptic situations in Egypt, Meteorology and Integrated Development Conference, Egyptian Meteorological Authority, PP. 237- 243.
15- Mavromatis T., Stathis D. (2011), Response of the Water Balance in Greece to Temperature and Precipitation Trends, Theor. Appl. Climatol. Vol. 104, PP.13-24.
16- Mitchell T. D. and Jones P. D. (2005), An Improved Method Of Constructing A Database Of Monthly Climate Observations And Associated High-Resolution Grids, Int. J. Climatol.Vol. 25, pp. 693–712.
17- Omran, M.A. and Sharobien W.M. (1996), Ozone Variation and its Trend over Egypt and other Regions, Integrated Development Conference, Egyptian Meteorological Authority, pp. 259-273.
18- Önöz, B., Bayazit, M. (2003), The Power of Statistical Tests for Trend Detection, Turkish Journal of Engineering & Environmental Sciences, Vol. 27, pp. 247 – 251.
19- Salmi T. et al.(2002), Detecting Trends Of Annual Values Of Atmospheric Pollutants By The Mann-Kendall Test And Sen's Slope Estimates -The Excel Template Application Makesens, Publications on air quality, No. 31, Finnish Meteorological Institute.

20- Shaltout M.A. et al. (2001), Total suspended particles and solar radiation over Cairo and Aswan, Renewable Energy, Vol. 23, PP. 605–619, Pergamon.
21- Sharobien W.M. (1997), The vertical distribution of temperature and photo- dynamical components of ozone over Cairo, The conference of Meteorology and Environmental cases, Egyptian Meteorological Authority , pp. 190 –202.
22- Tabari, H., et al. (2011), Trend Analysis of Reference Evapotranspiration in the Western half of Iran. Agricultural and Forest Meteorology, Vol. 151, pp. 128-136.
23- U.S. Global change Research Program, Climate Literacy: The Essential Principles of climate, March 2009.
24- USGS (1997), The Cataclysmic 1991 Eruption of Mount Pinatubo- Philippines, USGS Fact Sheet N.113.
25- Vertenstein M., et al. (2004), CCSM3.0 User's Guide, Community Climate System Model, National Center for Atmospheric Research, Boulder, CO, USA.
26- Walker, G.T. and Bliss E. W. (1934), World weather V, Meteorological Society, Vol. 36, PP. 43-84.