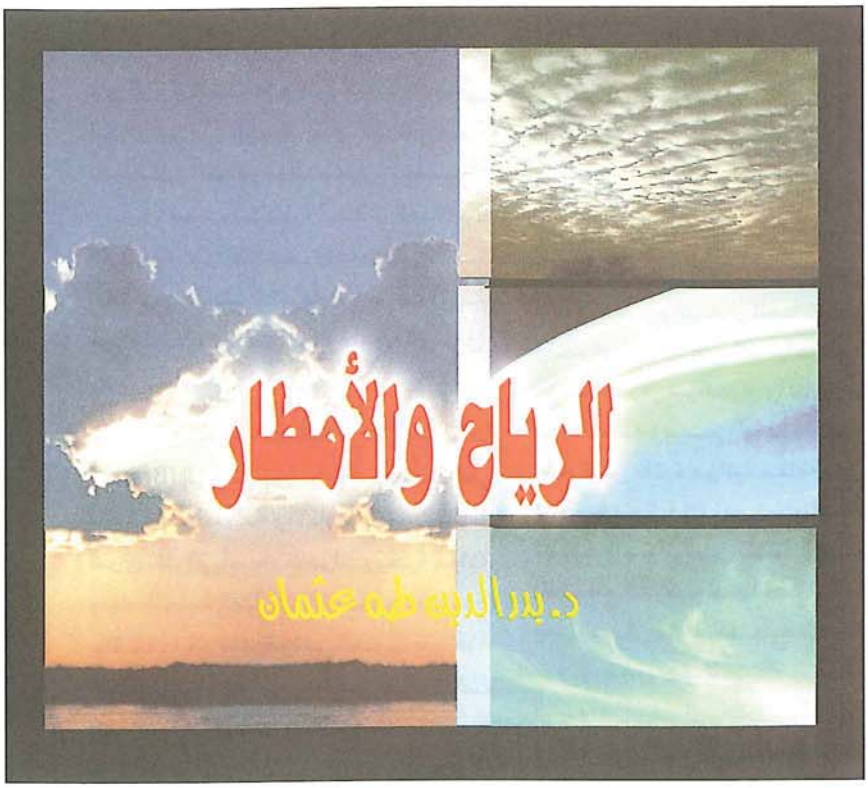
جميعنا يعرف بالمشاهدة أو بالتعلم شيئا عن الأمطار. ولكن تدور في أذهاننا الكثير من التساؤلات حول هذه الظواهر المناخية الهامة وأنظمتها وآليات عملها. وتتكاثر هذه التساؤلات حينما تشتد وطأة المناخ متمثلا في الأعاصير المدمرة والفيضانات وموجات الجفاف والحر الشديدين وفشل المواسم الزراعية.. الخ. كذلك نشعر بأننا في حاجة إلى معرفة الأنماط الرياحية والمطرية واختلافاتها الزمانية والمكانية في جميع أنحاء الأرض، إضافة إلى الحاجة إلى معرفة أنواع الأنظمة الرياحية والمطرية السائدة على سطح الأرض.



يتناول هذا المقال القوى التي تثير الرياح والأمطار وتلك التي تشكل نظمها إضافة إلى استعراض أهم المفاهيم والتفسيرات التي وضعت حول ذلك، وكذلك التعرف على أنواع الرياح وأنظمة المطر المختلفة وعلاقاتها بالدورة الهيدرولوجية ودورات الغلاف الجوى التي تتحكم في هذه العلاقات.

الطاقة الشمسية ونظم الرياح

في كل ساعة من الزمن وفي كل بقعة على سطح الأرض تتجسد الطاقة الشمسية (Solar energy) في الطاقة الكامنة في اليابسة والبحر والغلاف الجوي، وتعد هذه الطاقة الكامنة ضرورية لبناء نظم الرياح والتيارات البحرية (Sea Currents) ودوائر الضغط التي تنتظم الكرة الأرضية مساهمة بذلك في توزيع وموازنة الحرارة وبخار الماء بين مختلف الأنظمة الإيكولوجية.

ووفقا للنظام الكوني تبعد الأرض عن الشمس بالقدر الذي يمكنها من الحصول على الطاقة اللازمة لسير الحياة فيها. وتتفاوت الطاقة التي تحصل عليها الأرض من مكان إلى آخر، وعلى مدار الأيام، والفصول، والسنوات. إذ أن هناك فائضا حراريا في المناطق المدارية، وعجزا حراريا في المناطق القطبية التي تفقد الكثير من الطاقة الشمسية. وهنالك أسباب عدة وراء تركيز الحرارة في العروض المدارية وتشتتها في العروض القطبية. منها مايلي:

- الشكل شبه الكروي للارض.
- دوران الأرض حول نفسها وحول الشمس.
- توزيع اليابسة والبحار.
- زوايا استقبال الأشعة الشمسية.
- درجة رطوبة الهواء.

وتؤدي الفوارق الزمانية المتعلقة باستقبال الطاقة الشمسية وعوامل أخرى كوكبية فوق سطح الأرض إلى حدوث فوارق في درجات الحرارة والضغط الجوي. برغم ذلك تحافظ مختلف أرجاء الأرض على متوسط معقول من درجات الحرارة تختلف وفقا للمكان والزمان. أي أننا نجد هذا التركيز يتغير بتغير الفصول ويتراوح بين الحد الأعلى (النهار والصيف) والحد الأدنى (الليل والشتاء). يعتمد هذا التوازن النسبي في درجات الحرارة والرطوبة على دورات الغلاف الجوي (Atmospheric Circulations) وأنظمة الرياح بالإضافة إلى نشاط التيارات البحرية.

تتأثر نظم الضغط والرياح بفيزياء الحرارة بالنسبة للأجسام الصلبة والسوائل في الأرض. وفيما يلي بعض الخصائص الفيزيائية المؤثرة على نظم الضغط والرياح.

- تنتقل الحرارة من الأجسام الحارة الى الأجسام الباردة بواسطة التوصيل المباشر أو الانتقال الجزيئي للطاقة الحرارية.
- يتأثر إنتقال الحرارة بالفارق الحراري بين الأجسام الحارة والأجسام الباردة حيث يكون الانتقال سريعا إذا كان الفارق الحراري بينهما كبيرا.
- إختلاف الأجسام الصلبة والسوائل في اكتساب وفقدان الحرارة، إذ بينما تكتسب الأجسام الصلبة الحرارة بسرعة وتفقدها بسرعة، فإن السوائل تكتسب الحرارة ببطء وتفقدها ببطء كذلك.
- عندما يسخن الهواء فإنه يتمدد ويكون أقل كثافة من الهواء المحيط.
- يتناسب الضغط تناسبا عكسيا مع الحرارة حيث يكون الهواء الحار أقل ضغطا من الهواء البارد.
- تعمل الطاقة الشمسية على تبخر الماء وصعوده إلى أعلا ليتعلق بخاره في الغلاف الجوي.
- تتميز المناطق المدارية خاصة الإستوائية بالحرارة الشديدة وتوفر بخار الماء في الجو مقارنة بالمناطق القطبية.

واع الرياح	النطاق الجغرافي	مناطق النشأة والتكوين	الاتجاهات العامة (قرب السطح)	متوسط السرعة (متر/ثانية)	الفترة الزمنية لنشاط الرياح
لاستوائية	مدارية تصل حتى خط العرض ٢٠ في النصف الشمالي	فوق البحار في نطاقات متقطعة	متغيرة الاتجاه	أقل من ٣أمتار	تنشط في مارس – إبريل وتضعف في أغسطس
لاستوائية غربية	مدارية يصل نطاقها حتى خط العرض ٢٨ خاصة في شبه القارة الهندية	بحرية ولكنها ذات أهمية في يابسة غرب أفريقيا والهند	جنوبية غربية في نصف الكرة الشمالي وشمالية غربية في نصف الكرة الجنوبي	أقل من ٦ أمتار	في صيف كل من نصفي الكرة الأرضية الشمالي والجنوبي
تجارية	بين خط العرض ٤٠ وحتى خط الاستواء	الأجزاء الشرقية من المحيطات وتهب على يابسة المناطق دون المدارية	شمالية شرقية في نصف الكرة الشمالي وجنوبية غربية في النصف الجنوبي	٥–٨ أمتار	في الشتاء (خاصة مناطق التركز) وتصل أقصى سرعتها في الصيف
عروض وسطى الغربية	بين خط العرض ٤٠ و ٦٥	بحرية متقطعة خاصة في نصف الكرة الشمالي	جنوبية غربية إلى غربية في نطاق الكرة الشمالي وغربية إلى شمالية غربية في النصف الجنوبي	١٠ أمتار وتزيد في نصف الكرة الجنوبي	تنشط في الصيف حيث يصل منحدر الضغط أشده .
شرقية القطبية	من خط العرض ٦٥ وحتى القطبين	البحار دون القطبية وهوامش القارات	متغيرة	متفاوتة السرعة	–

مصدر : White etal 1984 (بتصرف)

● جدول (١) رياح الأرض الرئيسية وأهم خصائصها.

يعمل الهواء الرطب على إمتصاص كمية بر من الحرارة مقارنة بالهواء الجاف ي يمتص القليل .

كذلك تتأثر أنظمة الرياح ودورة لاف الجوي بكثير من قوانين وفيزياء ركة التي تحكم كوكب الأرض . إذ أن رعة الخطية لنقطة ما على الأرض عند ط الإستواء أسرع من أية نقطة عند طبين . وتبعاً لقوانين حركة الأجسام روية فإن مسار الهواء الذي يهب من خط ستواء باتجاه المدارين يكون منحنياً جاه الشرق ، وذلك نسبة لتأثير القوة وريولية (Coriolis Force) مما يجعل واء المداري العالي المتجة نحو القطبين يل إلى اليمين (باتجاه الشرق) والهواء طبي المنخفض الذي يهب نحو مناطق ارية يميل نحو اليسار (باتجاه الغرب) كلا بذلك الأنظمة الرياحية الكبرى على طح الأرض .

تعد معرفة بعض خصائص فيزياء رارة والحركة ليابسة وسوائل الكرة ضية مدخلا مهما لفهم نظم تدوير رارة والرطوبة من مناطق الوفرة إلى طق الندرة بواسطة دورة الغلاف الجوي ونظمها الرياحية والدورات البحرية وتياراتها . وتنقسم التيارات البحرية إلى نوعين هما :-

١- تيارات بحرية ساخنة أو دافئة باتجاه القطبين (مثل تيار الخليج الدافيء) .

٢- تيارات بحرية باردة (مثال تيار بيرو وتيار بنجويلا) .

أما فيما يختص بنظم الضغط فهنالك مناطق ضغط منخفض (المناطق ذات الهواء الساخن الصاعد قليل الكثافة) ومناطق ضغط مرتفع (المناطق ذات الهواء البارد الهابط عالي الكثافة) .

دورات الغلاف الجوي

تؤدي دورات الغلاف الجوي ونظم الضغط الناجمة عنها إلى تكوين مجموعات رياحية رئيسة في كل من نصفي الكرة الشمالي والجنوبي ، جدول (١) ، كما تعمل على تدوير الحرارة والرطوبة اللذان يمثلان أهم العناصر اللازمة لعملية الأمطار .

تعد المناطق المدارية مناطق حركة نشطة لدورات الغلاف الجوي ، إذ منها يرتفع الهواء الساخن المشبع ببخار الماء إلى الطبقات العليا للغلاف الجوي ثم يندفع عاليا صوب العروض الوسطى والقطبية .

وأثناء ذلك يأخذ الهواء الساخن في فقدان حرارته ليزداد برودة كلما ابتعد من المناطق المدارية وتبعا لذلك يأخذ في الانكماش وتزداد كثافته ليهبط كلما اقترب من القطبين فيعود مرة أخرى صوب المدارين عبر الطبقات الدنيا للغلاف الجوي محققا بذلك دورة غلاف جوية كاملة .

وتنقسم الدورات الغلاف جوية حسب المسافة التي تسود فيها وارتفاعها الرأسي ومدة مكوثها وذلك كما يلي :-

● الدورات الكبرى أو العامة

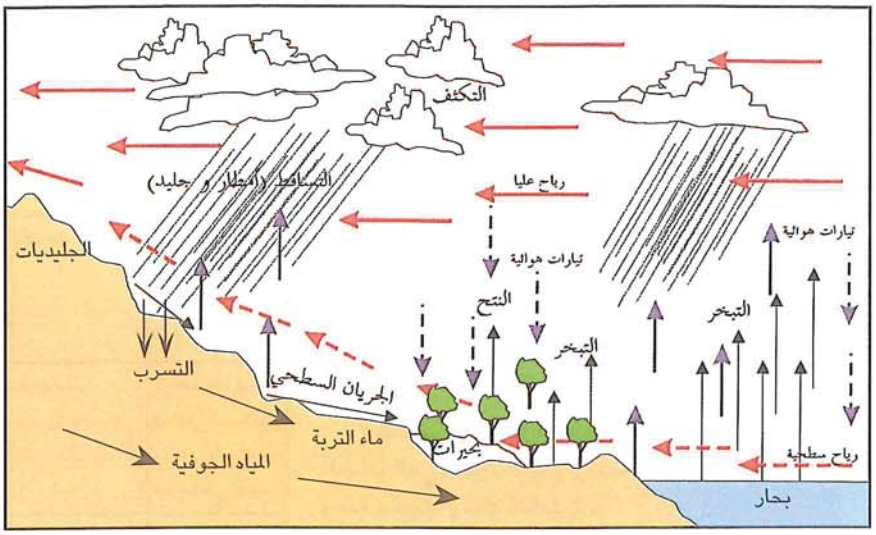
تمثل الدورات الكبرى أو العامة (Primary "General" Circulations) كل حركة الغلاف الجوي ومايترتب عليها من نقل وتدوير للحرارة وبخار الماء من المناطق المدارية باتجاه المناطق القطبية . وتعد التيارات النفاثة والموجات الطويلة في طبقة التربوسفير (Tropospheric Long waves) والرياح السطحية في الأرض من أهم أنواع الرياح والحركات الهوائية المرتبطة بالدورات الكبرى حيث أنها تمتد لمسافة تصل إلى ٥٠٠٠ كيلو متر ، وترتفع رأسيا لحوالي ١٠ كيلومترات ، وتستغرق بين سبعة إلى عشرة ملايين ثانية (٨٠ يوما إلى ١١٥ يوم)

● الدورات المتوسطة (الإقليمية)

تعمل الدورات المتوسطة (Secondary Circulations) داخل الدورة الجوية الكبرى مرتبطة بدوائر الضغط المؤقتة المتحركة على المدى القصير . ومن أهم أنواع الرياح والحركات الهوائية المرتبطة بالدورات المتوسطة كل من الأعاصير المدارية وشبه المدارية (Tropical and Subtropical Cyclones) وأضداد الأعاصير (Anti (Cyclones) ، وتمتد الدورات المتوسطة لمسافة تتراوح مابين ٥٠٠ الى ٢٠٠٠ كيلو متر بارتفاع ١٠ كيلو متر وفترة زمنية تصل إلى حوالي ٣٠٠ ألف ثانية (٣,٤٧ يوم).

● الدورات الصغرى

تتمثل أهم أنواع الرياح المرتبطة بالدورات الصغرى أو المحلية (Tertiary Circulations) في العواصف الرعدية ونسيم البحر ونسيم



● شكل (١) الدورة الهيدرولوجية ودورها في تدوير بخار الماء.

البر ونسيم الوادي ونسيم الجبل . وتمتد هذه الدورات لمسافة تتراوح مابين كيلو متر واحد إلى ١٠٠ كيلو متر ، وترتفع رأسيا إلى ارتفاع يتراوح مابين كيلو متر واحد إلى عشرة كيلو مترات ، أما فترة بقاءها فيتراوح مابين ١٠٠ إلى ١٠,٠٠٠ ثانية (أقل من دقيقتين إلى حوالي ثلاث ساعات) .

الرياح والامطار

مما سبق ذكره يتضح أن الأمطار كظاهرة مناخية وهايدر ومناخية ترتبط إرتباطا وثيقا بالدورات الجوية وأنظمة الحرارة والضغط والرياح على سطح الأرض . يستعرض هذا المقال العلاقة بين الرياح وعمليات الأمطار والتبخر وتكوين السحب وحملها بواسطة الرياح. تتأثر الرياح بالأمطار ـ كماً و توزيعاً ـ وتتأثر بمجمل العوامل الجغرافية والمناخية على سطح الأرض مثل فوارق الإشعاع الشمسي الذي يصل سطح الأرض وتركيزه ونظم ومواقع دوائر الضغط والتيارات البحرية ونوعها ومساراتها . إضافة إلى توزيع اليابسة والماء وعوامل التضاريس والإرتفاع .

تتأثر أنظمة الأمطار بالدورة الهيدرولوجية (Hydrological Cycle) ، شكل (١) ، حيث أن الدورة الهيدرولوجية عبارة عن مفهوم لتغير تدوير الماء بواسطة الطاقة والدورات الجوية والرياحية في الكرة الارضية . وتضم هذه الدورة عدة عمليات فيزيائية للماء من حيث حالات وجوده – سائل صلب وغاز – وحركته في اليابسة والبحار ، فضلا عن حالة الهواء من حيث درجة حرارته ودرجة تشبعه ببخار الماء .

تشمل الدورة الهيدرولوجية عمليات تجري في البحار والغلاف الجوي وعمليات تجري على اليابسة وذلك وفقا لمايلي :-

١ـ تعمل الطاقة الحرارية على تبخر الماء من البحار والمحيطات والمسطحات المائية الأخرى عن طريق تحويله من سائل إلى بخار ماء ، ومن ثم دفعه إلى الغلاف الجوي .

٢ـ تكثيف بخار الماء – تحويله من الحالة الغازية إلى الحالة الصلبة – لتكوين السحب ومايلي ذلك من تساقط الأمطار أو نزول الجليد على سطح الأرض .

٣ـ بهطول الماء على البحار والمسطحات المائية والمحيطات مرة ثانية تعمل الطاقة الحرارية على تبخره من جديد إلى الغلاف الجوي لتعود الدورة مرة أخرى .

٤ـ يتم في اليابسة عمليات أخرى ضمن الدورة الهيدرولوجية تشمل جريان سطحي للماء والتسرب إلى داخل الأرض والإمتصاص بواسطة النباتات .

والنتح (Evapotranspiration) والجريان تحت السطحي وحركة ماء التربة والمياه الجوفية .

وفي هذا السياق يمكن القول أن الأمطار ترتبط بالدورة الهيدرولوجية خاصة في الجزء الخاص بالطاقة الحرارية من حيث عمليات التبخر والتكثيف ومايتبعها من تكوين السحب وحملها بواسطة الرياح .

وتتأثر السحب بخصائص الهواء ، الذي يحملها من حيث إرتفاعه ودرجة حرارته وكمية الرطوبة التي يحملها (درجة التشبع المائي) ، ووفقا لذلك هناك أربعة مجموعات من السحب هي :-

ـ السحب الطبقية (Stratus) .

ـ السحب الركامية (Cumulus) .

ـ السحب الخفيفة (Cirrus) .

ـ السحب المطرية (Nimbus) .

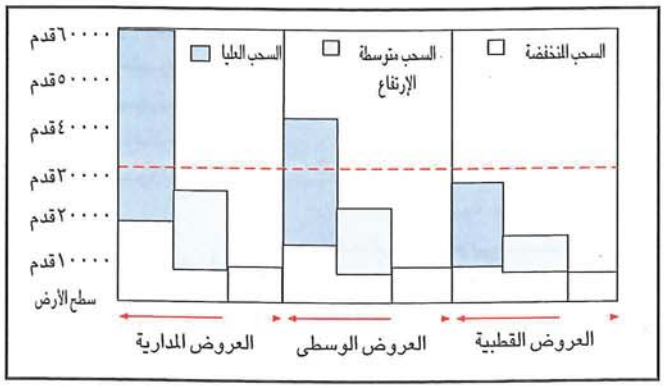
كذلك تصنف السحب حسب إرتفاعها إلى سحب عليا ومتوسطة ومنخفضة وسحب ذات نمو رأسي ، ويبين شكل (٢) وجدول (٢) المجموعات السحبية الرئيسة وتوابعها .

المجموعات المطرية

بناءا على ماسبق ذكره وتبعا لآليات تصاعد الهواء وحركات الرياح على سطح الأرض يمكن القول بوجود ثلاثة مجموعات مطرية هي :

● الأمطار التصاعدية

تحدث الأمطار التصاعدية (Convective rains) في شكل زخات مطرية غزيرة (٢٥ملم/ساعة) تساهم فيها السحب الركامية والسحب الركامية المطرية ، وهنا يتأثر توزيع المطر بحركة وإتجاه



● شكل (٢) مجموعة السحب الرئيسة وأرتفاعاتها في الكرة الأرضية .

السحب العليا	السحب متوسطة الارتفاع	السحب المنخفضة	السحب ذات النمو الراسي
خفيفة (Ci)	طبقية مرتفعة (As)	طبقية (St)	ركامية (Cu)
خفيفة طبقية (Cs)	ركامية مرتفعة (Ac)	طبقية ركامية (Sc) طبقية مطرية (Ns)	ركامية مطرية (Cb)

صدر : (بلا تاريخ ,Ahrens) (بتصرف)

● جدول (٢) المجموعات السحبية الرئيسة وتوابعها.

رياح الحاملة للسحب مع انتظام الخلايا تصاعدية في شكل شرائح على مدى ١٠٠ لم أو أكثر . وحسب التوزيع المكاني يمكن سمية نوعين من الأمطار التصاعدية هما :-

') مطر ناتج عن التسخين أو الإحترار صيفي

ب) مطر ناتج من تدافع الرياح الرطبة فوق بحر أو اليابسة .

' الأمطار الإعصارية

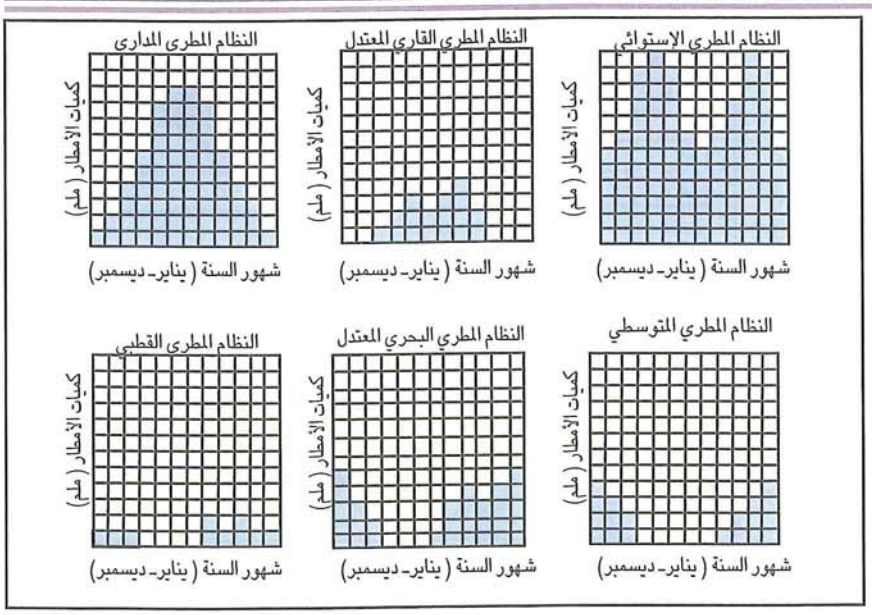
تحدث الأمطار الإعصارية (Convective rain: عند التقاء جبهات الهواء ساخنة والباردة في مناطق الضغط نخفض مما يؤدي إلى تصاعد الهواء ساخن الرطب وهطول الأمطار (خفيفة إلى توسطة) على مساحات واسعة ، ولفترات طول تتراوح مابين ٦-١٢ ساعة .

' الأمطار التضاريسية

تحدث الأمطار التضاريسية (Orographic rain: في المناطق المرتفعة نيجة لتأثير التضاريس على آليات المطر تصاعدي والإعصاري . ويختلف حجم تأثير باختلاف حجم المانع التضاريسي امتداده بالنسبة لاتجاه الرياح الحاملة خار الماء . حيث تستقبل المناطق الموجودة ي أدنى إتجاه للرياح والتي تقع في ظل طر كميات قليلة من الأمطار ، مثال شرق بال الروكي وشرق المرتفعات الغربية جزيرة العربية في فصل الصيف .

الأنظمة المطرية

وفقا لما سبق توضيحه في الفقرات سابقة وتبعاً للموقع الجغرافي على سطح رض يمكن تسمية سبعة أنظمة مطرية يسة ، شكل (٣) ، وذلك كما يلي :-



● شكل (٣) القمم المطرية وكميات الأمطار في الأنظمة المطرية المختلفة على سطح الأرض.

● النظام المطري الإستوائي

يسود النظام المطري الاستوائي (Equatorial rainfall regime) في المناطق الإستوائية ويتميز بقمتين مطريتين (Rainfall maxima) في السنة ، وتتراوح معدلات الأمطار السنوية بين ٢٥٠٠ إلى ٣٠٠٠ ملم ، ويتصف بتنوع بسيط وفترة جفاف قصيرة .

● النظام المطري المداري

يسود النظام المطري المداري (Tropical rainfall regime) في مناطق مثل مناطق السافانا ويتميز بقمة صيفية (Sum-mer maxima) ملحوظة ، وتتراوح معدلات الأمطار السنوية فيه بين ١٠٠٠ إلى ٢٥٠٠ملم مع وجود فترة جفاف تمتد لحوالي ستة شهور .

● النظام المطري المتوسطي

يرتبط النظام المتوسطي (Mediterranean rainfall regime) بالمناخ المتوسطي الذي يوجد في إقليم البحر الابيض المتوسط والمناطق التي تقع غرب القارات في المناطق دون المدارية ، ويتميز بقمة شتوية ملاحظة ، وتتراوح معدلات الأمطار السنوية فيه مابين ٦٠٠ إلى ٧٥٠ ملم مع وجود فصل جفاف يقارب الستة أشهر .

● النظام المطري القاري المعتدل

يسود النظام المطري القاري المعتدل (Temperate continental rainfall regime) في المناطق القارية في العروض الوسطى ، وتحدث الأمطار في الربيع والصيف ، وتتراوح معدلاتها السنوية مابين ٣٥٠ إلى ٥٠٠ ملم مع وجود جليد شتوي خفيف .

● النظام المطري البحري المعتدل

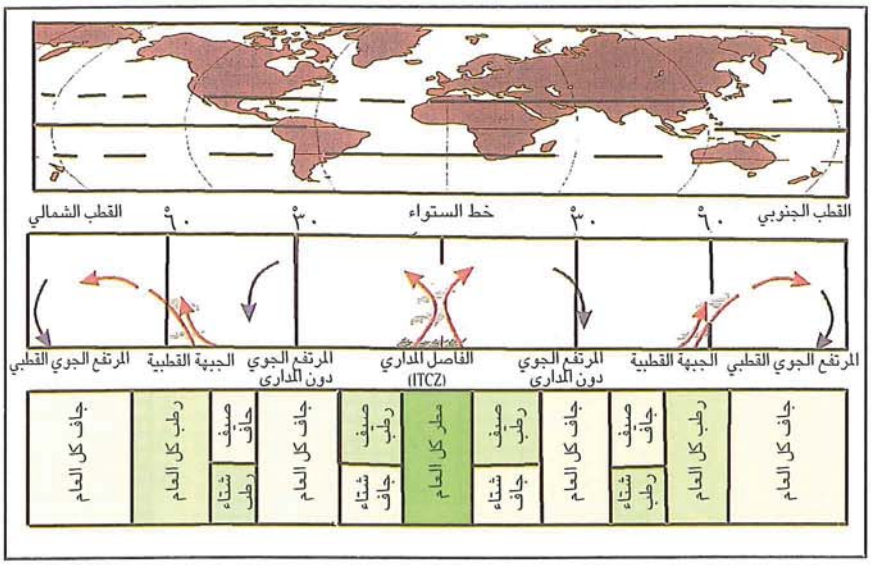
يسود النظام المطري البحري المعتدل (Temperate maritime rainfall regime) في المناطق البحرية المعتدلة والباردة ، ويتميز بمطر في معظم أيام السنة (حوالي ٢٠٠ يوم مطير في السنة) مع وجود قمة شتوية أو خريفية ، تتراوح معدلات الأمطار السنوية فيه مابين ٨٥٠ إلى ١٠٠٠ملم ، وتتزايد في المرتفعات الساحلية (٢٠٠٠ملم) ، كما ينزل جزء من الحصيلة في شكل جليد مع تنوع قليل .

● النظام المطري القطبي

يسود النظام المطري القطبي (Polar rainfall regime) في المناطق القطبية ، ويتميز بقمة صيفية متأخرة أو خريفية ، وبمعدلات سنوية منخفضة تتراوح أمطارها مابين ١٢٠-٤٠٠ملم مع قليل من الجليد نسبة لوجود الهواء البارد جدا والجاف .

● النظام المطري الصحراوي والجاف

يسود النظام المطري الصحراوي والجاف (Desert and arid rainfall regime) في المناطق الصحراوية والقاحلة ، ويتميز بأمطار سنوية خفيفة جداً خلال الصيف أو



● شكل (٤) مقطع رأسي لمناطق صعود وهبوط الهواء ونظم الرياح والأمطار في الكرة الأرضية.

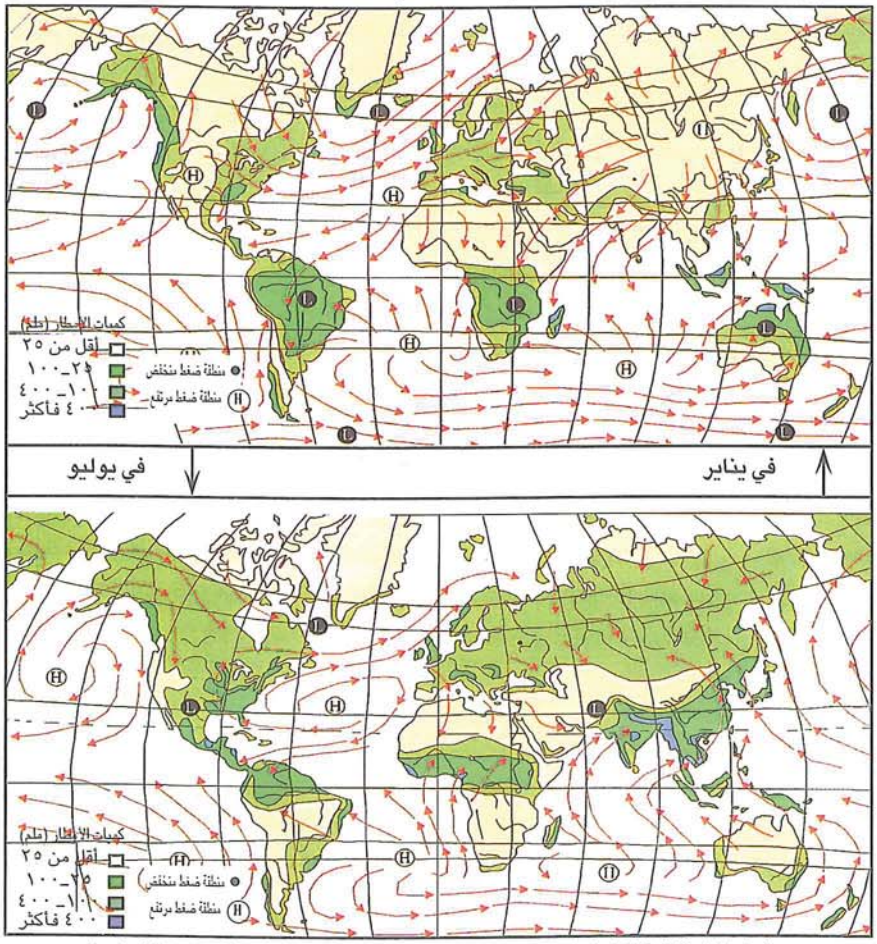
الشتاء مع وجود عواصف مطرية غزيرة مفاجئة في بعض السنوات .

أنماط التوزيع المطري

يتضح تأثير الرياح على الأمطار من خلال آلية إحداث المطر والمجموعات والأنظمة المطرية السابق ذكرها . ولكننا نجد أن أكثر مايفسر هذا الارتباط هو وجود مناطق مطيرة رطبة في العروض المدارية والعروض الوسطى ، وأخرى جافة قليلة المطر في العروض دون المدارية والعروض القطبية . وبتعبير آخر يمكن القول بأن الأمطار تكون غزيرة في المناطق التي يصعد فيها الهواء وقليلة أو نادرة في المناطق التي يهبط فيها ، شكل (٤) .

على صعيد آخر ، تقدر الأمطار التي تهطل في البحار بحوالي ٣٨٢٠٠٠ كم٣ (ما يعادل ٨٧٪ من حجم الأمطار على سطح الأرض) . أما في اليابسة فتقدر كميات الأمطار الهاطلة بحوالي ١٠٦٠٠٠كم٣ (مايعادل ٢٢٪ من حجم الأمطار على سطح الأرض). أما على المستوى الجغرافي فيلاحظ أن حركة الرياح الرئيسية على سطح الأرض وما يتبعها من أنماط وأنظمة مطرية مختلفة تعكس كمية توزيع الأمطار في نصفي الكرة الأرضية ، شكل (٥) . ويلاحظ أن اختلافات نظم المطر والرياح بين نصفي الكرة الأرضية الشمالي والجنوبي مصدره إختلافات الموقع الجغرافي وتوزيع البحار واليابسة ودرجات الحرارة ودوائر الضغط (المنخفض والمرتفع) وحركة وإتجاهات الرياح .

ويلاحظ أن حوض الأمازون وحوض الكنغو وشمال شرق أستراليا وجزر الهند الصينية وشمال شرق أمريكا الشمالية أثناء شتاء نصف الكرة الشمالي (صيف النصف الجنوبي للكرة الأرضية) تتمتع بمعدلات عالية من الأمطار بينما تكون معظم مناطق شرق أمريكا وروسيا ووسط آسيا وشمال أفريقيا في فترة جفاف . أما في شتاء نصف الكرة الأرضية الجنوبي (صيف النصف الشمالي للكرة الأرضية) فيلاحظ أن مناطق الهند الصينية وشبه القارة الهندية ومناطق أندونيسيا والفلبين واليابان وشمال غرب أوربا والبلقان وأمريكا الوسطى وجنوب شرق الولايات المتحدة وشمال غرب كندا وشمال أمريكا الجنوبية وغرب ووسط أفريقيا تتمتع بمعدلات مطرية عالية . وفي نفس الفترة يلاحظ أن معظم مناطق روسيا وأوربا وأمريكا الشمالية وشرق شمال أمريكا الجنوبية والسواحل الغربية والجنوبية والشرقية لأستراليا وأقصى الجنوب الأفريقي تستقبل معدلات معقولة من الأمطار . أما بقية المناطق الأرضية التي لم تذكر فتقل فيها الأمطار أو تنعدم تماما في مثل هذه الفترة من السنة .



● شكل (٥) أنظمة الضغط والرياح والأمطار في شتاء وصيف نصفي الكرة الأرضية.