

جامعة دمشق

كلية الزراعة

المناخ والأرصاد الجوية

الدكتورة

رجاء الصالح

الأستاذ الدكتور

عبد الله أبو زخم

Damascus University



جامعة دمشق

كلية الزراعة

المناخ والأرصاد الجوية

الدكتورة رجاء الصالح

السنة الأولى - الفصل الأول

جامعة دمشق
Damascus University



الفصل الأول

مدخل إلى علم المناخ والأرصاد الجوية

ينقسم علم المناخ والأرصاد الجوية في حقيقة الأمر إلى شقين من العلوم الأساسية هما علم الأرصاد الجوية Meteorology وعلم المناخ Climatology.

يرجع أصل كلمة الأرصاد الجوية إلى اليونانية وتعني الاهتمام بالأجواء العليا بما فيها من كواكب ونجوم وقد يطلق على هذا العلم عدة تسميات كعلم الجو، علم الأنواء أو علم الظواهر الجوية. يهتم هذا العلم بدراسة الظواهر الجوية وتبدلاتها التي تؤثر في حياة النبات والالسان والحيوان والتي تتم في نطاق الغلاف الجوي المحيط بالكرة الأرضية. ويمكن أن نقسم هذا العلم إلى فرعين أساسيين هما:

أولاً: علم الأرصاد الجوية الأساسية والذي يضم الأقسام التالية:

1- علم الأرصاد الجوية الطبيعية: Physical M والذي يعنى بدراسة بنية الجو وتركيبه وانتقال الاشعاع والعمليات الطبيعية التي تحدث في الغيوم والتهطل وكل ما يتعلق بفيزيائية وكيمائية الجو

2- علم الأرصاد الشمولي (السينوبي) Synoptic M يمكن أن يطلق هذا العلم على ((علم التنبؤات الجوية) والذي يهتم بوصف الحركات الجوية وتحليلها بمقاييس كبيرة .

3- علم الأرصاد الديناميكي: Dynamic M يهتم هذا العلم بدراسة حركية الهواء الجوي والقوى المسببة والمؤثرة فيه وآلية الظواهر الجوية وعوامل نشوئها:

4- علم الأرصاد التفصيلي: Micrometeorology وهو ما يعرف علم الأرصاد الأصغري أو الدقيق وهو يهتم بدراسة الجزء السفلي من الجو القريب من سطح الأرض وذلك من مستوى سطح الأرض وحتى ارتفاع بضعة أمتار.

ثانياً علم الأرصاد الجوية التطبيقية:

وهي التي تهتم بتطبيقات الأرصاد الجوية في القطاعات أو المجالات المختلفة حيث توفر لكل قطاع احتياجه وهي على أنواع:

1- الأرصاد الجوية الزراعية

2- الأرصاد الجوية للملاحة الجوية

3- الأرصاد الجوية للملاحة البحرية

4- الأرصاد الجوية المائية

5- الأرصاد الجوية للملاحة الجوية

6- الأرصاد الجوية للنشاء والتعمير

7- الأرصاد الجوية العسكرية

ما يهمنا من هذه الأنواع الأرصاد الجوية الزراعية كونها تدرس الظواهر الجوية المتعلقة بالزراعة وأثر هذه الظواهر في الإنتاج الزراعي ، ودراسة مدى الاستفادة منها في الجانب الزراعي ، ومقاومة الخطر منها بما يضمن نجاح واستمرارية الإنتاج الزراعي . وعلى هذا الأساس يمكن القول أن علم الأرصاد الجوية الزراعية (Agrometeorology) يهدف إلى تحقيق ما يلي:

1- الربط ما بين عوامل البيئة من مناخ وتربة مع دراسة خصائصهما وتأثيرها في النبات المزروع.

2- التنبؤ بالظواهر الجوية المؤثرة سلباً بالإنتاج الزراعي كالصقيع أو الجفاف .

3- تقديم المعلومات والدراسات المناخية اللازمة عن المواقع المراد استثمارها زراعياً .

4- إعلان الفترات المناسبة للقيام بالعمليات الزراعية مثل الحراثة أو البذر .

5- وضع الأسس العلمية للتوزيع المناخي الزراعي لأصناف وهجن النباتات المختلفة وسلالات الحيوانات الزراعية بالشكل الذي يضمن الاستخدام الأمثل لموارد المناخ من أجل رفع مستوى الإنتاج الزراعي.

6- تحليل معلومات الرصد الجوي الزراعي الدولي والاستفادة منها في الرصد المحلي.

7- المساهمة في تنظيم الدورة الزراعية وبرمجتها.

8- للأرصاد الزراعية دور هام في تقدير الناتج الزراعي وبالتالي المشاركة في وضع خطط التنمية.

9- مشاركة الزراعيين في تحديد الطرق المناسبة لمقاومة الظروف المناخية غير الملائمة للإنتاج الزراعي.

10 - وضع برامج الري المناسبة .

أما فيما يتعلق بعلم المناخ Climatology فيرجع أصل هذه الكلمة Climatology إلى اللغة اليونانية ويتألف هذا المصطلح من مقطعين الأول Climat وتعني الميل أي ميل مكان ما من الأرض عن الشمس وlogy تعني علم.

ويهتم هذا العلم بمعالجة أنماط سلوك الجو في مكان ما خلال فترة طويلة من الزمن وهو بذلك يعنى بنتائج العمليات التي تتم في الجو أكثر من اهتمامه بأفعالها اللحظية. ويقسم هذا العلم على ضوء مقياس المعالجة المناخية :

1- علم المناخ العام: Macroclimatology يركز على دراسة مظاهر المناخات في مناطق كبيرة من العالم والحركات الجوية الكبرى التي تشكل القوى الأساسية في خلق تلك المناخات.

2- علم المناخ المتوسط: Mesoclimatology: يهتم بدراسة مناخ مناطق ذات مساحة جغرافية محددة أو ذات صفات معينة كمناخ جهال الألب، أو مناخ المدن الكبرى أو مناخ التوندرا.

3- علم المناخ التفصيلي: Microclimatology. يعرف بعلم المناخ المجهرى أو التفصيلي والذي يهتم بدراسة المناخ القريب من سطح الأرض والملامس لها وذلك ضمن منطقة صغيرة جداً على مستوى الحقل.

تعريف الطقس والمناخ:

1- الطقس: Weather حالة الجو في مكان ما خلال فترة زمنية قصيرة قد تكون يوماً أو جزء من اليوم ولكن في بعض الأماكن قد تتغير حالة الجو بشكل ملحوظ من لحظة إلى أخرى وهنا نكون أمام طقس متبدل ومتغير بسرعة . وقد تستمر في مناطق أخرى حالة جوية على نفس البوتيرة لمدة تزيد عن يوم وحتى اسبوع في حال كون العوامل المتحركة في الحالة الجوية ثابتة تقريباً وبالتالي لا تتغير نفسها. أملاً ما يسمى بنموذج الطقس كما هو الحال في الطقس شديد البرودة والجفاف المصاحب لرياح شمالية شرقية في أواخر فصل الخريف في سورية.

2- المناخ: يعبر عن الحالة المتوسطة للجو في مكان ما خلال فترة زمنية طويلة تقارب 30 سنة -35 وبالتالي فالمناخ هو مركب لطقوس متعددة متعاقبة متمازجة مع بعض خلال فترة زمنية طويلة تكفي لأن يتردد خلالها أشكال الطقس كافة المنتظمة وغير المنتظمة. عناصر الطقس والمناخ :

إن الحالة الجوية في مكان ما هي وليدة تفاعل عدة عناصر ممثلة في الحرارة، الرطوبة الجوية، الضغط الجوي، الرياح ، التهطل، هذه العناصر هي وليدة تفاعل مجموعة من العوامل (درجة العرض، توزع اليابسة والماء، التيارات البحرية، النبات....) تطور علم الأرصاد الجوية:

بدأ تاريخ تطور علم الأرصاد الزراعية منذ أول كتاب عن علم الأرصاد الجوية للعالم اليوناني أرسطو (348-322 ق.م) وكان يتضمن مشاهدات اليونانيين القدامى لظواهر الجو والمحاولات الأولى لتفسيرها وقد حدد أرسطو في البداية تغيرات الطقس بتغيرات اتجاه الرياح وفي العصور الوسطى سجلت معلومات عن الظواهر الخطرة للطقس.

وقد بدأت المرحلة الحديثة في تطور علم الجو مع اكتشاف أجهزة الرصد في القرن السادس عشر عندما ابتكر غاليلو ميزان الحرارة عام 1593 وبعد ذلك اختراع مقياس الضغط الجوي من قبل تورشيلي عام 1643 وقد شاع استخدام المنهج العلمي في دراسة كل من الطقس والمناخ الذي بدأه

باكون (1561-1691) وتبعه في ذلك ديكارت كما وضع بويل (1561-1691) الأسس الأولى لمبادئ التحريك الحراري في دراسة الغلاف الجوي مكتشفاً العلاقة بين الضغط وحجم الغاز. وفي عام 1930-1940 نشر كل من كوين وجيجر كتاباً مؤلفاً من خمسة أجزاء اهتم الجزء الأول بالمناخ العام والأجزاء الباقية درست موضوعات المناخ الاقليمي.

ويمكن تلخيص التطور الحالي لعلم المناخ والأرصاد الجوية وتوسع مجالاته بالآتي:

- 1- ازدياد شبكة محطات الرصد الجوي في العالم.
- 2- ازدياد المعرفة بالأجواء العليا عن طريق استخدام الطائرات والأقمار الصناعية.
- 3- استخدام أجهزة الرادار التي أسهمت في دراسة بعض الظواهر الجوية كالأمطار.
- 4- تطور وسائل الاتصال وتبادل المعلومات ساعدت في تقدم مجال التنبؤ الجوي وتطور الدراسات الاقليمية

5- استخدام الحاسبات الالكترونية في الدراسات الجوية والمناخية.

تطور الأرصاد الجوية في القطر العربي السوري:

أحدثت المديرية العامة للأرصاد الجوية لأول مرة في عام 1953 تابعة لوزارة الدفاع وتولت زيادة عدد المحطات وتحسين تجهيزها بالمعدات وأجهزة الرصد المتطورة وزيادة عدد العاملين وكانت محطة حلب ودمشق أولى المحطات التي تم انشاؤها عام 1951 وفي عام 1955 أنشئت مدرسة الرصد الجوي وفي عام 1985 أصبح عدد محطات الرصد 494 موزعة على الشكل التالي:

25 محطة رصد جوي سينوب

13 محطة مناخية رئيسة

86 محطة مناخية عادية

325 محطة مطرية

9 محطات زراعية.

وتوزع هذه المحطات بصورة غير منتظمة في القطر حيث تغطي المنطقة الغربية والوسطى بأكثر شبكة رصدية وفيما يلي أنواع المحطات الموجودة في سورية:

- 1- محطات الراديو سوند: توجد في دمشق وحلب وتعطي معلومات عن الحرارة والرياح والضغط الجوي حتى ارتفاع 30-40 كم باستعمال جهاز خاص لسير طبقات الجو يسمى الراديو سوند والذي يطلق في اليوم مرتين في الساعة 12 و 14 بتوقيت هريتلش وأثناء صعوده يعطي معلومات تتلقاه محطات أرضية خاصة وتحللها.
- 2- محطات مناخية أساسية تجري 24 أو 8 رصدات يومياً موزعة توزيعاً متساوياً في اليوم

3- محطات مناخية عادية تقوم بأخذ ثلاث رصدات يوميا في الساعة (8-14-20) حسب التوقيت المحلي.

4- محطات أرصاد للشؤون الزراعية: وهي موزعة في بعض المحافظات ومراكز البحوث الزراعية.

5- محطات مطرية: يوجد منها حالياً أكثر من 472 محطة تقوم المديرية العامة للأرصاد الجوية بجمع البيانات وتحليلها وتشارك بالمؤتمرات التي تنظمها المنظمة العالمية للأرصاد الجوية.

الأقمار الصناعية:

ساعدت أقمار الطقس على الرصد الكامل للكرة الأرضية فهذه الأقمار مزودة بآلات تصوير ترسل صور واضحة للغيوم وكان لهذه الصور أهمية كبيرة وخاصة فوق المحيطات لتحديد مواقع العواصف بدقة.

توجد أقمار صناعية في كل من القطبين الشمالي والجنوبي وأقمار صناعية ثابتة تبقى فوق مكان ثابت على خط الاستواء وفائدة الأقمار الصناعية الثابتة هو أن تقدير نظم الطقس بالزمن يمكن أن يرى بواسطة مقارنة صور للمنطقة نفسها يفواصل زمنية قصيرة كل نصف ساعة حيث يظهر تطور العواصف الرعدية .

وتظهر صور الأقمار الصناعية معلومات نوعية عن الطقس وخاصة فوق المحيطات البعيدة حيث يكون الرصد التقليدي صعباً جداً كالمعطيات التالية:

1- تدل حركة الغيوم على سرعة الرياح

2- تقدم الصور تحت الحمراء معلومات عن حرارة سطح الأرض وحرارة قمم الغيوم
المنظمة العالمية للأرصاد الجوية :

تأسست أول منظمة للأرصاد الجوية عام 1873 ثم تحولت لمنظمة عالمية للأرصاد الجوية عام 1951 وهي تتبع هيئة الأمم المتحدة ومقرها مدينة جنيف وتحوي اختصاصات تركز بواسطتها التحكم بشبكة الأرصاد الجوية في الدول المختلفة وتوفير المعلومات وتبادلها من بلد لآخر فتخدم العالم أجمع ويمكن تلخيص برنامج الأنشطة التقنية والعلمية للمنظمة العالمية للأرصاد الجوية بالنقاط التالية:

1- برنامج عالمي لمراقبة الطقس

2- برنامج بحوث للأرصاد الجوية العالمية

3- برنامج للتعاون الفني في مجال الأرصاد الجوية العالمية
تطبيقات الأرصاد الجوية:

يدخل علم الأرصاد الجوية في مجالات عديدة تخدم كل الكائنات الحية إذ تستثمر معلوماته في المجالات التالية:

أبحاث الفضاء وإطلاق الصواريخ والأقمار الصناعية

المواصلات البرية والبحرية والجوية

الدراسات الجيولوجية والجغرافية

استغلال الطاقة الكهربائية والمائية

السود وعمل الخزانات



الفصل الثاني

الغلاف الجوي Atmosphere

1-1 تعريف الغلاف الجوي الأرضي:

هو الغلاف الغازي أو الهوائي المحيط بالكرة الأرضية من جميع جوانبها، ويمتد اعتباراً من سطح الأرض وحتى الارتفاع الذي تنعدم الجاذبية الأرضية على مكونات هذا الغلاف أي على مسافة الـ 100 ألف كم، حيث يوجد العديد من الجزيئات المشحونة كهربائياً ضمن حزم تعرف بحزم ((فان ألين)) تنتشر جزيئاتها المتشردة باتجاه قطبي الأرض المغناطيسي، على الرغم من تخلخل الهواء بصورة كبيرة جداً ما بين (10-100) ألف كم. ولكن المثبت علمياً أنه اعتباراً من سطح الأرض وحتى 1000 كم تقريباً تتمثل العديد من الظواهر الجوية المرئية من على سطح الأرض كالشفق والنيازك الشهب مما دعا إلى تحديد سماكة الغلاف الجوي بهذا الارتفاع . ومن الناحية الزراعية ما يهمنا من دراسة الغلاف الجوي الارتفاع الذي يمتد من سطح الأرض وحتى 12 كم تقريباً حيث تتمثل فيه العديد من الظواهر الجوية كالغيوم والأمطار وكل أشكال التكاثف.

2-1 أهمية الغلاف الجوي:

يمكن القول أنه لولا الغلاف الجوي لانعدمت الحياة على سطح الكرة الأرضية ، ويعود ذلك للأسباب التالية:

- حماية كل أشكال الحياة على سطح الكرة الأرضية من مخاطر التعرض للأشعة الشمسية الضارة (كالأشعة فوق البنفسجية وأشعة إكس) حيث يعمل بمكوناته الغازية على استقطابها وفلترتها.
- الوقاية من التبريد السريع خلال الليل وكذلك التسخين الشديد في النهار .
- يساهم بفضل مكوناته في جعل متوسط حرارة الهواء على سطح الكرة الأرضية في حدود 15 م بدلاً من -18 م في حال غياب الغلاف الجوي.
- ونقل الطاقة الحرارية من المناطق الاستوائية إلى العروض الوسطى والعليا من الكرة الأرضية.
- يحدد عبر الحركة العامة للجو كميات الهطول فوق سطح الأرض.
- يختزن كميات ضخمة من الأوزون (العنصر الهام للنباتات) و مستودع لثاني أكسيد الكربون والأوكسجين

- يبدد ويحلل العديد من الانبعاثات الغازية الناتجة عن النشاطات الإنسانية أو الطبيعية عبر العديد من عمليات الأكسدة والتحلل الضوئي.
- الحماية من التباين والشهب الصغيرة والتي تحترق نتيجة احتكاكها بالغلاف الجوي وتلاشيها قبل الوصول إلى سطح الأرض.

1-3. مكونات الغلاف الجوي:

اعتبر العلماء في الفكر الفلسفي الاغريقي الهواء كواحد من المكونات الأساسية في الطبيعة (النار ، الهواء، الماء و الأرض) ونظروا إلى المواد الأخرى على أنها خليط من هذه المكونات. ومن المعلوم في الوقت الحاضر أن الهواء هو مزيج من عدة غازات ينطبق عليها قانون الغازات العام وكأنها غاز واحد. وتم الحصول على هذه المعلومة الهامة عن خلال عدة اكتشافات واعتبر كل اكتشاف حجر أساس في تقدم العلوم الفيزيائية. فبينما عرف بخار الماء من قبل العالم Aristot في الفترة (384-322 B.C) كونه شيء مختلف عن الهواء العادي، برهن بعد 2000 سنة على أن الهواء الجاف مزيج من عدة مكونات.

وجد John Mayou (1643-1679) من خلال تجاربه أن الهواء الجاف مكون من جزأين أحدهما يعزز الحياة والآخر معاكس تماماً. وأطلق على الجزء الأول بـ هواء النار (Fire air)، وبالرغم من عدم تمكنه من الحصول عليه بشكله النقي إلا أنه تمكن من معرفة ما تسميه اليوم غاز الأوكسجين.

أول الغازات التي عرفت بشكل واضح هو غاز ثاني أكسيد الكربون من قبل Joseph Black في الفترة (1728- 1799) عن طريق حرق مواد معينة (مواد كربونية) فوجد أن هناك غاز ما ينطلق ، ولاحظ نتيجة تعريض المتبقي من الاحتراق للهواء الطلق، امتصاص الغاز نفسه ، ويقدر الكمية المنطلقة من احتراق المادة ، وهذا ما أكد للباحث ثبات هذا الغاز في المادة. وأطلق عليه في ذلك الوقت بـ الهواء المثبت (Fixed air) و المعروف حالياً بغاز ثاني أكسيد الكربون. إن كمية CO₂ في الهواء ضئيلة جداً إذا ما قورنت ببقية الغازات عند نفس الدرجة من الحرارة والضغط حيث يشكل ما نسبته 0.03% من الحجم الكلي للهواء. كما أنها غير ثابتة تماماً في الغلاف الجوي فهي تستهلك باستمرار من قبل الغطاء النباتي وتنتج من الحيوانات ومن احتراق الوقود وثوران البراكين والعديد من عمليات التحلل في التربة.

الغاز الثاني المكتشف هو النيتروجين والمعلوم أنه يشكل 80% من الحجم الكلي للهواء وكان قد اكتشفه العالم Daniel Rutherford (1749-1819) حيث أجرى اختبارات على الهواء في حاوية مغلقة وذلك بحرق مواد لأطول فترة ممكنة قدر المستطاع وإزالة ما كان قد سماه Black

الهواء المثبت، وترك الغاز المتبقى. وجد Rutherford اختلاف هذا الغاز المتبقى عن الهواء العادي حيث لا يعزز الحياة ولا النار لذلك أطلق عليه الغاز السام (mephitic air) . وبعد اكتشاف Rutherford لغاز النيتروجين عمل كل من Joseph priestley (1804-1733) و Carl William Scheel (1742-1786) وبشكل مستقل على كشف وعزل غاز الأوكسجين. وقد تبين لهما أن هذا الغاز وحده يدعم الانفجار والاحتراق أفضل من الهواء العادي. في عام 1894 قام كل من Lord Rayleigh و William Ramsay بإعلان اكتشافهم للغاز الرابع ، وذلك بحرقهم كل الأوكسجين الموجود في حجم معين من الهواء وإزالة أي أثر لغاز CO2 ووجدوا أن الغاز المتبقى أثقل من النيتروجين الصافي وقد نجحوا بإزالة النيتروجين وعزل غاز جديد خامل كيميائياً سمي بالآرغون . وتشير الدراسات الحديثة إلى أن الأرغون يشكل أقل من 1% من الحجم الكلي للهواء الجاف.

في الحقيقة يتألف الهواء الجوي من مكونين رئيسيين : يعد أحدهما من المكونات الغازية الثابتة في حجمها تقريباً في جميع أنحاء الكرة الأرضية، بينما يمثل المكون الآخر بالغازات المتغيرة عبر الزمان والمكان كما هو موضح في الجدول (1)

جدول (1) تركيب الهواء الجوي الجاف النظيف

المكونات الثابتة للهواء

المحتوى	من	الحجم %
	الغاز	
Nitrogen (N ₂)		78.08
Oxygen (O ₂)		20.95
Argon (Ar)		0.93
Neon, Helium, Krypton		0.0001
المكونات غير الثابتة في الغلاف الجوي		
Carbon dioxide (CO ₂)		0.033%
Water vapor (H ₂ O)		0-4%

Methane (CH ₄)	أكثر
Sulfur dioxide (SO ₂)	---
Ozone (O ₃)	---
Nitrogen oxides (NO, NO ₂)	---

بالإضافة إلى هذه الغازات يوجد في الغلاف الجوي العديد من الملوثات مثل
الغبار البركاني والدخان والملح البحري وبلورات الجليد وغيرها...
وهذه بالطبع تتغير بدرجة كبيرة وأقل مقدرة على البقاء في الهواء الجوي مقارنة بالغازات ولكنها
قد تدوم لفترة طويلة نسبياً فعلى سبيل المثال أدى الرماد البركاني الناتج عن ثوران بركان جبل
Pinatubo في الفلبين عام 1991 إلى تعتيم السماء لكثير من عام.
خصائص وأهمية الغازات الرئيسة المكونة للغلاف الجوي:

من الملاحظ في الجدول السابق (1) أن كلاً من الأكسجين والنيتروجين يشكلان ما نسبته 99% من
حجم الهواء الجاف ولا يخفى على أحد أهمية غاز الأكسجين وضرورته لتنفس الكائنات الحية
على سطح الكرة الأرضية هذا بالإضافة إلى دوره في الاحتراق وعمليات التحلل والأكسدة .
يستحصل على الأوزون من الغلاف الجوي بواسطة بكتيريا متخصصة في تثبيت الأوزون الحر من
الغلاف الجوي وتحويله إلى مركبات أوزونية قابلة للامتصاص من قبل النباتات الراقية عدا عن
ذلك يصل إلى سطح التربة عن طريق مياه الأمطار كمية من المركبات الأوزونية تقدر بحوالي 3-
5 كغ فوق كل هكتار بالعام الواحد بتأثير البرق وتأكد الأوزون ثم يعود للنيتروجين إلى الغلاف
الجوي بشكل رئيسي من خلال عمليات الاحتراق والتحللات الكيميائية في التربة.

وبالرغم من النسب الضئيلة التي تشغلها بقية الغازات من حجم الهواء إلا أن لها دور هام في التوازن
الإشعاعي وامتصاص الأشعة الحرارية ويأتي في مقدمتها غاز ثاني أكسيد الكربون حيث أن أهم
مصدر له غاز الفحم الناتج عن عمليات التنفس للكائنات الحية والاحتراق وفوهات البراكين والنباتات
التي تمتص الأوكسجين في الليل وتطلق غاز الفحم.

يتجمع غاز ثاني أكسيد الكربون في الأقسام السفلى من طبقة التروبوسفير في مجال ملاستها لسطح
الأرض فهو أثقل غازات الجو الأخرى ويمتص الأشعة تحت الحمراء ولكن بصورة أقل مما يمتصه
بخار الماء وفي حال نقصان بخار الماء يمتص غاز الفحم الإشعاعات الأرضية مما يضيف له أهمية
كمعامل حراري يقوم بحماية سطح الأرض من فقدان حرارته بالإشعاع الأرضي وهو بذلك يكمل دور

بخار الماء خصوصاً في حال قلته أو غيابه حيث يحفظ الحرارة ويمنعها من الضياع في القضاء الخارجي.

بخار الماء:

يكون حجم بخار الماء بين آثار 4% من الجو وذلك بحسب المكان واللحظة الموجود فيها. وينتج عن تبخر مياه السطوح المائلة ويوجد عملياً في طبقة التروبوسفير.

ويلعب بخار الماء دوراً أساسياً في امتصاص الأشعة الطويلة الموجة (تحت الحمراء) وعلى هذا فهو يعمل على نشر الحرارة في الجو، ولو لم يكن بخار الماء في طبقة التروبوسفير لانخفضت درجة الحرارة على سطح الأرض بشكل كبير نتيجة للإشعاع الليلي.

ويعد بخار الماء الأساس في تشكل الغيوم والأمطار والثلوج وازدياد نسبته في الغلاف الجوي تتغير النسبة المئوية لتركيب الهواء وبذلك يكون الهواء الرطب المحمل ببخار الماء أقل كثافة من الهواء الجاف عند درجة حرارة واحدة وضغط جوي واحد.

ويمكن تلخيص النقاط الرئيسية التي يمتاز بها بخار الماء بما يلي:

- 1- يشكل العنصر الأساسي لجميع مظاهر التكاثف من ضباب وغيوم وهطول.
- 2- يعتبر الأساس في امتصاص كل من الإشعاعين الأرضي والشمسي.
- 3- من خواصه شفافيته الكبيرة للإشعاع الشمسي بدرجة أكبر من الإشعاع الأرضي.
- 4- يمنع ضياع الحرارة الصادرة عن الإشعاع الأرضي في الفراغ.
- 5- يعمل كمُنظّم حراري إذ يحفظ الحرارة المشعة ويمنع التباينات الكبيرة في درجات الحرارة على سطح الأرض.
- 6- لبخار الماء أهمية كبيرة في نشوء العواصف وغيرها.
- 7- يؤمن بخار الماء المياه العذبة.

الأوزون:

هو الصورة التي يتحول إليها الأوكسجين من ذرتين إلى ثلاث ذرات ونسبته غير ثابتة فهو يتغير بتغير الأحوال الجوية فيزداد باضطراب الجو ويعود تولده إلى الأشعة قصيرة الموجة.

ينتشر الأوزون من سطح الأرض وحتى ارتفاع 100 كم ولكن 90% منه يتواجد تحت مستوى 35 كم ويصل أقصى تركيز له عند ارتفاع 25 كم من سطح الأرض ويمكن تخيل الأوزون على هيئة طبقة رقيقة سمكها المتوسط نحو 4 مليمترات تغلف الكرة الأرضية على ارتفاع 25 كم تقريباً وتشكل هذه الكمية على الرغم من صغرها درعاً واقياً وحماية هائلة للحياة على سطح الأرض نظراً لأنها تقوم بامتصاص جزء مهلك من الأشعة الشمسية فوق البنفسجية والتي يتراوح

أطوالها الموجية بين 200-300 نانومتر، ويمتص الأوزون ما يعادل 4% من كل الطاقة الشمسية الواصلة إلى سطح الأرض.

ويتم استهلاك هذه الطاقة في تكسير جزيئات الأوكسجين وتحللها إلى ذرات طليقة ثم في اتحاد بعض الذرات الطليقة مع باقي الجزيئات التي لم تتحلل لينتج غاز الأوزون.

وحيثما تقل جزيئات الأوكسجين أو تقل الأشعة الشمسية أو كليهما معاً فإن عدد جزيئات الأوزون التي تكون تقل تبعاً لذلك . وقد أطلق العلماء اسم ثقب الأوزون على بعض المناطق وما هو بثقب في واقع الأمر إن هو إلا نقص متناهي لغاز الأوزون في منطقة محددة تقع في معظمها فوق القارة القطبية الجنوبية.

ولقد أثبتت الدراسات أن نقص كمية الأوزون عند القارة القطبية آخذة بالتزايد عاماً بعد عام وعدم تعويض الفاقد الذي يبلغ أقصاه في شهور الخريف والشتاء الجنوبي وهذا النقص يلتزم تدريجياً خلال فصلي الربيع والصيف ولكن ليس بالشكل الأمثل. ولكن في نصف الكرة الشمال تعود الأمور لحالتها في فصلي الربيع والصيف وهذا يعود إلى توفر الأوكسجين الذي ينطلق من الغابات الخضراء الكثيفة المتوافرة في أوروبا وشمال أمريكا وتوافر الأشعة الشمسية خلال هذين الفصلين. ويرجع النقص في كمية الأوزون إلى إشراف الإنسان في استخدام بعض المركبات الكيميائية المشتقة من الكلور والفلور كبرون بما يسمى بالكلوروفلوروكربونات والتي تستخدم في أجهزة التبريد والتلاجات .

يؤدي تناقص الأوزون إلى تغيرات جوية كبيرة وأهمها زيادة المتوسط المناخي العالمي لدرجة الحرارة .

بنية الغلاف الجوي:

قسم الغلاف الجوي تبعاً للتغير في خصائصه الحرارية والتركيب الكيميائي والحركية والكثافة إلى أربع طبقات جوية:

الطبقة الجوية الأولى Troposphere وتسمى طبقة الجو المضطرب :

تبدأ هذه الطبقة اعتباراً من سطح الأرض وحتى ارتفاع يتراوح بين 8-14.5 كم ويحدها من الأعلى سطح افتراضي يمثل المستوى الذي ينتهي عنده فيض الحرارة المنسابة من سطح الأرض إلى الجو ويسمى هذا السطح بالثروبوز والذي يتغير ارتفاعه تبعاً لاختلاف خطوط العرض والفصول وقابلية للتمدد والتقلص ما بين 18 كم في خط الاستواء إلى 9 كم في القطبين.

ويمكن إجمال الصفات الأساسية لطبقة التروبوسفير على النحو الآتي:

1- تنخفض درجة الحرارة مع الارتفاع عن سطح الأرض بمعدل 6.5 درجة مئوية للهواء المشبع و 10 درجات للهواء الجاف لكل كم وتنخفض درجة الحرارة بمقادير متباينة بين الرقمين السابقين تبعاً لنسبة الرطوبة الجوية.

2- تشتمل هذه الطبقة على 80% من كتلة الغلاف الجوي تقريباً.

3- تحتوي على 70-75% من بخار الماء الجوي مما يفسر نشوء الظواهر المائية المختلفة وكل أنواع التكاثف ويلند وجود بخار الماء فوقها.

4- يتركز عند قاع هذه الطبقة كل النشاطات وتعمل المباني والأشجار والنباتات على خلط الهواء أثناء حركته مما يؤدي إلى انتشار الملوثات وتبعثرها وعدم وصولها إلى القيم المهلكة بالقرب من مصادرها، كما تعمل على رفع نسبة بخار الماء والإسراع من عمليات التبخر فيزيد ما يحتويه الهواء من بخار وترداد بالتالي احتمالات الهطول.

الطبقة الجوية الثانية: Stratosphere :

تمتد هذه الطبقة من مستوى التروبوبوز وحتى ارتفاع 50-55 كم وتمتاز هذه الطبقة بالخصائص التالية:

1- خلوها من الغيوم لعدم وجود بخار الماء فيها بصورة تقريبية.

2- ثبات درجة الحرارة في جزءها الأسفل ويبلغ سمك هذا القسم عدة كيلو مترات ثم ترتفع الحرارة مع زيادة الارتفاع عن سطح الأرض فوق هذا القسم بسبب ازدياد تركيز غاز الأوزون الجوي ويبلغ معدل زيادة درجة الحرارة بنحو 5 درجات لكل كم. ويطلق على الطبقة التي يزداد فيها تركيز الأوزون اسم طبقة الأوزونوسفير وتمتد من ارتفاع 20 كم وحتى 45 كم في المتوسط وتصل درجة الحرارة إلى أقصى قيمة لها عند ارتفاع 35 كم تقريباً ثم تتناقص تدريجياً مع تناقص الأوزون كلما ارتفعنا إلى أن نصل إلى ارتفاع 80 كم حيث ينذر وجود الأوزون وينتهي تأثيره الحراري فيتحدد السطح العلوي لهذه الطبقة وهو سطح افتراضي يطلق عليه اسم ستراتوبوز.

3- الطبقة الجوية الثالثة Mesosphere :

تتوضع فوق طبقة الستراتوسفير وتصل حدودها العليا حتى 80-90 كم تنخفض الحرارة مع الارتفاع حتى تصل عند نهايتها إلى (-70) (-80) م وتكون كثافة الهواء قليلة وتتناقص لتصل حتى 0.02 غ/م³ عند مستوى الميزوبوز.

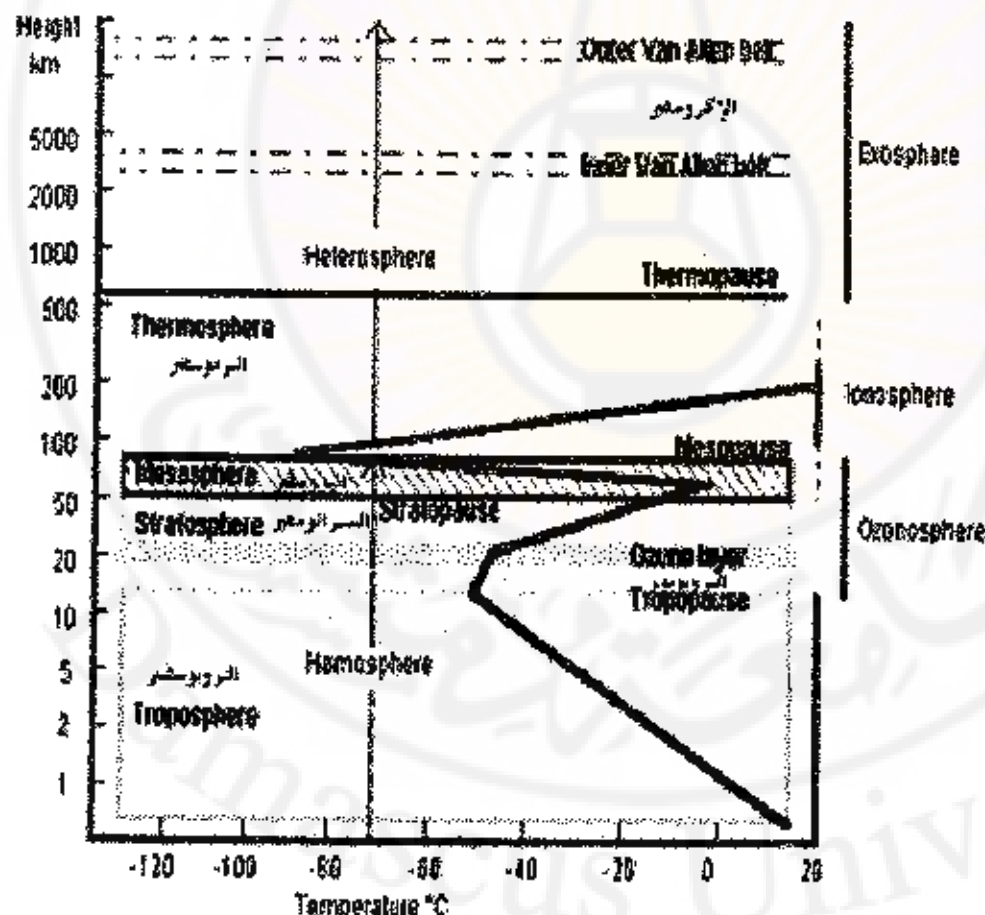
4- الطبقة الجوية الرابعة Thermosphere :

يطلق على هذه الطبقة اسم أيونوسفير ((Ionosphere)) وأحياناً تسمى الأثيرموسفير وتشتمل على طبقات داخلية يزداد فيها تركيز الأيونات حيث يوجد طبقة سمكها 25 كم بدءاً من ارتفاع 115 كم

والطبقة F التي تمتد عند ارتفاع نحو 225 كم. وهذه الطبقات تعكس موجات الاذاعة واللاسلكي إلى سطح الأرض مما يجعلها مسموعة على نطاقات واسعة. وتمتد طبقة التيرموسفير حتى ارتفاع 600 كم وتزداد درجة الحرارة كلما ارتفعنا إلا أن المحتوى الحراري لهذه الطبقة صغير بسبب صغر كثافة الهواء ويرجع ارتفاع الحرارة فيها إلى امتصاص الإشعاع الشمسي الكثيف (العالي الطاقة) من قبل جزيئات الأوكسجين الموجودة بكميات محدودة في هذه الطبقة بالإضافة إلى سرعة حركة الجزيئات.

الطبقة الجوية الخامسة:

يطلق عليها اسم إكسوسفير Exosphere وفيها يلدر وجود غازات الغلاف الهوائي وتقدر درجة حرارتها حسابياً على أساس متوسط سرعة حركة جزيئات الهواء هناك أما من الناحية الفعلية فإن درجة الحرارة في أعالي الإكسوسفير تقترب من الصفر المطلق وهذه الطبقة لا تؤثر من الناحية الحرارية على جو الأرض.



مخطط يوضح طبقات الغلاف الجوي وتغيرات الحرارة رأسياً

تغيرات جوية بسبب نشاطات الإنسان:

تؤثر النشاطات البشرية في الغلاف الجوي ومناخ الأرض بطريقتين:

- 1- تغير نوعية الهواء وتركيبه وهذه مشكلة بيئية بالدرجة الأولى حيث تؤثر على التواحي الصحية للإنسان وسائر الكائنات الحية على كوكب الأرض.
- 2- تغير المناخ وما يصاحبه من تغير في الأحوال الجوية يتعدى مداها كل ما يمكن تصوره من كوارث ودمار.

ومن النشاطات الإنسانية قذف غازات الدفيئة إلى الغلاف الجوي كما لا يمكن إغفال الدور الذي تقوم به عمليات تغير نسبة الانعكاس للأشعة الشمسية الواصلة إلى سطح الأرض عن طريق تغير لون السطح ذاته إثر إزالة مساحات واسعة من الغابات الإستوائية ، وإثر سقوط الأمطار الحامضية على الأراضي الزراعية مما يؤدي إلى هلاكها وتصحر أراضيها.

ومن المعروف أنه تم تزويد الغلاف الجوي بنحو 600 بليون طن من غاز ثاني أكسيد الكربون خلال عصر التصنيع 1700-1990 ويعني ذلك إنقاص كتلة الأوكسجين بنحو 400 بليون طن معظمها وسط وشمال الكرة الأرضية .

وتزيد قوة احتباس الحرارة في هاز الميثان عنها في غاز CO_2 والذي ينتج طبيعياً في الأحراج والمستنقعات ويسبب الإنسان في بثه للجو عن طريق زراعات الأرز واستمرار الحفر للبحث عن الوقود، كما أدى الاستخدام المتزايد للمخصبات الزراعية إلى ازدياد كمية أكاسيد النيتروز والتي تؤدي أيضاً إلى احتباس الحرارة في جو الأرض.

وتجدر الإشارة إلى أن هذه التغيرات ليست متعلقة فقط بزيادة درجة الحرارة للهواء المحيط ولكن ارتفاع المتوسط الحراري بمقدار درجة مئوية واحدة يقابله زيادة في الحرارة المحتبسة في الغلاف الجوي والتي يمكنها أن تولد خمسين منخفضاً جوياً مما يخل بالاتزان الديناميكي للجو وتتغير كل النظم الجوية المساندة حالياً في الغلاف الجوي وتحدث الفيضانات والسيول في بعض الأماكن وجفاف وتصحر في أماكن أخرى .

الفصل الثالث

الإشعاع

الإشعاع : هو انتقال الطاقة الإشعاعية وانتشارها في الفضاء أو عبر وسط مادي بشكل موجات كهرومغناطيسية تعادل سرعة الضوء 300 ألف كم/ ثا .

ويمتاز الإشعاع بتواتره وبسرعة انتشاره والتواتر هو عبارة عن عدد الموجات الكهرومغناطيسية التي تمر على نقطة ما في الثانية الواحدة.

تعد الشمس المصدر الرئيسي لتزويد سطح الكرة الأرضية بالطاقة على شكل موجات كهرومغناطيسية تنتشر في الفضاء بسرعة تعادل سرعة الضوء، ويعبر عن الطاقة الشمسية الواصلة عمودياً على مستوى الحد الخارجي للجو الأرضي بالثابت الشمسي والذي يستعمل قياساً لشدة الإشعاع الشمسي في الحدود الخارجية للغلاف الجوي بمعزل عن تأثيرات الجو الغازي والأرض.

فهو إذاً عبارة عن كمية الطاقة الشمسية الواردة عمودياً من الشمس على وحدة المساحة وخلال وحدة زمنية معينة عندما تكون الشمس في بعدها الوسطي عن الأرض.

وشدة الإشعاع الشمسي عبارة عن الطاقة الإشعاعية التي تصل إلى وحدة المساحة في وحدة معينة من الزمن.

يتألف الإشعاع الشمسي من موجات كهرومغناطيسية مختلفة الأطوال ويقاس طول الموجة بالميكرون أو مم أو بالأنغستروم .

التركيب الطيفي للإشعاع الشمسي:

الأشعة المرئية:

يتراوح طول موجاتها بين 0.4-0.76 ميكرون وتبلغ نسبة الأشعة المرئية من الطيف في الحد الأعلى من الجو 46% من مجموع الأشعة الشمسية الواردة وتتخلل هذه الأشعة إلى الألوان التالية:

أحمر- برتقالي- أصفر- أخضر- أزرق فاتح- أزرق غامق - بنفسجي.

يعطي الجزء المرئي من الطيف الضوء وبالتالي الأشعة المرئية هي مصدر الضوء وتجعلنا نرى الأشياء وهي ضرورية للقيام بعملية التركيب الضوئي من قبل النباتات.

الأشعة تحت الحمراء:

طول موجاتها بين 0.76- 100 ميكرون وتؤلف نسبة 47% من الطيف الشمسي وهي غير مرئية وتحدث أثراً حرارياً ولهذه الأشعة أهمية كبرى في الدراسات المناخية كونها مسؤولة عن معظم

التغيرات التي تحدث في الجو ويطلق عليها بالأشعة الحرارية لأنها المصدر الرئيسي الذي يلود الهواء والتربة والمياه بالحرارة اللازمة.

3- الأشعة فوق البنفسجية:

طول موجاتها أقل من 0.4 ميكرون وهي أشعة قصيرة الموجة وتشكل 7% من الطيف الشمسي، والأشعة فوق البنفسجية ذات طول الموجة الأقل من 0.29 ميكرون لا تصل إلى سطح الأرض إذ أن الأوزون يمتصها بصورة كاملة في طبقات الجو العليا. وتمتاز هذه الأشعة:

- تسبب ارتفاع درجة الحرارة في طبقة الستراتوسفير.
 - مفيدة لصحة الإنسان إذا وصلت بكميات قليلة إلى سطح الأرض وبالتالي تعطي البشرة لوناً برونزياً.
 - تترك آثاراً سلبية خطيرة على حياة الإنسان إذا زادت نسبتها عن الحد المسموح به.
- وهناك الأشعة السينية وأشعة غاما و الأشعة الدقيقة الكهربائية واللاسلكية بالإضافة إلى كمية قليلة من الجزيئات على شكل الكترولونات وأيونات أخرى تنطلق من الشمس.
- العوامل الرئيسية المحددة لكمية الإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض:
- نقسم إلى :

عوامل فلكية و عوامل جوية وعوامل خاصة بالموقع.

أولاً العوامل الفلكية:

تتضمن العوامل الفلكية ما يلي:

1 زاوية ورود أشعة الشمس: كلما زاد ميل أشعة الشمس عن الوضع العمودي ضعف تأثيرها بسبب انتشار الأشعة على مسافة أكبر من سطح الأرض وازدياد المسافة التي تقطعها الأشعة في الجو ولذلك الأشعة الساقطة صمودياً أكثر شدة وتركيزاً.

2. طول النهار: كلما زاد طول النهار كلما زادت كمية الأشعة الشمسية التي تتلقاها الأرض. ونتيجة لانحراف محور الأرض والحركة الظاهرية للشمس حول الأرض فإن الفترة التي تبقى فيها الشمس ظاهرة في الأفق يختلف طولها من مكان لآخر حسب موقع الأرض من الشمس ففي فترة الانقلاب الصيفي في نصف الكرة الشمالي فإن طول النهار يتزايد كلما اقتربنا من القطب الشمالي والعكس يحدث في الانقلاب الشتوي.

وبسبب ثبات طول النهار في المنطقة الاستوائية فهو قريب باستمرار من 12 ساعة لذا فإن كمية الأشعة التي تتلقاها تلك المنطقة ثابتة على مدار السنة لتزايد الاختلاف بين طول الليل والنهار مع تزايد درجات العرض.

ثانياً العوامل الجوية: وتتمثل بالعمليات الجوية الثلاثة الانتثار والانعكاس والامتصاص.

أ. الانتثار: المقصود بانتثار الأشعة هو تبعثرها أو تشتتها في اتجاهات مختلفة عند اصطدامها ببعض المركبات الجوية مما يجعلها تصل إلى سطح الأرض من اتجاهات مغايرة للاتجاه الأصلي للأشعة. والمركبات الجوية (الغازية والسائلة والصلبة) تمارس مثل هذا التأثير على الأشعة الشمسية. ويتوقف انتثار الأشعة على النسبة بين نصف قطر الجسيمات في الجو وطول الموجات الإشعاعية، فعندما تكون أقطار الجسيمات أقل من أطوال الموجات الإشعاعية يحدث عندها انتثاراً انتقائياً للأشعة يتناسب مع نسبة نصف قطر الجسيمات إلى طول الموجات الإشعاعية. وهذا ما يحدث بشكل واضح في أواسط النهار عندما يكون الجو خالياً من المواد الصلبة كبيرة الحجم ومحتوباً على جزيئات يقل نصف قطرها عن 0.01 ميكرون مما يجعل الأشعة الزرقاء من الطيف المرئي تتبعثر تجاه الخلف ماثحة السماء لونها الأزرق المعتدل. أما إذا كان نصف قطر الجزيئات يتراوح بين 0.1 و 0.7 ميكرون فإن الأشعة احمرراء تنتثر مما يجعل السماء تبدو مشوية بالحمرة وهذا ما يحدث عند شروق وغروب الشمس.

ب. الانعكاس: في حال كون الجزيئات العالقة في الجو ذات أنصاف أقطار أكبر من طول موجات الأشعة القادمة من الشمس فإن الأشعة تتعرض لانعكاس عام وشامل لأتواصها كافة. وهكذا تنعكس الأشعة على سطوح الغيوم والجزيئات العالقة في الجو والمسطحات المائية واليابسة. وتتوقف نسبة المنعكس من الأشعة الشمسية على عاملين رئيسيين هما :

1- طبيعة السطح العاكس.

2- زاوية سقوط الإشعاع الشمسي.

إن تلعب طبيعة الأرض ولونها ورطوبة التربة واستخدام الأرض دوراً بارزاً في اختلاف العاكسية فالسطوح الملساء أكثر عاكسية للأشعة من السطوح الخشنة والسطوح ذات الألوان الفاتحة تعكس أكثر من السطوح ذات الألوان القاتمة.

وتختلف نسبة المنعكس من الأشعة الشمسية تبعاً لاختلاف زاوية سقوط الأشعة فكلما كانت الأشعة أشد ميلاً كلما كانت نسبة الانعكاس أكبر. ولهذا نسبة المنعكس من الأشعة أكبر منه في ساعات الصباح عنه في ساعات المساء وفي العروض العليا والوسطى أكبر مما هي عليه في العروض المنخفضة.

ويمكن تعريف العاكسية أو ما يسمى بالأليبدو على أنها القدرة الإجمالية العاكسة وتطلق على مجموع الأشعة المنعكسة عن جسم ما لمختلف أطوال الموجات الإشعاعية .

جـ. الامتصاص:

تمتص بعض مركبات الجو والمواد العالقة فيه جزءاً كبيراً من الأشعة الشمسية غير أنها ذات امتصاصية كبيرة للأشعة الأرضية، ويتوقف الجزء الممتص على طول الموجة الإشعاعية من جهة وعلى نوعية المواد العالقة في الجو من جهة أخرى.

فغاز الأوزون يقوم بامتصاص الجزء الأكبر من الأشعة فوق البنفسجية كما أن بخار الماء يمتص بشكل كبير الإشعاع الأرضي وبشكل أقل جزءاً من الطاقة الشمسية.
ثالثاً العوامل المتعلقة بالموقع:

أ. تغيرات يومية وفصلية للإشعاع الشمسي تبعاً لدرجة عرض المكان:

تجتاز أشعة الشمس وقت الشروق ووقت الغروب طبقة سميكة من الجو تبلغ سماكتها 1.9 مرة منها عندما تكون الشمس في كبد السماء.

وتتعلق التغيرات اليومية هذه باختلاف الفصول والموقع وبالنسبة لخط العرض إذ أن طول النهار يزداد في فصل الصيف ويقتصر في الشتاء كلما ابتعدنا عن خط الإستواء.

ب. تغيرات الإشعاع مع الغطاء النباتي:

تحتجز الأوراق الخضرية الموجودة في الأجزاء العليا من النباتات أي في قمتها كمية كبيرة من الأشعة التي تنقلها وهذا يتعلق بكبر سطح هذه الأوراق وتركيبها وتوضعها على الساق إذ أن هذه الأوراق لا تسمح بمرور أكثر من 2-4 % من الأشعة الساقطة عليها.

ج. تأثير طبقة المياه :

إن لسطح الماء دوراً مهماً في امتصاص القسم الكبير من الأشعة الواردة إليه وانعكاس الباقي نحو الجو وإن لسماكة الماء دوراً مهماً في هذا الانعكاس وقد تصل الأشعة الحرارية لعمق لا يقل عن 40 متراً .

د. تغيرات الإشعاع الشمسي مع الارتفاع:

بزيادة الارتفاع يزداد سطوع الأشعة الشمسية فشدّة الإشعاع في مستوى سطح البحر تعادل 107000 لوكس. وتبلغ شدّة الإشعاع على ارتفاع 3200 م عن سطح البحر 129000 لوكس وهكذا نلاحظ أن المناخ الجاف يمتاز بسطوع شمسي قوي وأكثر شدّة من المناخ الرطب وفيما يلي تغيرات الطاقة الشمسية مع الارتفاع:

في الأكسفير : يمد الجو الفضاء الخارجي بأشعة قصيرة الموجات بالانتثار والانعكاس.

في طبقة الستراتوسفير يتم امتصاص الأشعة قصيرة الموجات الموق بنفسجية.

في طبقة التروبوسفير تمتص الأشعة قصيرة الموجة من الغلاف الجوي ومن الغيوم وتكتسب من التشتع الأرضي الموجات الطويلة وكذلك الحرارة الكامنة طويلة الموجات.

الإشعاع الأرضي:

تكتسب الأرض في حال وصول مبالاة الأشعة الشمسية المباشرة إلى سطحها عبر الغلاف الجوي كمية من الحرارة تقدر ب 0.53 حريرة/سم²/د. في الأيام الصالحة وعلى الدرجة 10م فترتفع درجة حرارتها وتنقل هذه الحرارة من الأرض إلى الهواء الملامس لها مباشرة والجو الأرضي بموجات إشعاعية صادرة عنها فالأرض إذاً ترد إلى الجو قسماً كبيراً من الإشعاع الوارد تبعاً لحالة الجو.

إن هذا النوع من الناقلية والإشعاع والارتداد هو ما يطلق عليه الإشعاع الأرضي أو بالتشعع الأرضي الذاتي.

ويتوقف هذا الإشعاع على طبيعة السطح ونوعيته (مسطحات مائية أو ترابية متحدرات جبلية أم سهول ووديان) كما أن الأرض تعكس كسماً من الإشعاع الشمسي المباشر بمجرد تلقيها له وبذلك تصدر الأشعة الحرارية والضوئية. وبما أن حرارة الأرض أقل بكثير من حرارة الشمس فإن الأرض تكون آخذة بصورة مستمرة وخصوصاً في الأيام الصافية لتصدر الإشعاع الأرضي ليل نهار بصورة دائمة.

- الطاقة الحرارية المكتسبة في النهار: (التسخين الحراري)

يكتسب الهواء في النهار طاقة حرارية كبيرة إذ ترتفع درجة حرارته ويسخن نتيجة امتصاص الأشعة الحرارية الواردة من الإشعاع الشمسي والإشعاع الأرضي. وفي الحقيقة إن الإشعاع الأرضي يعمل على رفع درجة حرارة الهواء وذلك يعود إلى عدم شفافية الجو تجاه هذا الإشعاع حيث يحجزه ويمتصه مما يؤدي لارتفاع حرارة الهواء الملامس لسطح الأرض بالإضافة إلى التسخين عن الإشعاع الشمسي المباشر، إذ يمتص الغبار الجوي وبخار الماء الأشعة طويلة الموجة وتبعثرها وتشتتها في كل الاتجاهات مما يزيد الطاقة الحرارية المكتسبة.

وتتناسب درجة حرارة سطح التربة تناسباً عكسياً مع زاوية ورود الإشعاع الشمسي وتتغير هذه الزاوية من الشروق إلى الغروب إذ تتناقص من الصباح وحتى الظهيرة ثم تتزايد من الظهيرة وحتى المساء وعليه فهي أعظمية عند الظهيرة، وبما أن الأرض تحتاج بعض الوقت لتتبع حرارتها لذلك فإن درجة الحرارة الأعظمية للهواء الملامس لها يكون حوالي الساعة 14 أو 15 بعد الظهر.

العلاقة الحرارية المفقودة في الليل (التبريد الليلي)

يعتمد الجو الأرضي على كسب حرارته في غياب الشمس من الإشعاع الأرضي وهكذا تصبح الأرض جسماً مشعاً ويتوقف هذا الفقدان الحراري على حال الطقس الخارجية والتهابن الحراري بين الواسطين الأرض كجسم مشع والهواء الملامس لها وبعبارة أخرى فإن محصلة الحرارة تكون سالبة في الليل وهذا ما نسميه بالتبريد الحراري الذي يستمر حتى وضوح النهار. ويطبق على صافي الإشعاع الذي تفقده بالإشعاع الليلي.

الإشعاع الجوي:

تصل إلى الغلاف الجوي الأشعة الصادرة من الإشعاع الأرضي وهي اشعة حرارية طويلة الموجة غير مرئية لمرتفع درجة حرارة الجو عن طريق الإشعاع الشمسي الوارد من الفضاء الخارجي والإشعاع الأرضي والنشاطات الحرارية الأخرى التي تتم في الجو وهذا يؤدي على سخونته وبالتالي إلى إشعاعه إشعاعاً جويّاً ذاتياً مصدره الجو نفسه وهو يعتمد على الغازات المكونة له، وتبعاً لحالة الغطاء الغيمي تزداد هذه الحالة أو تنقص ويقوم الجو في حالة زيادة الغطاء الغيمي الذي يحجب

الأشعة الشمسية بإصدار الأشعة ذاتياً كجسم أسود مشع يرسل الأشعة الجوية غير المرئية طويلة الموجة إلى الأرض 70% وإلى الفضاء الخارجي 30%. ويعود الدور الكبير في هذا الإشعاع إلى بخار الماء ويأتي بعده دور غاز الفحم.

الميزان الإشعاعي ومكوناته:

تتعرض الأشعة الشمسية الواردة إلى سطح الأرض جزئياً للإمتصاص كما ينعكس جزء آخر منها. ولكن لا تقوم الأرض بامتصاص الإشعاع فقط وإنما تشعه في الجو المحيط. وعندما يمتص الغلاف الجوي بعض أجزاء الإشعاع الشمسي وجزءاً كبيراً من إشعاعات الأرض ، فهو أيضاً يشع أشعة تحت حمراء، وجزء كبير من هذه الإشعاعات الجوية موجهة إلى سطح الأرض .

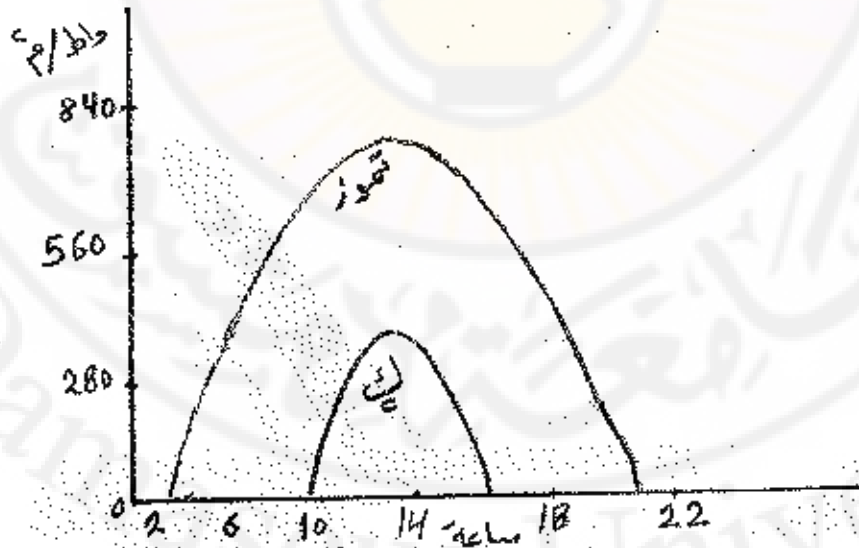
إذن المحصلة بين الوارد من الطاقة الإشعاعية إلى سطح الأرض والخارج منها يسمى بالميزان الإشعاعي (Radiation Balance) . ويتألف الميزان الإشعاعي من إشعاعات قصيرة الموجة وأخرى طويلة الموجة ويتضمن العناصر التالية كما هو مبين في المعادلة التالية:

الموازنة الإشعاعية = الإشعاع الشمسي الكلي + الإشعاع الجوي + الإشعاع التناثري - الإشعاع الفاقد.

الإشعاع الشمسي الكلي = الإشعاع الشمسي المباشر + الإشعاع الشمسي التناثري

الإشعاع الفاقد = الإشعاع الأرضي + الإشعاع المنعكس.

تعريف الإشعاع الشمسي المباشر: هو الإشعاع الذي يصلنا مباشرة من الشمس بشكل عمودي وتتوقف شدته على ارتفاع الشمس وشفافية الجو حيث تصل نهايته العظمى في منتصف النهار. ويوضح الشكل التالي المسار اليومي للإشعاع المباشر الذي يرد في اليوم الصافي بإشعاعات متعامدة على السطح الأفقي.



ويمكن أن تصبح النهاية العظمى للإشعاع قبل منتصف النهار صيفاً فوق اليابسة لأن كمية الغبار وبخار الماء تزداد في منتصف النهار وكذلك تزداد النهاية العظمى للإشعاع الشمسي عند الاقتراب من خط الاستواء بسبب زيادة ارتفاع الشمس عند الظهيرة.

الإشعاع المنقثر : تنبعثر الأشعة الشمسية نتيجة اصطدامها بمكونات الغلاف الجوي وخاصة الغيوم. وتتعلق شدة هذه الأشعة المنقثرة بدرجة التغييم وتلوث الغلاف الجوي إذ أن الغيوم التي لا تحجب الشمس تزيد من قيمة هذه الأشعة بالمقارنة مع السماء الصافية وتكون شدة الأشعة المنقثرة في منتصف النهار بحدود 70 - 175 واط/م² وتبقى أقل من شدة الأشعة المباشرة

إذاً الموازنة الإشعاعية = إشعاع شمسي مباشر + تنافري + جوي - منعكس - أرضي.

ولكن لا تغفل أن هناك جزءاً من الإشعاع الشمسي يصل على سطح الأرض وينعكس مباشرة وهذا ما تم شرحه سابقاً في القدرة العاكسية أو الأنيبدو .

وفي حالة الجو الغائم تصبح الموازنة كالآتي:

الموازنة الاشعاعية = إشعاع تنافري + جوي - منعكس - أرضي.

أثناء الليل الموازنة الاشعاعية = إشعاع جوي - إشعاع أرضي.

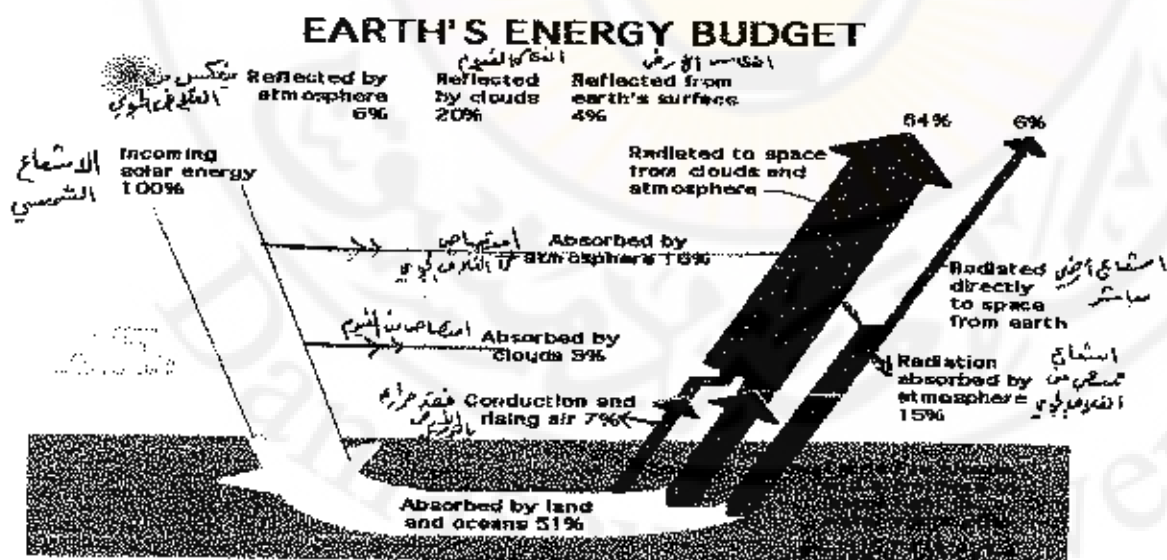
ويمكن تصوير الموازنة الاشعاعية كالآتي:

الاشعاع الصافي = الإشعاع الشمسي على الأرض - الإشعاع الأرضي.

فالإشعاع الفعال إذاً:

(1- العاكسية) (الإشعاع الكلي) - (الإشعاع الأرضي + الإشعاع الجوي).

ويتوقف هذا الإشعاع على النسبة (1- العاكسية) (الإشعاع الكلي فإذا كانت موجبة كان لدينا كسب حراري والعاكس صحيح.



مخطط يوضح الموازنة الإشعاعية (التوازن الحراري) والإشعاعي للكرة الأرضية

الفصل الرابع

الحرارة

4-1 تعريف الحرارة

تعد الشمس المصدر الرئيسي للحرارة والتي ترمثل بأشعتها المختلفة بموجات عبر الغلاف الجوي إلى سطح الكرة الأرضية وكما وجدنا سابقاً فإن فعاليات الإشعاع الشمسي بالنسبة للأشعة الحرارية والضوئية والحيوية يرافقها قدرة حرارية.

فالحرارة إذاً عبارة عن الأكثر الذي تنتجه الأشعة الشمسية وبالذات الحرارية منها والتي تزود الهواء الجوي والأرض بالحرارة اللازمة وهي عبارة عن القدرة الحرارية والتي تنتقل من الجسم الساخن إلى الجسم البارد.

وتؤثر الحرارة بصورة مباشرة أو غير مباشرة في العناصر الجوية الأخرى مثل التكاثف والتبخر وتشكل الضباب وهطول الأمطار والصقيع وغيرها من الظواهر الجوية ... فتتحكم بذلك بتوزيع المناخات وبالتالي في توزيع الغطاء النباتي الطبيعي والنباتات المزروعة على سطح الكرة الأرضية . وبمعنى آخر تتحكم في توزيع جميع أنواع الحياة ومظاهرها على سطح الأرض.

إن حرارة الهواء الجوي هي حصة الإشعاعات التالية:

الإشعاع الشمسي المباشر، الإشعاع الشمسي التناثري، والإشعاع الجوي الذاتي، الأشعة المنعكسة عن سطح الأرض، الإشعاع الأرضي و الحرارة الكاملة الناتجة عن التبخر.

4-2 طرق انتقال الحرارة

يتم التسخين الحراري وبشكل خاص التسخين الجوي والتسخين الأرضي بإحدى الطرق التالية:

1- التماس أو التوصيل الحراري:

تنتقل الحرارة بالتلامس أو بالتوصيل واشتراط الأساسي لانتقالها بهذه الطريقة هو وجود الوسط المادي لتنتقل الحرارة في أجزاء السادة من ذرة إلى أخرى. وهكذا يسخن الهواء الملامس لسطح الأرض بالتوصيل ففي حال ارتفاع درجة حرارة التربة عن الهواء الملامس لها تفقد جزءاً من هذه الحرارة بالتماس لتسخنه. وبالعكس في حال شدة سخونة الهواء الجوي مقارنة مع سطح التربة فإن الحرارة تنتقل من الهواء إلى التربة ونظراً لأن الهواء ذو ناقلية رديئة لذلك فإن التوصيل الحراري في الهواء بطيء يتم لعدة أقدام فقط خلال نهار أو ليلة واحدة.

2- الحمل أو الإزاحة:

بما أن الهواء الدافئ أقل كثافة من الهواء البارد لذلك يتصاعد فوقه لخفته ويمتد مسطحاً معه الحرارة التي اكتسبها من الأرض إلى الأعلى ليحل محله الهواء البارد وهكذا دواليك. وهذا النوع من الانتقال الحراري مهم في الهواء والسوائل لأهميته في نشوء الظواهر الجوية.

3- الإشعاع:

تنتقل الحرارة بهذه الطريقة على شكل موجات دون الحاجة إلى وسط ليتم الانتقال فيه كما في انتقال أشعة الشمس التي تصل إلى سطح الأرض عبر الفراغ المحيط وكذلك الإشعاع الأرضي طویل الموجة والذي يسهم في زيادة درجة حرارة الجو.

4-3 تغيرات درجة الحرارة :

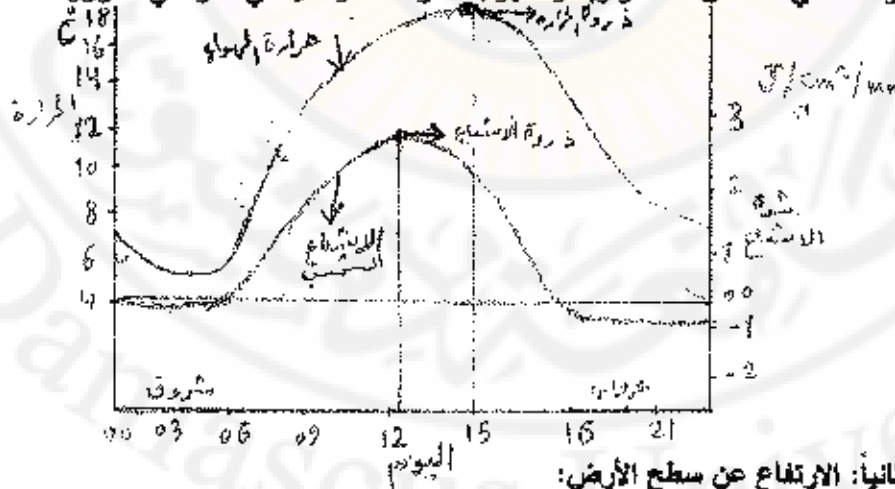
تتغير درجة الحرارة بتأثير عدة عوامل:

أولاً- التغيرات اليومية: تتأثر درجة الحرارة بساعات النهار المختلفة اعتباراً من الشروق وحتى الغروب حيث يبدأ الميزان الحراري اليومي بالارتفاع مع شروق الشمس وتبدأ التربة بتخزين الحرارة بدلاً من فقدها فتبدأ درجة حرارة الهواء الجوي بالارتفاع إلى أن يحصل شبه اتزان ما بين المدخر من الأشعة الواردة والفقدان لها بالإشعاع الأرضي.

وبعد الظهيرة يتغير الميزان الحراري حيث تبدأ أشعة الشمس بالاتجاه نحو المغرب فتقل الحرارة المكتسبة وتتناقص بالتالي درجة الحرارة.

ويجدر الانتباه إلى أن معدل تناقص درجة حرارة الهواء الجوي أثناء النهار تتعلق بالإشعاع الأرضي لدرجة كبيرة وبذلك تكون محصلة درجة حرارة الهواء ناتجة من الإشعاع الشمسي والأرضي حيث يبلغ الإشعاع الشمسي أقصى حد له وقت الظهيرة أثناء النهار (12 ظهراً) بينما يبلغ الإشعاع الأرضي أقصى حد له بعد الظهيرة بساعتين إلى ثلاث ساعات. (موضح في الشكل)

ويرتبط التباين الحراري بين الليل والنهار بالأحوال الجوية المحيطة وبطبيعة التربة إذ من الملاحظ ارتفاعه في المناطق الصحراوية والسهوب أكثر مما هو عليه في الأراضي المزروعة.



ثانياً: الارتفاع عن سطح الأرض:

تتناقص درجة الحرارة بالارتفاع خصوصاً في الطبقة الجوية الأولى إلا أن معدل التناقص بالارتفاع يتعلق بعوامل عديدة أهمها

سرعة الرياح والرطوبة النسبية في الهواء المحيط وحجم الغيوم المتكونة. وبذلك يكون التناقص في الجو الملبد بالغيوم أقل مما هو عليه في الجو الصافي وفي فصل الشتاء أقل مما هو في الصيف وفي الليل أبداً منه في النهار ويكون التناقص الحراري بالارتفاع أبداً على الهضاب منه على الجبال وفي المناطق الرطبة أقل مما هو عليه في المناطق الجافة ويعود السبب الرئيسي لهذا التناقص إلى قلة كثافة الهواء وانخفاض الضغط.

الانقلاب الحراري:

قد يحدث تزايد في درجة الحرارة بالارتفاع بدلاً من تناقصها ضمن ظروف معينة إلا أن درجة الحرارة تعود بعد ذلك إلى معدلها الطبيعي وتستمر بالتناقص. ويمكن حصر النقاط الأساسية المسببة للانقلاب الحراري بما يلي:

أ- زيادة التشعع في الليالي الصافية تؤدي إلى برودة الأرض التي تفقد حرارتها بسرعة مما يؤدي لانخفاض درجة حرارة الهواء الأرضي الذي يلامسها وبذلك تبقى طبقات الهواء التي تعلوها ذات درجة حرارة مرتفعة عن درجة حرارة الهواء الملامس لسطح الأرض.

ب- في حال التقاء كتلتين هوائيتين مختلفتين في درجة الحرارة فإن الكتلة للهوائية الأقل حرارة تهبط لأسف الكتلة للهوائية ذات الحرارة المرتفعة لأن الهواء البارد ذو كثافة أكبر بحيث يحتل مكان الهواء الأسخن الذي يرتفع لأعلى.

ج- في حال مرور هواء ساخن فوق منطقة باردة يحدث الانقلاب الحراري.

د- يحدث الانقلاب الحراري فوق قمة السحاب.

هـ- في المنطقة الفاصلة بين التروبوسفير والمستراتوسفير (تروبوز) وبين الميزوسفير والتيرموسفير يحدث الانقلاب الحراري.

و- في حال المرتفعات الجبلية فإن الهواء البارد الأكثر كثافة يزحف نحو الوديان ويتراكم فيها وهنا يحدث الانقلاب الحراري.

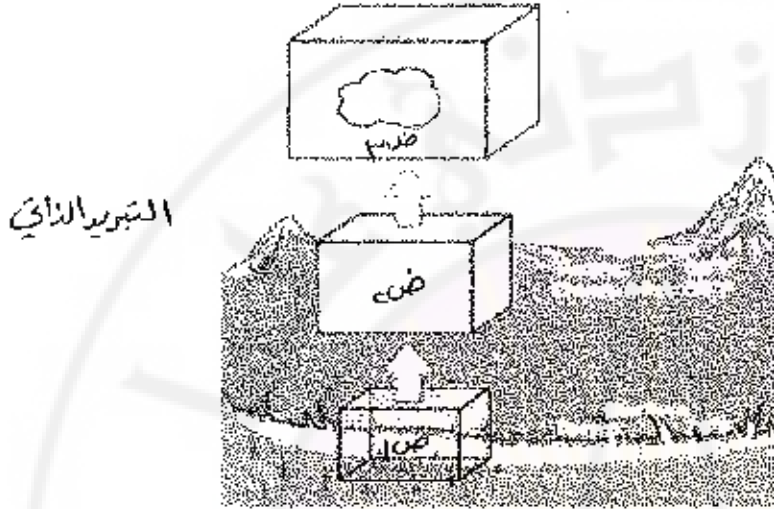
التغيرات الذاتية ((الديناميكية)) لدرجة الحرارة:

ويقصد بها اختلاف درجة الحرارة لكتلة غازية دون زيادة أو نقصان في كمية الحرارة الموجودة فيها نتيجة لتمددتها أو انضغاطها وهناك نوعان من هذه التغيرات:

1- التبريد الذاتي: وهو عبارة عن انخفاض درجة حرارة كتلة من الهواء بنتيجة تمددها ويتعلق هذا التبريد بطبيعة الكتلة الهوائية إن كانت جافة أو مشبعة بالرطوبة ويبلغ معدل التناقص في الكتلة الهوائية الجافة 3 درجات مئوية لكل 300 م ارتفاع، بينما يبلغ في الكتلة الهوائية الرطبة 1.5 م لكل 300 ارتفاع.

2- التسخين الذاتي: هو عبارة عن ارتفاع درجة حرارة كتلة هوائية نتيجة تقلصها أو انضغاطها كما هو الحال في هبوط كتلة هوائية من مستويات عليا إلى مستويات أخفض مما يؤدي لانضغاطه وبالتالي

تسخنه بمعدل 1 م تقريباً لكل 100 م ارتفاع. وهي عملية ديناميكية صرفة. كما هو موضح في الشكل التالي:



ثالثاً تغيرات الحرارة بحسب الموقع:

أ- تأثير درجة عرض المكان: تعد درجة عرض المكان من أهم العوامل المؤثرة في درجة الحرارة إذ من الملاحظ تناقص درجة الحرارة كلما ابتعدنا عن خط الاستواء باتجاه القطبين الشمالي والجنوبي ويعود ذلك إلى أن الأشعة الشمسية الواردة إلى القطبين تصل بصورة مائلة وتخترق طبقات سميكة من الغلاف الجوي وبذلك تفقد جزءاً من طاقتها بالامتصاص في الوقت الذي تسقط فيه الأشعة بصورة عمودية على خط الاستواء.

ب- التضاريس واتجاهها تلعب اتجاه التضاريس دوراً بارزاً في التأثير على درجة الحرارة فالواجهات المعرضة لأشعة الشمس مباشرة تكون أكثر تلقياً للطاقة الشمسية وبالتالي أكثر حرارة من السفوح المعاكسة للشمس أي أن السفوح الجنوبية والغربية تتلقى حرارة أكثر من السفوح الشرقية والشمالية.

ج- سطح الأرض والسطوح المائية:

يختلف سطح الكرة الأرضية تبعاً لتوزيعات الأرض والبحار والسطوح المائية المختلفة عليه. وبالتالي تختلف درجة الحرارة فيما بينها نظراً لأن قابلية هذه الأجسام لاستقبال الإشعاعات الشمسية وعكسها متفاوتة.

هذا وإن امتصاص سطح الأرض للأشعة الشمسية الواردة واللازمة لتسخين الطبقة السطحية من التربة أكبر مما هي عليه في السطوح المائية كالمحيطات والبحار إذ تستهلك طاقة حرارية في عملية التبخير.

د- الجو القريب من التربة:

بما أن درجة الحرارة تختلف من مكان لآخر مع ساعات النهار من الشروق وحتى الغروب وخلال الليل أيضاً لذلك فإن الجو الأرضي القريب من سطح التربة والملامس لها يؤدي إلى وجود ثباين في درجات الحرارة اليومية فوق سطح التربة ويلاحظ أن الثباين الحراري كبير بجوار التربة ويكبر أكثر كلما اقترب من سطح التربة ولامسه ويقل كلما ابتعدنا عن السطح.

هـ- الغطاء النباتي:

يؤثر الغطاء النباتي بأنواعه المختلفة من المروج والأعشاب والحشائش إلى الشجيرات والأشجار على تعديل درجة حرارة الهواء المحيط في مناطق انتشار نباتات هذا الغطاء خصوصاً وأن عملية النتح (التي يفقد بها النبات قسماً من مائه عن طريق الثغور والذي ينفثه في الجو) تعمل على تلطيف الجو بزيادة نسبة الرطوبة الجوية واستهلاكها مع التبخر كمية لا بأس بها من الأشعة الحرارية الواردة للأرض. وبذلك يكون جو مناطق التشجير المثمر والحراجي أكثر اعتدالاً من المناطق الأخرى كالمراعي أو الأراضي المكشوفة.

رابعاً التغيرات الفصلية والسنوية:

يتغير طول النهار بتغير فصول السنة وتبعاً لهذا التغير يختلف التخزين الحراري للأرض، وبما أن طول النهار يتوقف على درجة عرض المكان فيزداد طول النهار على حساب الليل في الصيف والعكس في الشتاء مما يعني تأثير درجة الحرارة بفصول السنة الأربع والتي تنجم عن دوران الأرض حول الشمس. ونظراً لميلان الأرض على مسارها فإن زاوية ورود الضوء تختلف من مكان لآخر مما يؤدي لزيادة درجة الحرارة في بعضها ونقصانها في المناطق الأخرى على مدار السنة.

خامساً الرياح:

تتأثر درجة الحرارة بالرياح الموجودة التي تعدلها تبعاً لدرجة حرارتها ومناطق هبوبها فالرياح القادمة من المناطق الحارة تؤدي لرفع درجة الحرارة وزيادة الدفء والرياح الواردة من المناطق القطبية تؤدي لخفض درجة الحرارة فتسبب البرودة.

أهمية الحرارة في النشاط الحيوي للنباتات والحيوانات الزراعية:

تحدث جميع العمليات الفيزيولوجية في النبات من تركيب ضوئي وتنفس في نطاق محدد من درجات الحرارة حيث يوجد حد أدنى بيولوجي يبدأ عنده نشاط النبات ثم يزداد حتى يبلغ أشده في الظروف الحرارية المثالية والمناسبة لنموه. وتختلف الظروف الحرارية من نبات لآخر فمثلاً الحد الأدنى الحيوي (الصفر البيولوجي) لنمو معظم المحاصيل الشتوية يقع بين 3-5 م° بينما في المحاصيل الصيفية بين 12-15 م°.

وتبدي درجة حرارة التربة تأثيراً كبيراً في نمو المجموع الجذري ونشاط الكائنات الحية الدقيقة ويسبب انخفاض حرارة التربة بشكل كبير تجمد المجموع الجذري وموت خلاياه وبالتالي موت النبات بالكامل.

وكذلك تؤدي الحرارة المرتفعة في التربة إلى فساد درنات البطاطا على سبيل المثال وانتشار الآفات الزراعية المحبة للدفء وبالمقابل فإن ارتفاع حرارة الهواء المحيط للنبات تزيد من فقد الماء عند النبات وتعرضه للجفاف والذبول وها تؤدي إلى خفض الإنتاج الزراعي. تحدد الظروف الحرارية حالة وسلوك وانتاجية حيوانات المزرعة، فمثلاً يرهق الطقس الحار الأغنام ويقلل من شهيتها لتناول العلف.

الأساليب الإحصائية للتعبير عن درجة الحرارة:

درجة الحرارة المتوسطة:

تمثل وسطي درجات الحرارة اليومية أو الشهرية أو السنوية.

درجة الحرارة المطلقة العظمى:

عبارة عن درجة الحرارة القصوى المسجلة خلال الفترة المرصودة.

درجة الحرارة المطلقة الصغرى:

عبارة عن درجة الحرارة الدنيا المسجلة خلال الفترة المرصودة.

متوسط درجة الحرارة العظمى:

متوسط النهايات العظمى لدرجات الحرارة في مدة معينة.

متوسط درجة الحرارة الصغرى:

متوسط النهايات الدنيا لدرجات الحرارة في مدة معينة.

التباين الحراري: عبارة عن الفرق بين أدنى درجة حرارة وأعلى درجة حرارة سجلتا خلا مدة معينة.

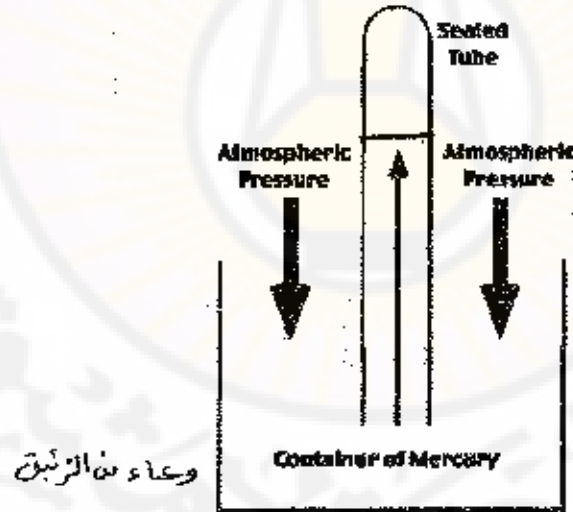
الفصل الخامس

الضغط الجوي والرياح

أولاً الضغط الجوي

5-1 تعريف الضغط الجوي:

يعرف بأنه عبارة عن وزن الجو في وحدة المساحة أي عبارة عن القوة المؤثرة على وحدة مساحة السطح المعرض للضغط نتيجة تصادم جزيئات الهواء بصورة عمودية عليه. وتتوقف القوة التي يضغط بها الهواء الجوي على الموقع وعلى طول عمود الهواء الذي يتناقص مع الارتفاع فتتناقص معه هذه القوة. والهواء الجوي بما فيه من غازات قابلة للتمدد والانتشار يحاول بضغطه الحصول على أكبر مساحة ممكنة ليشتغلها في الغلاف الجوي. ويؤخذ معدل الضغط الجوي بما يعادل 760 مم ضغط زئبقي في الأحوال الجوية العادية وعند خط عرض 45 شمالاً وفي درجة حرارة 15 م. ويصبح الضغط الجوي مرتفعاً إذا زاد عن هذا المعدل ومنخفضاً إذا قل عنه. هذا وإن اختلاف الضغط الجوي وتباينه بحسب الوضعية هو السبب الرئيسي في نشوء الرياح وانتقالها من المناطق ذات الضغط المرتفع إلى المناطق ذات الضغط المنخفض.

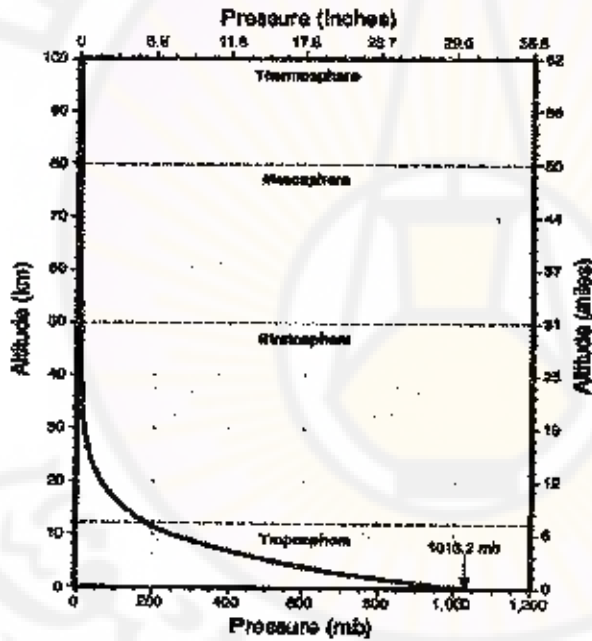


يوضح هذا الشكل تجربة العالم توريشيلي في عام 1643 وبين فيها أن ضغط الهواء على سطح الزئبق أبقى الزئبق في الأنبوب عند مستوى معين ومنعه من الهبوط للأسفل وهو يعادل 760 مم زئبقي. وبعد ذلك حاول توريشيلي أن يجري تجربته على الماء بدلاً من الزئبق فحصل على عمود طوله حوالي 10.3 م ، وذلك لأن كل سم 3 زئبق يعادل كتلة وزنها 13.6 غرام من الماء.

3-2 تغيرات الضغط الجوي:

تؤثر على الضغط الجوي مجموعة من العوامل تجعله متغيراً إذ لولاها لبقى الضغط واحداً ومتساوياً ولما حدثت الرياح المتباينة في الشدة والاتجاه والزمن ولبقى الهواء الجوي ساكناً .
وأهم العوامل المؤثرة في تغيرات الضغط الجوي ما يلي:

1- تغيرات الضغط الجوي مع الارتفاع: يتناقص الضغط الجوي مع الارتفاع فوق سطح الأرض ومن الملاحظ أن معدل تناقص الضغط الجوي مع الارتفاع غير ثابت بل يتوقف على درجة الحرارة والرياح وكثافة الهواء. (كما في الشكل)



2- تغيرات الضغط الجوي مع الحرارة:

يمتاز الهواء البارد بزيادة الضغط الجوي في حين يمتاز الهواء الدافئ بانخفاض الضغط الجوي،
وتعليل ذلك:

- أ- في حالة انخفاض الضغط الجوي: يتمدد الهواء الجوي مع ارتفاع درجة حرارته ويزداد حجمه ويصبح أكثر تخلخلًا فينتشر وتقل كثافته.
 - ب- في حالة ازدياد الضغط الجوي: يتقلص الهواء الجوي مع انخفاض درجة الحرارة وينتقص حجمه ويزداد ثقله وتزداد كثافته وعلى هذا فهو على تماس مع سطح الأرض.
- وبصورة عامة يمكن القول أن تناقص الضغط الجوي في الهواء الدافئ أقل منه في الهواء البارد.

3- تغيرات الضغط الجوي مع الرطوبة: يزداد الضغط الجوي في الجو الجاف ويقل في الجو المشبع بالرطوبة ويعود ذلك إلى أن كثافة الهواء الجاف أكبر من كثافة الهواء الرطب، وكلما زادت نسبة بخار الماء في الهواء كلما قل ضغطه.

4- اليابسة والمحيطات: يزداد الضغط الجوي فوق سطح اليابسة في الشتاء وينخفض في الصيف بينما يزداد فوق المسطحات المائية في الصيف وينخفض في الشتاء. وتمثل هذه الحالة التغيرات السنوية والفصلية للضغط الجوي.

5- التغيرات الزمنية:

التغير اليومي: تخضع التغيرات اليومية للضغط الجوي للتأثيرات المحلية على الضغط مثل المرتفعات أو المنخفضات الجوية. وأكثر ما تكون هذه التغيرات الجوية واضحة في المناطق الاستوائية تليها خطوط العروض المتوسطة وتندمج في القطبين.

ويتوقف التغير اليومي للضغط على الأيام الصحابية والأيام المضطربة أو الملبدة بالغيوم. ويتوقف كذلك على درجة عرض المكان وفصول السنة.

وبصورة عامة يمكن القول أن الحد الأدنى للضغط الجوي في الساعة 14 بعد الظهر والحد الأقصى في الساعة 4 صباحاً.

3-5 خطوط الضغط المتساوية:

وهي عبارة عن الخطوط الواصلة بين مناطق الضغط الجوي المتساوية، غير أن القراءات المأخوذة عن الضغط لا بد من تعديلها وتصحيحها بالنسبة لمستوى سطح البحر وتؤخذ من جداول خاصة (1 ملومتر لكل 13 م ارتفاع) وتكون هذه القراءات ممثلة لمتوسعات يومية أو فصلية أو سنوية. وتوقع هذه الخطوط على مخططات بحيث تمثل توزيع الضغط المتساوي في ساعة محددة خلال الفترة المرصودة.

4-5 الانخفاض الجوي (الإعصار Cyclone)

عبارة عن الحالة التي تأخذ فيها خطوط الضغط بالتناقص التدريجي أو الفجائي بالاتجاه نحو المركز. وخط الضغط المتساوي الأدنى قيمة هو الذي يحصل في داخله سرعة المنخفض الجوي المقللة والتي يكتب فيها رمز المنخفض الجوي (-). وقد تدرج خطوط الضغط المتساوية التي تحصر المنخفض الجوي بفرق يبلغ 2، 4، 5 ملوبار.

والانخفاض الجوي على جانب كبير من الأهمية فهو السبب في جميع التقلبات أو التغيرات الجوية مثل الغيوم والزخات المطرية والرعد والبرق والمواصف.

ويسير المنخفض الجوي بسرعة متوسطة تعادل 30 كيلو متر في الساعة ويكون اتجاهه من الغرب إلى الشرق وقد تقل السرعة عن ذلك أو تزيد ويكون المنخفض الجوي نتيجة وجود تيارين أحدهما

حار والآخر بارد وفي بداية تشكله يكون صغيراً ثم ينمو نتيجة حركته وبلغ أقصى حد له ثم ما يلبث أن يتخامد تدريجياً ويصغر إلى أن يتلاشى نهائياً ليأتي غيره فيتابع مسيرته من جديد وتتوقف شدة الانخفاض الجوي على مقدار قرب خطوط الضغط المشكلة له أو بعدها ويتراوح قطر منطقة الانخفاض الجوي من مئات الأمتار إلى مئات الكيلو مترات .

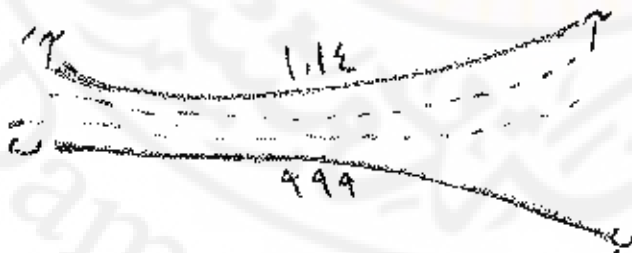
5-6 الارتفاع الجوي Anticyclone

عبارة عن الحالة التي تأخذ فيها خطوط الضغط بالتزايد التدريجي إلى أن تبلغ ذروتها نحو المركز، وأن خط الضغط الأكبر قيمة هو الذي يحدد سرعة المرتفع الجوي ويكتب رمز الارتفاع (+) داخل السرعة التي يحددها.

وقد يدوم المرتفع الجوي لفترة طويلة أو قد يكون فجائياً وسريعاً ويرافقه الجو الصافي. وتتولد في الارتفاع الجوي تيارات هابطة إلى الأسفل نحو سطح الأرض لتأخذ محل التيارات الهوائية التي انتقلت من المرتفع الجوي إلى المنخفض الجوي وتكون هذه التيارات جافة وترتفع درجة حرارتها نتيجة ثقلها والضغطها أثناء الهبوط . ويدل تقارب الخطوط أو تباعدها على سرعة انتقال الرياح من المنطقة ذات الضغط المرتفع إلى المنطقة ذات الضغط المنخفض.

5-7 تدرج الضغط الجوي:

عبارة عن اختلاف الضغط في وحدة المساحة ما بين خطوط الضغط المتساوية. ويقاس هذا التدرج عبر الاتجاه الذي يحصل عنده أعلى تغيير في الضغط لأقصر مسافة بين الخطوط ويمكن توضيح ذلك في الشكل التالي والذي يبين خط الضغط المتساوي أ أ والي يساوي 1014 مليبار وخط الضغط المتساوي ب ب والذي يساوي 999 مليبار ويلاحظ من الشكل أن الفرق بين الخطين يعادل 15 مليبار وهذا الفرق متساو بين أي نقطتين على هذين الخطين إلا أن المسافة تختلف بين كل نقطتين ولذلك يؤخذ التدرج فوق أقصر مسافة وبشكل متعامد عليها.



5-8 اختلاف الضغط الجوي:

للمكان تأثير كبير في الضغط الجوي فنجد بعض الأماكن ضغطها مرتفعاً وأماكن أخرى ضغطها منخفضاً تبعاً للظروف المتوفرة وبشكل خاص الحرارية منها إلا أن هذا لا يتمتع من وجود بعض الأماكن لا يتغير فيها الضغط الجوي إلا مع تغير الفصول فتسمى بالنصف ثابتة . ومن الملاحظ على

أن اختلاف الضغط الجوي السنوي تكون قليلة جداً قرب خط الاستواء وتباين الضغوط يزداد كلما ارتفعنا نحو القطبين.

وفي فصل الشتاء يوجد في نصف الكرة الشمالي ضغط جوي مرتفع فوق سيبيريا و أمريكا الشمالية وضغط جوي منخفض فوق بعض جزر المحيط الباسيفيكي. وفي فصل الصيف يوجد في نصف الكرة الشمالي ضغط جوي منخفض في شمال الهند وفي أمريكا الشمالية وضغط جوي مرتفع فوق المحيط الأطلسي و الباسيفيكي ويمكن تمييز ثلاث مجموعات من الضغط الجوي:

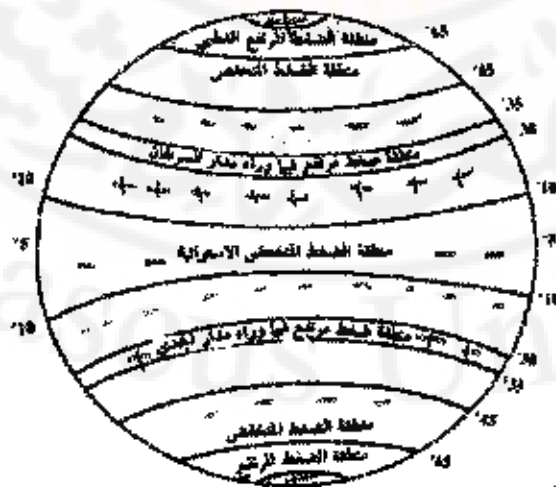
- القارية: ويكون فيها الضغط المرتفع في الشتاء والمنخفض في الصيف.
 - المحيطية: ويكون فيها الضغط المرتفع في الصيف والمنخفض في الخريف.
 - القطبية وفوق القطبية: ويكون فيها الضغط المرتفع في الربيع والمنخفض في الشتاء.
- 5-9 نطاقات الضغط الرئيسية على سطح الأرض:

توجد أحزمة رئيسة للضغوط على سطح الكرة الأرضية وأخرى مؤقتة تنشأ حسب الظروف المحلية وتتكون الأحزمة الرئيسية مما يلي:

- 1- منطقة ضغوط منخفضة دائمة حول دائرة الاستواء
- 2- منطقة ضغوط مرتفعة في المنطقة شبه المدارية عند خط العرض 30 شمال وجنوب خط الاستواء
- 3- منطقة ضغط منخفض شبه قطبي عند دائرة العرض 60 شمال وجنوب خط الاستواء

4- منطقة ضغط مرتفع عند الدائرتين القطبيتين ويسمى المرتفع القطبي.

وبوضح الشكل التالي أحزمة الضغط الجوي موزعة على الكرة الأرضية:



ثانياً الرياح

1- منشأ الرياح:

يختلف الضغط الجوي من مكان لآخر ومن منطقة لأخرى كما وتؤثر درجة الحرارة تأثيراً كبيراً في توزيع الضغط الجوي على سطح الكرة الأرضية.

ومن الملاحظ أن الهواء الجوي الملامس للأرض عندما يسخن يتمدد ويرتفع للأعلى في الجو مشكلاً تيارات صاعدة بينما يبرد هذا الهواء الصاعد فيهب نتيجة لزيادة كثافته مشكلاً تيارات هوائية هابطة. وتعد العملية من جديد مشكلة حركة للهواء بملامسة سطح الأرض ابتداءً من المنطقة الباردة نحو المنطقة الحارة فتتشكل بذلك دورة هوائية تنج من المنطقة الباردة إلى المنطقة الحارة.

إن هذه الدورة الهوائية الخاصة هي ما يطلق عليه بالرياح .

فالرياح إذا عبارة عن الحركة الأفقية للهواء ما بين مكانين مختلفين في الضغط الجوي.

والرياح غير مرئية، إنما يستدل عليها من الظواهر والآثار التي تحدثها وتكون على نوعين:

1- الرياح العلوية وتوجد في أعالي الجو.

2- الرياح السطحية وتوجد بالقرب من سطح الأرض.

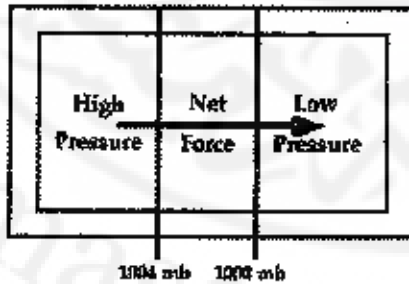
وتعبر الجهة التي تصدر منها الرياح عن اتجاهها فيطلق على الرياح التي تهب من الغرب الرياح

الغربية والتي تهب من الشرق الرياح الشرقية وهكذا...

2- القوى التي تتحكم بالرياح:

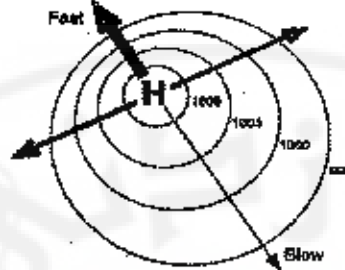
تؤثر على الرياح عدة قوى تسبب حركتها وتتجاذب محصلتها لتأخذ مسارها الموازي لخطوط الضغط.

أولاً - قوة اختلاف الضغط:



إن اختلاف الضغط ما بين منطقتين متفاوتتين في درجة الحرارة يتولد عنه قوة تنج من الضغط المرتفع إلى الضغط المنخفض مولداً الحركة الأولية للرياح التي تتناسب طردياً مع هذه القوة. أي كلما

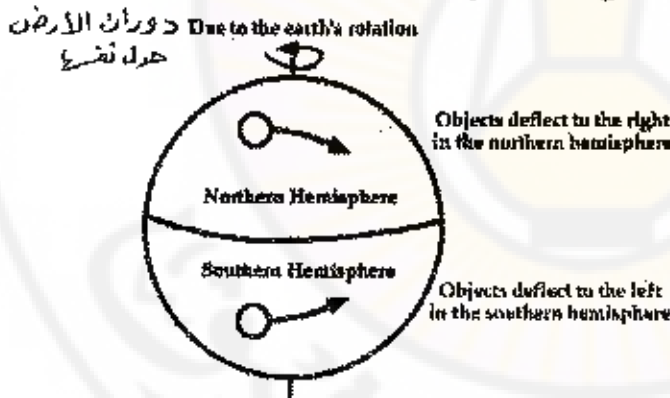
زادت قيمة تدرج الضغط (أي تقاربت خطوط الضغط المتساوية من بعضها) كلما زادت سرعة الرياح كما في الشكل الموضح



اسمياً 2- قوة كوريولوس :

وهي القوة الناجمة عن دوران الأرض حول نفسها حيث ينجم عن دوران الأرض حول نفسها من الغرب إلى الشرق تأثير على الرياح الهابة في مناطق الأرض المختلفة والمتأثرة بهذا الدوران. إذ ما أن تبدأ الرياح بالتحرك من مركز الضغط المرتفع تجاه الضغط المنخفض حتى تبدأ قوة كوريولوس فعلها حارفة الرياح إلى يمين خط انحدار الضغط- المتعامد مع خطوط الضغط المتساوية- في نصف الكرة الشمالي، وإلى يسار خط الضغط في نصف الكرة الجنوبي. وتتناسب هذه القوة مع سرعة الرياح ومع خطوط العرض فتكون على أشدها في القطبين وتصبح معدومة عند خط الاستواء.

قوة كوريولوس = (ضعف السرعة الزاوية لدوران الأرض) (سرعة الرياح) (جيب عرض المكان) ويمكن القول أن قوة كوريولوس تؤثر في اتجاه الرياح ولا تؤثر في سرعتها أو قوتها.



اسمياً 3- قوة التسارع المركزي:

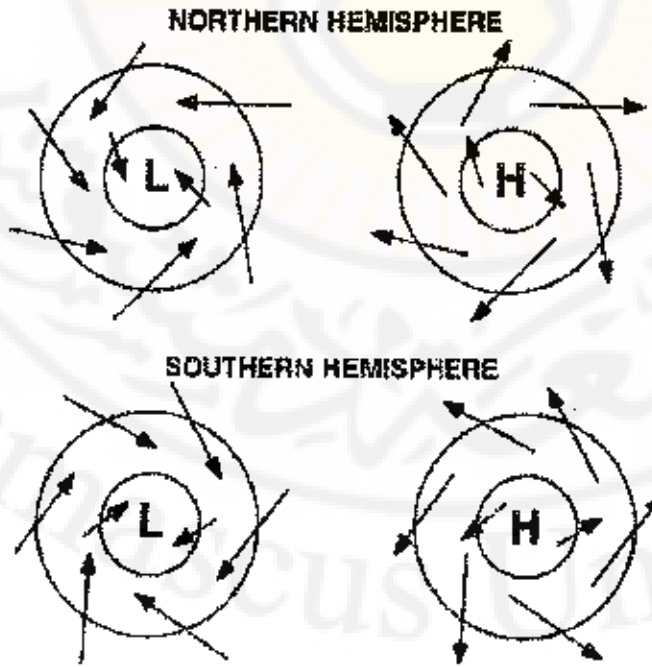
إن أي جسم يتحرك بطريق منحني لا بد وأن يتسارع باتجاه مركز الدوران تحت تأثير قوة الجذب المركزية ولما كان لكل فعل رد فعل، لذلك فإن قوة التسارع المركزية يقابلها قوة طاردة مركزية ناتجة عن سرعة الجسم الدائر حول المركز وباتجاهه وتقوم هذه القوة بإبعاد الجسم المتحرك عن المركز، وتتناسب درجة فعلها طردياً مع مربع سرعة الرياح . وبما أن الأرض في حالة دوران لذا فإنها تمارس قوة طاردة مركزية للأجسام المتحركة على سطحها تعاكس قوة الجذب لتلك الأجسام نحو مركزها.

وبما أن سرعة دوران الأرض عند خط الاستواء أكبر من سرعتها عند القطبين لذا فإن القوة الطاردة المركزية تقل باتجاه القطبين وتكون هذه القوة متجهة من محور الأرض نحو الخارج.

رابعاً قوة الاحتكاك:

وهي عبارة عن القوة الناتجة من تأثير احتكاك الرياح بسطح الأرض وتحت تأثير هذه القوة تقل سرعة الرياح لتتهبط إلى حوالي ثلث سرعة الرياح العليا غير المتأثرة بالاحتكاك .
كما يتغير اتجاه الرياح السطحية بفعل الاحتكاك بحيث تنحرف نحو اليسار باتجاه الضغط المنخفض بزاوية قدرها 20-30 درجة. ويكون تأثير قوة الاحتكاك أكبر ما يمكن عند سطح الأرض في حال جريان الهواء فوق سطح خشن ويقل تأثير هذه القوة مع الارتفاع حتى تصبح مهملة عند قمة طبقة الاحتكاك على ارتفاع يقارب من 500-1000م.
حركة الرياح:

إن اتجاه الرياح السائد متعلق بمصدرها وعلى هذا الأساس فإن الرياح تتجه من منطقة الضغط المرتفع إلى منطقة الضغط المنخفض إلا أنها لا تصل مباشرة إلى المركز وإنما تدور حول المنطقة وبذلك تكون حركة الرياح في مناطق الضغط المنخفض ضد اتجاه عقارب الساعة في نصف الكرة الشمالي وموافقاً لاتجاه عقارب الساعة في نصف الكرة الجنوبي في الوقت الذي تكون فيه حركة الرياح في مناطق الضغط المرتفع موافقة لاتجاه عقارب الساعة في نصف الكرة الشمالي. وهذا ما نجده واضحاً في قانون بويزيلوت والذي يمثل العلاقة التي تربط اتجاه الرياح بمناطق توزيع الضغط الجوي وينص على أنه إذا وقف الإنسان في نصف الكرة الشمالي وظهره للرياح فإن منطقة الضغط المرتفع تقع على يمينه ومنطقة الضغط المنخفض تقع على يساره.



2 * العوامل المؤثرة في الرياح:

1* - التغيرات اليومية: من الملاحظ أن سرعة الرياح تكون عالية في النهار عنها في الليل ويعود ذلك لارتفاع درجة حرارة سطح الأرض في النهار الذي يؤدي لجو أقل استقراراً في الطبقات السفلى من الجو. إذا تبعاً لدرجة الحرارة وتغيراتها اليومية تتأثر الرياح وتزداد سرعتها تدريجياً إلى أن تصل إلى سرعتها العظمى حوالي الساعة الثالثة ظهراً ثم تتناقص سرعتها إلى أن تصل إلى أدنى قيمة لها عند شروق الشمس خصوصاً وأن برودة الليل تسبب التشعب الأرضي الكبير وهذا يؤدي لأن يكون الهواء شبه مستقر عنه في النهار بجوار سطح الأرض.

2* - التغيرات الفصلية: وتأخذ هذه التغيرات طابعاً موسمياً كما في الهند حيث تهب عليها الرياح الجنوبية الغربية في الصيف والرياح الشمالية الشرقية في الشتاء ورياح الخماسين في مصر. وبذلك تكون تغيرات الرياح تابعة لفصول السنة لأن مناطق الضغط الجوي وتوزعاتها تتغير حسب فصول السنة وينتج عن ذلك الاختلاف الفصلي لاتجاهات الرياح.

3* - التغيرات مع الارتفاع: تتغير الرياح مع الارتفاع فالرياح السطحية تتأثر بعامل الاحتكاك مع سطح الأرض ويقل هذا العامل بالارتفاع فتتحرر الرياح من تأثيره كلما ارتفعنا في الجو واعتباراً من ارتفاع يزيد عن النصف كيلو متر فوق سطح الأرض يمكن إهمال عامل الاحتكاك. وبالنسبة فإن سرعة الرياح تزداد مع الارتفاع.

4* - تغيرات الرياح مع التضاريس: تتأثر سرعة الرياح واتجاهاتها كثيراً بوضعية الشكل الظاهري لسطح الأرض وهكذا نلاحظ في مناطق السفوح والهضاب أو المرتفعات التي تتفاوت في ارتفاعها وانحدارها نشوء رياح محلية خاصة، كما وأن الرياح الإجمالية القادمة تتأثر بوضعية هذه المرتفعات فتؤدي لحالات من الاضطراب أو تغير في الاتجاه أو الصعود نحو الأعلى (الرياح الصاعدة) أو الهبوط نحو الأسفل (الرياح الهابطة) وبالتالي ينعكس هذا التأثير على سرعة الرياح بالإضافة لاتجاهها.

4- أنواع الرياح:

تنسب الدورة الهوائية العامة في وجود الرياح التي تؤدي بالتالي لإيجاد نظام شبه ثابت لهذه الرياح وهكذا يمكن تمييز المجموعات الأربعة التالية:
أولاً مجموعة الرياح الدائمة:

1- الرياح التجارية The Trades¹

وتهب من مناطق الضغط المرتفع فوق منطقة مدار السرطان في نصف الكرة الشمالي، وفوق منطقة مدار الجدي في نصف الكرة الجنوبي، وتتجه نحو منطقة

الضغط المنخفض الاستوائي الدائم (منطقة الهدوء الاستوائي)، كما يوضح ()، وتحل هذه الرياح محل الهواء الصاعد عند هذه المنطقة.

2-الرياح العكسية (الغربية) The Westerlies

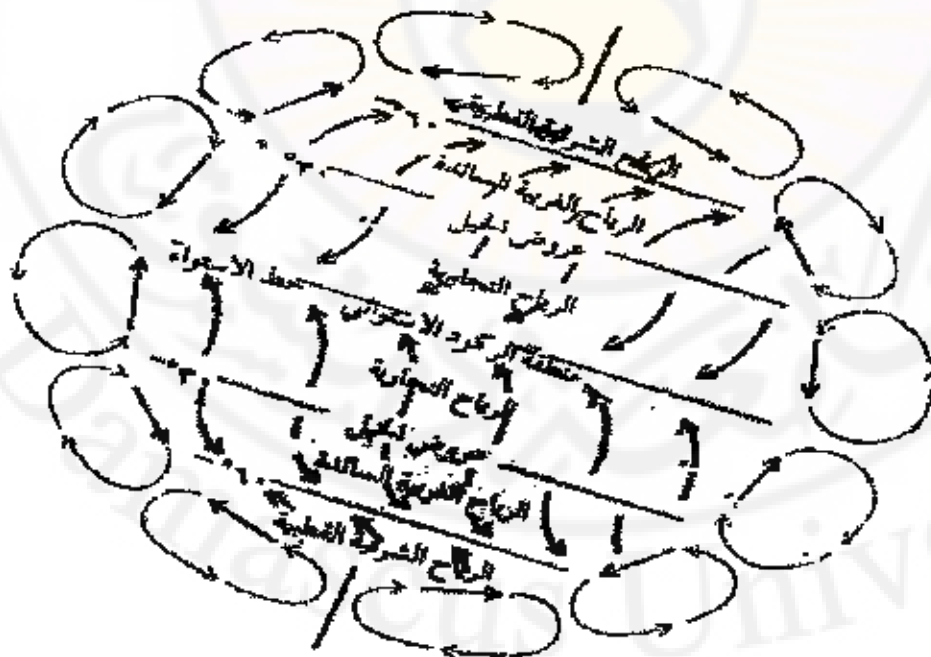
ويكون اتجاهها جنوبياً غربياً في نصف الكرة الشمالي، وشمالياً غربياً في نصف الكرة الجنوبي، وتدفع هذه الرياح من مناطق الضغط المرتفع شبه المدارية إلى مناطق الضغط المنخفض شبه القطبية. وتتسم هذه الرياح بأنها أشد حرارة من المناطق التي تنساب إليها، لذلك فهي تعمل على تخفيف حدة البرودة.

3- الرياح القطبية :

وتنتج من مراكز الضغط الجوي المرتفع عند القطبين الشمالي والجنوبي إلى مراكز الضغط المنخفض عند العروض المعتدلة الباردة. وتكون شمالية شرقية في نصف الكرة الشمالي، وجنوبية شرقية في نصف الكرة الجنوبي.

الشكل الرقم (١٠٤)

نطاقات هبوب الرياح الدائمة ودورة الرياح العامة



ثانياً مجموعة الرياح الموسمية:

وهي التي تهب خلال فصل معين تبعاً للتغيرات الفصلية التي تطرأ على درجة الحرارة والضغط الجوي ومن هنا أتت تسميتها. وتتصف الموسميات الصيفية بكونها بحرية رطبة وهي ذات مصدر جنوبي في نصف الكرة الشمالي وينجم عنها أمطار غزيرة وفيضانات. أما الموسميات الشتوية فتكون قارية المنشأ وهي جافة وباردة تهب شتاء من اليابسة التي تكون مركز لضغط مرتفع.

ثالثاً - الرياح المحلية Local Winds

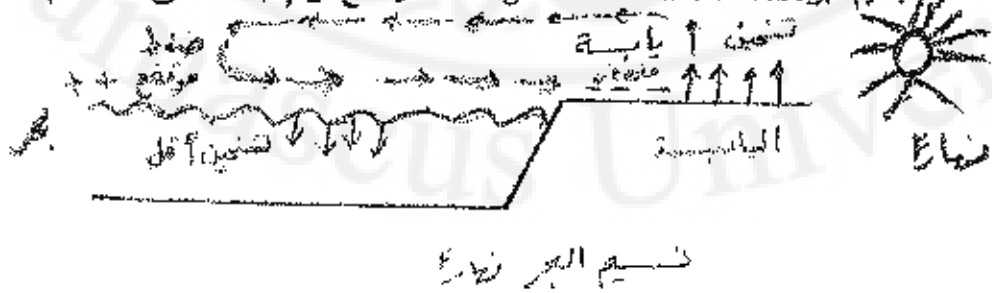
تعد هذه المجموعة من الرياح ذات تأثير محلي، بمعنى أنها تهب فوق مناطق محدودة الاتساع من سطح الأرض وخلال أوقات زمنية قصيرة.

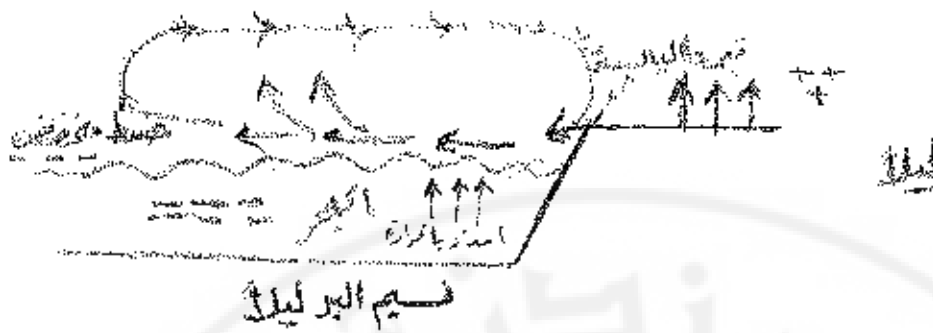
وتنقسم الرياح المحلية إلى الأنواع التالية:

- رياح تنشأ نتيجة مجاورة اليابس والماء، وهي ما تعرف بنسيم البر والبحر.
- رياح تنشأ نتيجة تنوع الأشكال التضاريسية، وتعرف بنسيم الوادي والجبل.
- رياح ترتبط بالانخفاضات الجوية.

- نسيم البر والبحر Land and Sea Breezes

وتحدث في المناطق الساحلية، بسبب اختلاف الحرارة النوعية لكل من اليابس والماء، حيث يسخن اليابس أثناء النهار بسرعة ويتشكل ضغط منخفض، بينما يتسخن البحر بشكل أقل وتكون قيمة الضغط مرتفعة عنده، وهذا يؤدي إلى حدوث تيار أو نسيم من البحر نحو اليابسة ويسمى بنسيم البحر Daytime Sea Breeze، يعمل على تلطيف درجة حرارة اليابس أثناء النهار، أما أثناء الليل فيحدث العكس، حيث يبرد اليابس بسرعة فيتكون عليه ضغط مرتفع نسبي، بينما يكون الهواء فوق سطح الماء دفئاً (ضغط منخفض). فيندفع الهواء من اليابس نحو البحر، وهو ما يعرف بنسيم البر Night - Time Land Breeze. كما يوضح من (الشكل).

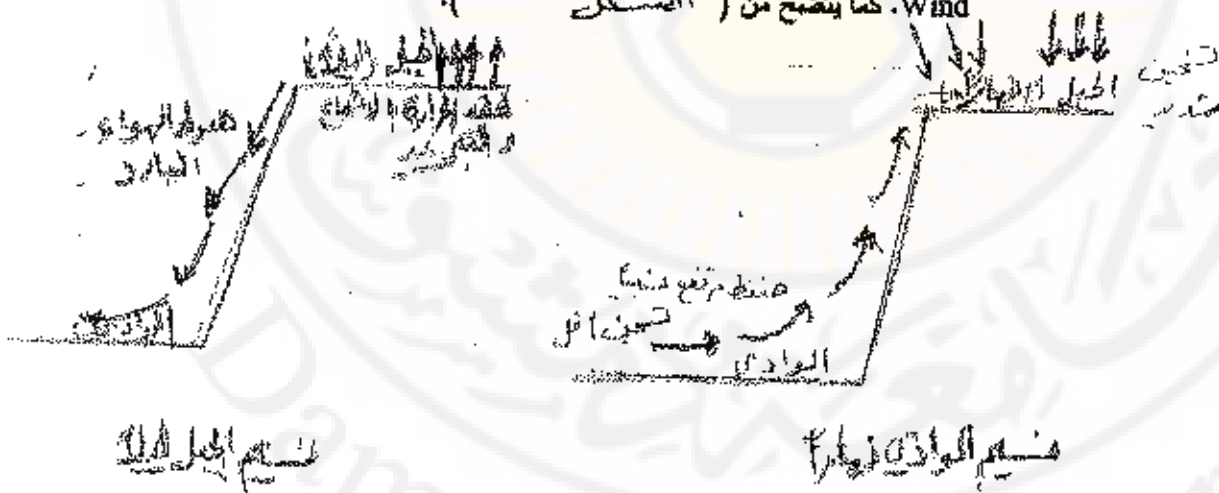




- نسيم الوادي والجبل Mountain and Valley Breezes

نتيجة للاختلافات التضاريسية المحلية لبعض أجزاء من سطح الأرض، تختلف درجة حرارة الهواء الممثل فوق المناطق الجبلية المرتفعة عن حرارة الهواء فوق المناطق السهلية. ففي أثناء النهار، يزداد التسخين فوق المرتفعات بصورة أكبر مما هو عليه في المنخفضات ويتشكل نتيجة لذلك ضغط منخفض في الجبال ويرتفع في الواديان ويتحرك الهواء من منطقة الضغط المرتفع إلى منطقة الضغط المنخفض أي من الواديان نحو الجبال وهذا ما يسمى بنسيم الوادي ، Anabatic Wind. وهو يساعد على سرعة نمو الأشجار المثمرة والنباتات.

أما أثناء الليل فيتحرك الهواء البارد من سطوح الجبال نحو الأودية والمناطق المنخفضة المجاورة. ويعرف هذا الهواء الهابط باسم نسيم الجبل Katabatic Wind. كما يتضح من (الشكل 4).



4- الرياح المحلية المرتبطة بالاختلافات الجوية :

وهي تنقسم إلى نوعين هما:

* أ- الرياح المحلية الحارة

وتتمثل في رياح الخماسين على مصر، ورياح السموم على شبه الجزيرة العربية، والهبوب على السودان، والقبلي على ليبيا، والسيروكو على السواحل الشمالية الغربية لأفريقيا (خاصة تونس والجزائر والمغرب). وتعتبر البحر المتوسط إلى جزر صقلية وسردينيا، وجنوب فرنسا، والسواحل الشرقية لآسيا، ورياح الهرمتان على ساحل غرب أفريقيا. وتهب معظم هذه الرياح في فصل الربيع وتكون محملة بالأتربة والرمال.

* ب- الرياح المحلية الباردة

وتتمثل في رياح الميسترال Mistral ، على وادي الرون بفرنسا وتهب في فصل الشتاء وهي شديدة البرودة، ورياح البورا Bora الباردة على شمال إيطاليا، ورياح البوستلز Busters على السواحل الجنوبية الشرقية لأستراليا، ورياح النورثر (الشمالية) Norther وتهب على وسط وجنوب الولايات المتحدة الأمريكية.

ومن مجموعة الرياح المحلية تيارات الفوهن:

هي رياح يحدث كثير من تغيير في صفاتها أثناء هبوطها فوق السفوح المعاكسة لجهة هوائية وهي من الخصائص المميزة لمناخ السفوح الشمالية بجبال الألب وأصلها رياح جنوبية حارة شديدة الجفاف قادمة من شمال أفريقيا وتترطب بعبورها البحر المتوسط وما أن تصطدم هذه الرياح بمقدمة جبال الألب الجنوبية حتى تصعد للأعلى مما يجعلها تتبرد ذاتياً فإذا كانت رطوبة الهواء مرتفعة أدى ذلك إلى تكاثف بخار الماء ونشر الحرارة الكاملة وما أن يعبر الهواء قمة جبال الألب حتى يهب على السفح الشمالي ويتسخن ذاتياً بالانضغاط ويستمر الهواء في الهبوط وزيادة معدل التسخين (لم لكل 100م ارتفاع) فترتفع درجة الحرارة سريعاً ليصل إلى قاعدة السفح الشمالي وهو حار جداً.

الفصل السادس
الكتل الهوائية والجبهات

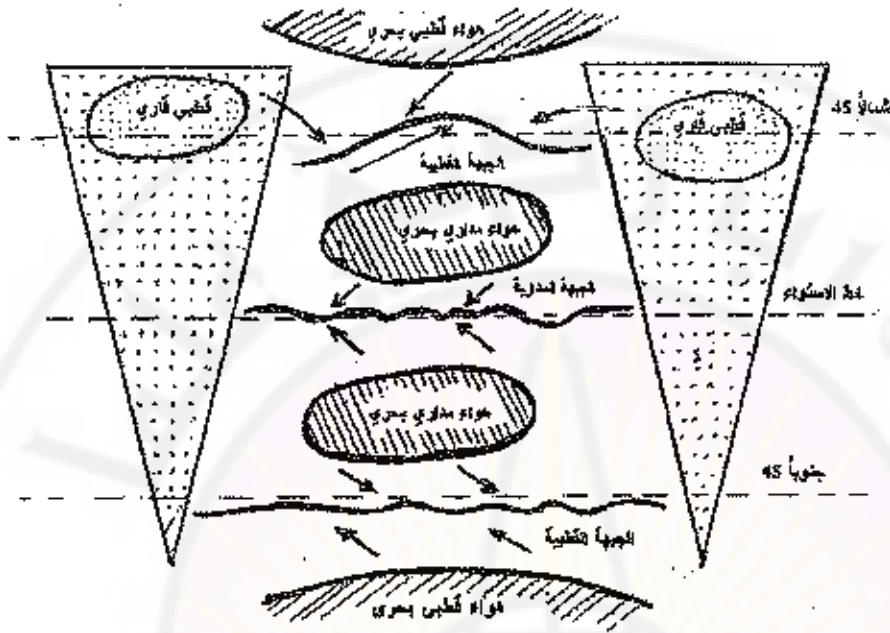
6-1 الكتلة الهوائية: Air Mass

عبارة عن كميات هائلة من الهواء تتصف بدرجات حرارة ورطوبة متجانستين تقريباً في الاتجاه الأفقي وعند مستويات مختلفة، وتتميز بصفات طبيعية وجوية تميزها عن غيرها من حيث المنشأ والفاصلية والتأثير. يتراوح اتساع المنطقة التي تغطيها كتلة هوائية بين 200 ألف وحتى مليون كم²، وقد تصل سماكتها بضعة آلاف من الأمتار (3000م أو أكثر). إن ما يملح الكتلة الهوائية صفاتها العامة هو ما يلي:

- 1- طبيعة منطقة المنشأ (يابسة أم محيطات)
- 2- التغيرات التي تحدث لها أثناء تحركها مسافات طويلة.
- 3- عمر الكتلة الهوائية.

6-1-1 مصادر الكتلة الهوائية وشروط تشكلها:

تعرف المناطق التي تتشكل فيها الكتلة الهوائية بمناطق المنابع وهي المناطق الرئيسية للضغط الجوي المرتفع ثم تنتقل من أماكنها نتيجة تغير توزيع الضغط فتقطع مسافات طويلة تبلغ آلاف الكيلو مترات والشكل (1-6) يمثل منابع الكتل الهوائية والجبهات على قارات افراضية.



شكل رقم (1-6) تمثيل نظري للكتل الهوائية ومنابعها

أهم الشروط الواجب توفرها لتشكل الكتلة الهوائية هي :

1. تجانس السطح الذي تتشكل عليه الكتلة الهوائية من حيث مظهره وصفاته العامة .
 2. بقاء الهواء مستقراً فوق المنطقة فترة كافية من الوقت تجعله يكتسب المميزات المناخية لهذه المنطقة .
 3. استقرار الجو وهدهده وعدم وجود تغيرات أو اضطراب جوي .
 4. تكون المنطقة مسطحاً من اليابسة شديد الاتساع أو مسطحاً مائياً شامساً وذلك لتوحيد الصفات الطبيعية للكتلة الهوائية.
 5. أن تكون المنطقة مركزاً لضغط جوي مرتفع ضخم يشكل في امتداده الأفقي مساحات شاسعة وله امتداد رأسي يتجاوز آلاف الأمتار ، ومثل هذا لا نجده إلا في الأصقاع المسهلية للشاسعة من كندا وسهول سيبريه ومناطق الجليد الدائم في القطبين.
- تقع أية منطقة ضغط مرتفع فيضها الهوائي إلى مناطق الضغط المنخفض المتحللة هوائياً ، لكن الضغوط المرتفعة الموقنة التي تتشكل لبضعة ساعات لا تمتلك القدرة على الامتداد الشاقولي والأفقي ، مما يجعل امتدادها الشاقولي لا يتجاوز بضعة أمتار أو مئات الأمتار ، كما في الضغوط التي تتشكل نسيم البر ونسيم البحر .

2.1.6 استقرار واضطراب الكتل الهوائية :

يعبر استقرار الجو عن الحالة التوازنية للهواء ، وهناك حالتان للاستقرارية ، فإمسا أن يكون الهواء مستقرا أو مضطربا.

أ. الاستقرار Stability :

يكون الجو مستقرا عندما يكون متطبقا حسب الكثافة (الأكثر كثافة في الأسفل والأقل كثافة في الأعلى) وهذا يعني خلو الجو من التيارات الصاعدة والهابطة وحتى الاضطرابات الجوية . فعندما تتحرك كتلة هوائية نحو منطقة أبرد منها فإن هواءها في طبقتها السفلى سيبرد ويبقى ملاصقا لهذا السطح ، مع انتقال البرودة ببطء شديد نحو الأعلى ، ولا تحدث فيه اضطرابات جوية ، لأن الهواء متطبق حسب كثافته وتعرف الكتلة عندئذ بالمستقرة . ويحدث الاستقرار عندما يكون معدل التناقص الحراري للوسط أقل من معدل التناقص الحراري الذاتي الجاف أو الرطب ويتحقق ذلك في الحالات التالية .

1. حدوث تبريد حراري ليلي لسطح الأرض وبخاصة في الأيام الصحو ، يرافقه انقلاب حراري.
2. مرور كتلة هوائية حارة فوق سطح بارد .
3. وجود مناطق ضغط جوي مرتفع ، لأن حركة الهواء عندئذ متضاغطة ، ويساعد الجو المستقر في الهواء الرطب على تشكل الضباب والغيوم الطبقة .

ب . الاضطراب الجوي Instability :

يعبر عن الحالة التي يكون فيها الهواء متطبقا بعكس كثافته (الأقل كثافة في الأسفل) ولا بد لبلوغ التوازن أو الاستقرار من حدوث حركات صاعدة وهابطة واضطراب جوي ، يحدث مثل هذا الوضع عند تحرك كتلة هوائية باردة نحو سطح دافئ منها ، مما يسخن هواءها من قاعدته فتتخفف بالتالي كثافته ، يتبعها حركات صاعدة من الأسفل يقابلها حركات هابطة من الأعلى والشكل رقم (6-2) يوضح حالة الاضطراب .

2. السطح الذي نشأت فوقه : هل هو بحري أم قاري وهذا يتكون لدينا كتل هوائية بحرية وأخرى قارية. واستناداً إلى ما سبق ذكره يمكن التمييز بين مجموعتين من الكتل الهوائية :

1.3.1.6 كتل هوائية باردة :

تتصف بانخفاض حرارتها ويكون بعضها جافاً والآخر رطباً حسب منطقة التشكل (بحار أم قارات) ومنها نميز نوعين رئيسيين منها :

أ. كتل هوائية متجمدة قطبية :

تكون شديدة البرودة والجفاف كونها تتشكل فوق عرض مرتفعة (75-90) من الدائرتين القطبيتين حيث يسود ضغط مرتفع .

ب. كتل هوائية شبه قطبية :

وهي تتشكل في عرض أدنى (45-65) شمالاً وجنوباً فوق المحيطات والقارات ، ولذا فهي إما قطبية قارية باردة جافة تتشكل فوق سيبيريا وكندا الشمالية في نصف السنة الشتوي واللذان تغطيان بنظام ضغط مرتفع ، أو تكون قطبية بحرية باردة ورطبة ، تتشكل فوق المحيط الأطلسي الشمالي والهادي الشمالي والمحيط الجنوبي .

2.1.3.6 كتل هوائية دافئة :

مصدرها حركات الضغط المرتفع شبه المداري التي تتمركز بين خطي عرض (25-35) شمالاً وجنوباً وهي تكون إما قارية جافة منبعها شمال أفريقيا أو جنوب أمريكا الشمالية . أو بحرية رطبة تهب من المحيطات المدارية .

1.4.6 تغيرات الكتل الهوائية :

مادامت الكتل الهوائية في مكان تشكلها فإنها تكون ثابتة الخواص ، ولكن بمجرد أن تتحرك باتجاه مناطق الضغوط المنخفضة تخضع لتغير في حرارتها ورطوبتها ويعود ذلك إلى :

1. عامل حراري - حركي (ترموديناميكي) :

تسخن أي كتلة تتحرك نحو مناطق أدنى من منطقة منبعها اعتباراً من قاعدتها مما يدفعها نحو عدم الاستقرار الذي يترافق مع تزايد تسخينها من أسفلها ، يترافق ذلك مع نشوء حركات رأسية فيها ، أما إذا تحركت الكتلة الهوائية نحو مناطق أبرد من منطقة منبعها فستبرد من قاعدتها مما يزيد من استقرارها .

2. عامل حركي (ديناميكي) :

يتمثل بتغيرات الضغط والاستقرارية في الكتلة الهوائية عند تحركها من

مكان إلى آخر ، وذلك من خلال :

- أ. تأثير الهواء بالاحتكاك بسطح الأرض الخشن واصطدامه بعوارضه المائلة فوقه (جبال ، تلال ، كتل عمرانية ونباتية) مؤديا إلى حدوث مزج في الكتل الهوائية وتغير في حالتها .
- ب. عمليتي التجمع والتفريق التي يتولد عنهما حدوث حركات هابطة وأخرى مساعدة في الهواء ، فالكتلة الهوائية التي تدخل ضمن منطقة تجمع وترتفع للأعلى ستصبح غير مستقرة ، بينما تميل الكتلة التي تقع ضمن منطقة تفرق إلى الاستقرار ، ويبرز هذا واضحا في الأجزاء العليا من طبقة التروبوسفير .

1.5.6 تأثير الكتل الهوائية على الأحوال الجوية :

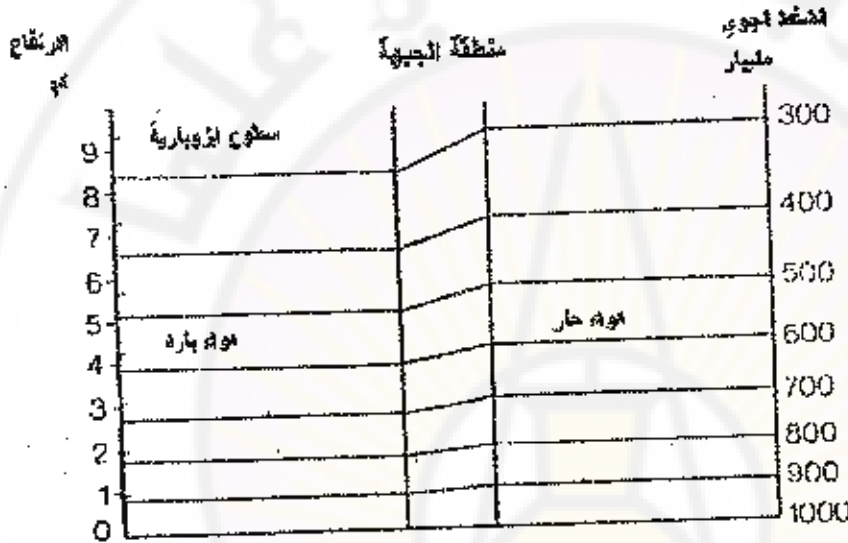
يتحدد مسار وطبيعة الأحوال الجوية من خلال مساطق الضغط الجوي المرتفع والمنخفض ، التي تنشأ وتتطور ثم تنتقل أو تبقى في مكانها فترة طويلة مستقرة .
كذلك الحال بالنسبة للكتل الهوائية التي تحمل صفاتها الحرارية والرطوبة .. الخ إلى المناطق التي تتجه نحوها ، صحيح أن الكتل الهوائية تخضع إلى تغير مستمر أثناء حركتها ، ولكن غالبا ما تسيطر نفس الكتلة الهوائية وعلى مدى عدة أيام على حالة الطقس في منطقة ما .
يحصل التبدل في الأحوال الجوية نتيجة تبدل الكتل الهوائية ، التي تأخذ صفات مناطق نشوئها إضافة إلى تأثير السطوح التي تمر فوقها وخط العرض الجغرافي لكنها لا تلبث أن تفقد أثناء حركتها الكثير أو القليل من صفاتها ، بمعنى أن منطقة مصدر الكتل الهوائية ومسارها ، يعطينا صورة واضحة عن صفات الطقس المتوقع وظابعه .
هناك مناطق تتأثر بنوع واحد من الكتل الهوائية ، كما هو الحال في الأجزاء الجنوبية من الصحراء الكبرى التي تتأثر بالكتلة المدارية القارية مسببة استمرار الطقس الحار الجاف ، بينما نجد أن مناطق عديدة في العالم تتأثر بأكثر من نوع من الكتل الهوائية كما في سورية التي تخضع لسيطرة الكتل القطبية في فصل والمدارية في فصل آخر ، وكثيرا ما تتداخل الكتل القطبية في العروض الوسطى بالكتل المدارية مؤدية إلى حدوث اضطرابات جوية تبدو واضحة في التأثير على الأحوال الجوية في نصف السنة الشتوي .
أحيانا تصل الكتل الهوائية بطرق غير مباشرة ، لذلك فإن اتجاه الرياح لا يسمح دائما بتحديد مصدرها ، ولكن بوضع عدة خرائط متتالية للطقس يظهر المصدر كما يمكن التنبؤ أيضا بالكتل الهوائية الجديدة التي تتحرك باتجاهنا .

47

2.6 الجبهات الجوية Atmospheric Fronts

1.2.6 تعريف الجبهة الجوية :

عبارة عن سطح فاصل بين كتلتين هوائيتين مختلفتين في صفاتهما (خاصة الحرارة والرطوبة) ومتعاكستين في اتجاههما ، بحيث يقود هذا التعاكس إلى تقابلهما وتصادمهما مع بعض ، انظر الشكل رقم (3-6)



شكل رقم (3-6) انخفاض الضغط الجوي مع الارتفاع في الهواء البارد والحر وفي منطقة التماس في منطقة الجبهة هناك تزايد في مجال الضغط من الأسفل إلى الأعلى .

وسطح الانفصال الذي يرسم على خرائط الطقس كخط هو في الحقيقة منطقة انتقالية بين الكتلتين الهوائيتين . موقع هذا السطح في الجو وطبيعة الكتلتين الهوائيتين على جانبيه ذات أهمية كبرى في تحليل حوادث الطقس والتغيرات التي ستطرأ قريباً على الأحوال الجوية.

2.2.6 شروط تشكل الجبهات :

يتطلب تشكل الجبهات الهوائية توفر شرطين متلازمين هما :

1. تناقض درجة الحرارة والرطوبة بين كتلتين هوائيتين ، بحيث تكون إحدا هما أكثر برودة وبالتالي أكثر كثافة من الأخرى .
2. الحركة الجوية العامة التي تساهم في تحقيق التلاقي والتصادم بين الكتلتين الهوائيتين .

قهما متلازمان ، فمثلاً لا يوجد دائماً جبهة على شواطئ البحار في الصيف أو الشتاء رغم تباين خصائص الهواء فوق البحار واليابسة ، كما لا تتشكل دائماً جبهة بين الرياح التجارية الشمالية والجنوبية ، رغم أن هذه الرياح تتلاقى دائماً .

لذلك تكون الجبهات أكثر وضوحاً عندما تكون الكتل الهوائية أكثر تبايناً في صفاتها وتحركاتها أكثر تضاداً . وعلى العكس ، عندما تضعف أو تتلاشى الشروط التي تحافظ على الاختلاف بين الكتل الهوائية الموجودة ، وعدم وجود حركة جوية تحقق التلاقى المطلوب ، فإن ذلك يؤدي إلى تحال الجبهة .

ويؤدي استقرار جبهة ما فوق سطح متجانس فترة طويلة إلى جعل الكتلتين الهوائيتين تكتسبان نفس الصفات ، مما يؤدي إلى تبديد الفروق الموجودة بينهما وبذلك تزول الجبهة ، كما يمنع تحرك الكتلتين في مسارات متوازية وبنفس السرعة التماس والتصادم بينهما ويعمل على تلاشي الجبهة .

3.2.6 خصائص منطقة الجبهة الهوائية :

تشكل الجبهة منطقة انتقالية بين كتلتين هوائيتين وهي مختلفة السعة ومترجمة في صفاتها الحرارية والرطوبة ، وتختلف سعة الجبهة من 80 - 200 كم ، وكلما قلت سميتها ازداد معدل تغير درجة الحرارة في واحدة المسافة والذي يمكن أن يبلغ 1.5 - 2.2 درجة مئوية/كم ، كما أن الامتداد الأفقي للجبهة يزيد على 100 كم ليصل آلاف الكيلومترات في الجبهات الكبرى .

لا يكون سطح الانفصال بين الكتلتين الهوائيتين أفقياً بل مائلاً باتجاه الهواء البارد الأكثر كثافة ، حيث يقوم الهواء البارد بالانزلاق تحت الهواء الحار على شكل إسفين ويبقى هذا الوضع حتى يتحقق التوازن أي تنعدم الحركات الشاقولية للهواء . تبقى الجبهات دائماً في حالة حركة وتقل ، ونادراً ما تستقر فترة طويلة في مكان واحد وذلك بسبب التسابق بين الكتلتين المختلفتين ، إذ لا بد أن تتقدم إحداهما لتسيطر وتسود على الأخرى .

4.2.6 تصنيف الجبهات الهوائية :

تصنف الجبهات تبعاً لحجم الكتل الهوائية إلى جبهات كبرى وجبهات صغرى .

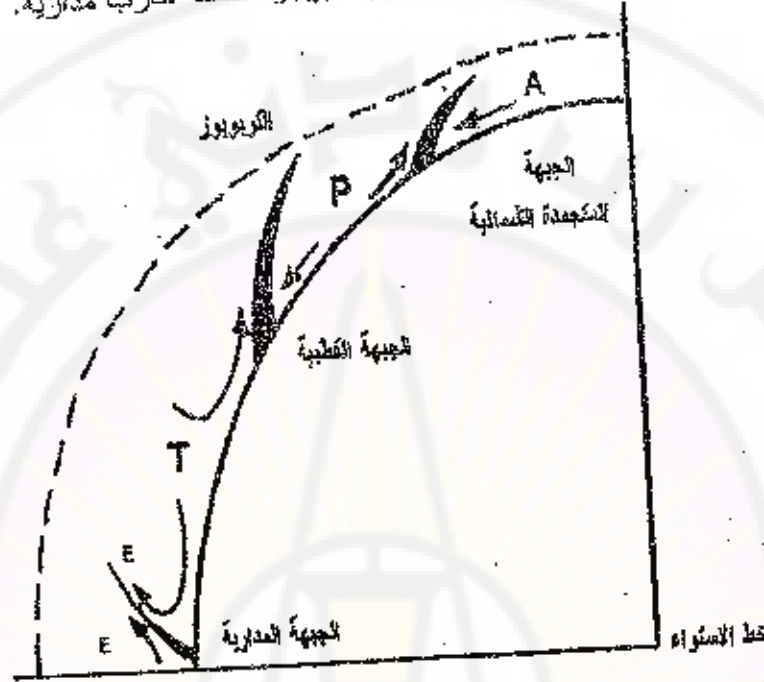
1.4.2.6 الجبهات الكبرى : تتضمن ثلاث جبهات رئيسة موضحة في الشكل رقم (4-6)

وهي :

49

أ. الجبهة المدارية Tropical Front :

تفصل هذه الجبهة بين الرياح التجارية الشمالية الشرقية والجنوبية الشرقية (E) ، ونظراً لعدم وجود فروق واضحة بين الكتلتين الهوائيتين فإن الكتلتين لا يكونون بوجود هذه الجبهة ، وإنما بوجود منطقة تقارب مدارية.



شكل رقم (4-6) الجبهات الرئيسية الكبرى

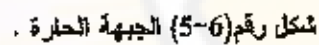
ب. الجبهة القطبية Polar Front :

تفصل هذه الجبهة بين الهواء القطبي (P) والهواء المداري (T) وتشغل المنطقة الواقعة بين خطي عرض (35-65) شمالاً وجنوباً ، وهي تعتبر من أعظم الجبهات الهوائية ، كونها الأنسب لنشوء التيارات والمنخفضات الجوية المرافقة .

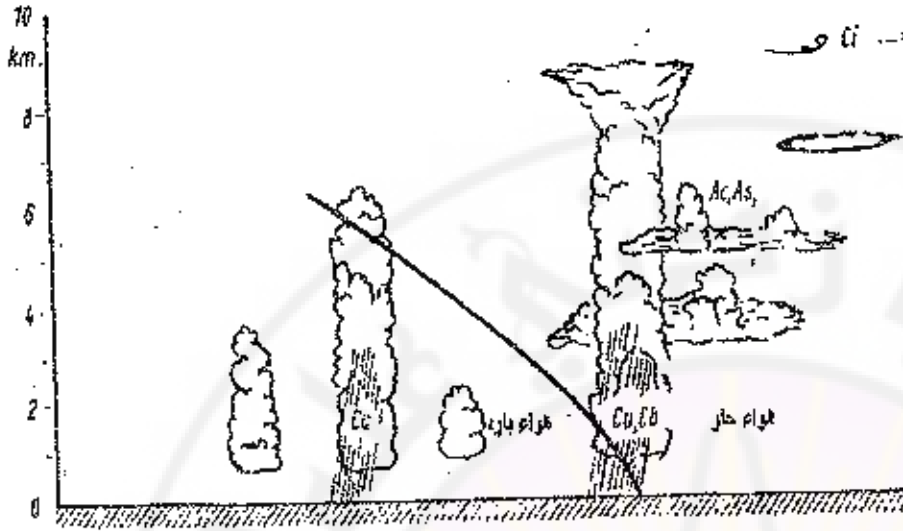
ج. الجبهة المتجمدة الشمالية Arctic Front :

تفصل بين الهواء القطبي شديد البرودة (A) والهواء القطبي الأقل برودة (P) والذي يمتد فوق المحيط الأطلسي عند خط عرض 60 شمالاً .

تتشكل عند تقدم كتلة هوائية حارة فوق منطقة ما على حساب تراجع الهواء البارد أمامها والذي كان مخبئاً على المنطقة قبل وصولها. ويميل سطح الانفصال باتجاه الهواء البارد بزاوية قدرها 0.5 - 1 درجة ، لذا فإن الهواء الحار يرتفع فوق سطح الانفصال متبرداً ومتراًفاً لمس أقل اضطراباً من الطقس المرافق لجبهة الباردة والشكل رقم (5-6) يوضح الجبهة الحارة .



تتشكل عند تقدم الهواء البارد نحو منطقة يسودها هواء حار ، حيث ينزلق الهواء البارد المتقدم تحت الهواء الحار على شكل اسفين راقعا اياه نحو الأعلى ليحل محله ، ويكون انحدار الجبهة الباردة أهد من الحارة والشكل رقم (6-6) يوضح الجبهة الباردة .



شكل رقم (6-6) الجبهة الباردة

التي تميل باتجاه الهواء البارد بزاوية 1 - 2 درجة ، ولذا فإن الهواء الحار يصعد بقوة أكبر من الجبهة الحارة ويكون الطقس المرافق لها أشد اضطراباً من سابقتها .

3.6 المنخفضات الجوية الجبهية : Front Cyclones

تعرف المنخفضات الجوية الجبهية ، باضطرابات العروض الوسطى أو أعاصير العروض الوسطى ، وهي أعاصير جبهية ذات طبيعة موجية مما دعا إلى تسميتها بالاضطرابات الموجية ، وتعد المنطقة المحصورة بين خطي عرض (30 - 60) شمالاً وجنوباً هي مجال تشكل وحركة الأعاصير الموجية التي تبرز فعاليتها بشكل مميز في نصف السنة الشتوي ، ومساحة المنطقة التي يمكن أن تغطيها المنخفضات الجبهية مختلفة ، فبعضها يغطي مساحة تزيد على 1.5 مليون كم² والبعض لا يشغل مساحة تزيد على 100 ألف كم² ، أما السماكة الشاقولية للمنخفض فتتراوح بين 9 - 12 كم ويزيد قطر المنخفض على 1500 كم ، كما تتباين المنخفضات في درجات عمقها وفعاليتها ، فتكون بعضها عميقة نتيجة زيادة فرق الضغط بين المركز والأطراف وبالتالي يكون انحدار الضغط شديداً وفعاليتها شديدة ، أما البعض الآخر فيكون ضحلاً وذا فعالية محدودة .

1.3.6 آلية التشكل :

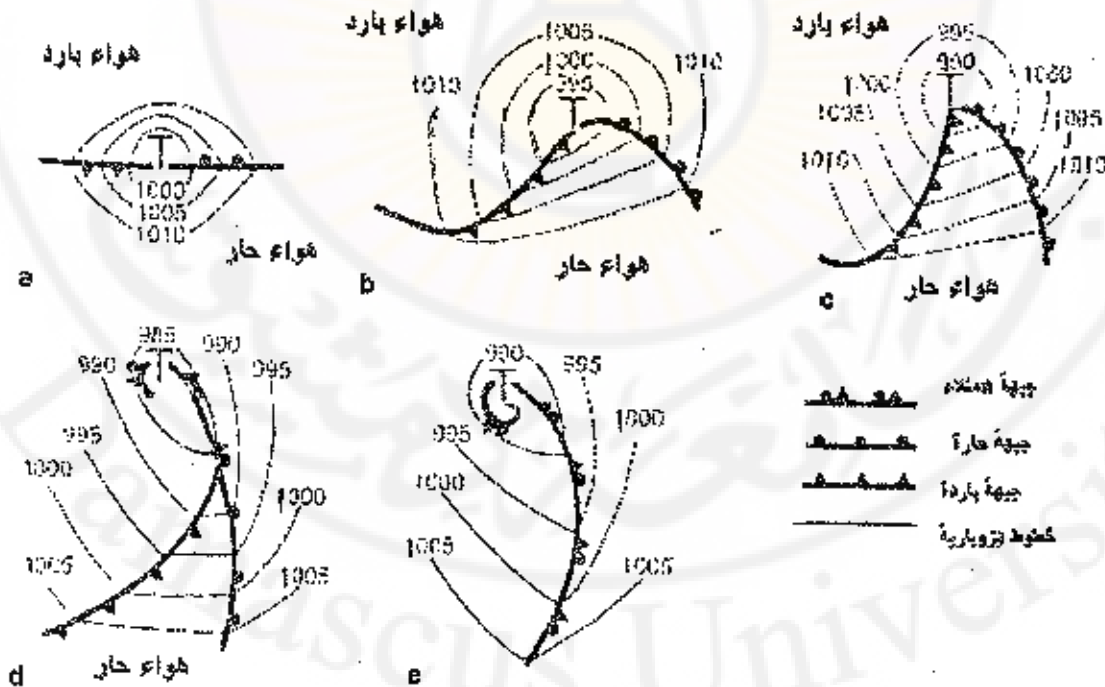
تتميز الجبهات الكبرى بكثرة تموجاتها ، والتي تمثل بداية تشكل المنخفضات الجوية الجبهية ، والتي تعزى إلى ثلاثة عوامل :

1. اختلاف الكثافة بين الكتلتين الهوائيتين ، مما يؤدي إلى نشوء أمواج تعرف بأمواج الثقالة .
2. عدم تواصل الكتلتين الهوائيتين لأسباب طبوغرافية ، ينشأ عنه أمواج تعرف بأمواج القص .
3. قوة كوريوليس ، التي تختلف فعاليتها وتأثيرها تبعاً لخط العرض الجغرافي والسرعة ، مما يؤدي إلى تولد أمواج تعرف بأمواج العطالة .

2.3.6 مراحل تطور المنخفض الجبهية :

المنخفضات الجوية الجبهية ظاهرة وتتمو ثم تتضج وتتلاشى ، ويمكن أن تتجدد تلقائياً وبالتالي تستعيد نشاطها وفعاليتها، يمكن تلخيص المراحل الحياتية للمنخفض الجوي الجبهية في الشكل رقم (6-7) :

- في البداية تكون الجبهة ساكنة ويكون هبوب الرياح موازياً لخط الجبهة وتكون الجبهة موازية للخطوط الأيزوبارية - والشكل (رقم 7 - a) يبين الجبهة الساكنة .



الشكل رقم (6-7) مراحل تطور منخفض جوي جبهية

- نتيجة للعوامل التي تؤثر على حركة الهواء ومنها قوة كوريوليس والتضاريس التي تجعل حركة هبوب الرياح تنبل نحو خط الجبهة ليشكل زاوية تختلف درجتها حسب موقع الجبهة ، كما أن تعاكس الهواء على جانبي الجبهة واختلاف كثافته يؤدي إلى حدوث التموجات وهي بداية مرحلة نشوء المنخفض الجبهي (Early Stage) - شكل رقم (7 - b) .

- تأخذ هذه التموجات الصغيرة بالكبر والانتساع والتوغل فوق سطح الانخفاض ، مما يؤدي إلى تكون منطقة أو قيمة مركزية ذات ضغط منخفض ، و يجعل الهواء البارد يتجه نحو هذه المنطقة محاولاً الوصول إلى مركزها وتكون حركته بعكس اتجاه عقارب الساعة في نصف الكرة الشمالي ، ويؤدي إلى كبر وتضج الجبهة - الشكل رقم (7 - c ، d) ، عندئذ يصبح المنخفض في مرحلة التضج (Open Stage) ومكوناً من العناصر التالية : هواء بارد في المقدمة - جبهة باردة - هواء حار (قطاع حار) - جبهة حارة - هواء بارد في الخلف .

- يأخذ الهواء البارد الخلفي في خلق القطاع الحار ، بسبب أن سرعة تحرك الجبهة الباردة هو أكبر من معدل تحرك الجبهة الحارة بنحو 8 كم / ساعة ، مما يؤدي إلى التلاشي التدريجي للقطاع الحار ، وعندئذ يلتقي الهواء البارد الخلفي مع الهواء البارد الأمامي مكوناً مرحلة الامتلاء (Occlude Stage) - الشكل رقم (7 - e) .

كثيراً ما تتجدد المنخفضات الجبهية بعد امتلائها بفعل تباين برودة الهواء الموجود في مؤخرة ومقدمة المنخفض ، عندها يلزق الهواء الأبرد تحت الهواء الأقل برودة على شكل إسفين ويرفعه نحو الأعلى ، وهنا يقال أن المنخفض قد تجدد .

أما إذا كان الهواء البارد في مقدمة الجبهة الحارة وفي مؤخرة الجبهة الباردة متجانساً ، عند تلاقيهم في مرحلة الامتلاء ، عندها يستمر المنخفض في التلاشي .

- في مرحلة التلاشي أو التحلل (Dissolving Stage) يتحول المنخفض إلى دوامة وذلك بسبب سيطرة كتلة واحدة متجانسة في مرحلة الامتلاء .

نظراً لارتفاع الهواء الحار نحو الأعلى فإن الغيوم تصبح أكثر ارتفاعاً وعندها تقل الأمطار ويتلاشى المنخفض ، وذلك لأن الهواء الحار الذي ارتفع إلى الأعلى يتبرد ذاتياً لتصبح حرارته مساوية لحرارة الهواء البارد المحيط به ، ويصبح المنخفض كتلة باردة ، وبذا يفقد المنخفض طاقته الكامنة التي يمكنها أن تتحول إلى طاقة حركية وتهدأ الحركة الدوامية ويتلاشى المنخفض الجوي لهائياً .

3.3.6 ظواهر الطقس المرافقة لمنخفض جوي ناضج :

بشكل عام يمكن الاستدلال على اقتراب منخفض جوي من خلال :

1. هبوط قيمة الضغط الجوي .
 2. ارتفاع مترآيد في درجة حرارة الهواء .
 3. انخفاض الرطوبة الجوية .
 4. هبوب رياح جنوبية أو جنوبية شرقية في نصف الكرة الشمالي .
- يترافق مرور منخفض جوي جبهي بظواهر معينة من الطقس معروفة جيداً ، وهذا يسهل عملية التنبؤ الجوي . ولأن المنخفضات الجوية تتجه نحو الشرق ، لذا فإن الظواهر المرافقة لها تنتقل معها في نفس الاتجاه ، مما جعل المثلبئين الجويين يعتمدون على ما تنبئ به المراسد الواقعة إلى الغرب ، حيث تسجل المعلومات الرصدية يوميا على خرائط الطقس التي يمكن من خلالها تحديد موقع المنخفض الجوي ودرجة فعاليته إضافة إلى سرعته واتجاهه ، وبذلك يمكن التنبؤ عن الطقس خلال 24 - 48 ساعة . وقد تكون التنبؤات غير صالحة ، وهذا يعود إما إلى تغير خط سير المنخفض أو امتلائه وتلاشييه أو تغير سرعته أو استقراره في مكان واحد لعدة أيام وعادةً يترافق المنخفض الجبهي بما يلي :
- عند اقتراب - الجبهة الحارة - التي تمثل مقدمة القطاع الحار تبدأ الغيوم بالظهور في السماء وتكون الغيوم الأولية مرتفعة ورقيقة هي الغيوم السحابية (Ci) يلي ذلك غيوم السحاب الطبقية (Cs) وكلما اقترب المنخفض ازدادت سماكة الغيوم وأخذ مستواها بالاقتراب من سطح الأرض ، حيث تظهر غيوم الطبقي المتوسط (As) السمكية مؤدية إلى هطول أمطار غزيرة ، وتلي هذه الغيوم غيوم المزني الطبقي (Ns) .
 - يلي ذلك مرور - القطاع الحار - الذي لا يتضمن غيوم جببية بل غيوم داخلية من النوع الطبقي (St) ويتصف الطقس باستقراره وتحسنه عما كان عليه قبل مرور القطاع الحار .
 - يلي القطاع الحار مرور - الجبهة الباردة - وهذا يأخذ الطقس بالاضطراب من جديد ، حيث تزداد سرعة الرياح وتغير اتجاهها فجأة وتهطل الأمطار بغزارة ويكثر حدوث البرق والرعد ، والغيوم التي ترافقها هي على التوالي : السحاب (Ci) والسحاب الركامي (Cc) ، تعقبها غيوم الركام المتوسط (As) فغيوم المزني الطبقي (Ns) والركام المزني (Cb) التي تدل على حالة اضطراب .
 - أخيراً يؤدي مرور - القطاع البارد الخلفي - إلى طقس منقلب يسير نحو التحسن ، لأن الحركة الجوية تصبح هابطة حيث يندس الهواء البارد تحت الهواء الحار ويميل الضغط الجوي نحو الارتفاع مما يجعل الجو يميل نحو الاستقرار .

4.3.6 الطقس في منطقة الضغط المرتفع :

تتشأ مناطق الضغط الجوي المرتفع القطبي من هواء قطبي بارد وهي لا تتصلب إلى ارتفاعات عالية ، لأن الضغط المرتفع عند سطح الأرض يقابله ضغط منخفض في الأعالي . أما في المرتفع تحت المداري فيمكن لمناطق الضغط المرتفع أن تصل حتى أعلى التروبوسفير ، وهي تشأ كمركز جوي متحرك من خلال تدفق الهواء في الأعالي ، وتكون في أعلى التروبوسفير حارة نسبياً ، أما في الستراتوسفير التي تشارك بعد ذلك في تكوين مناطق الضغط الجوي المرتفع فهي باردة جداً .

يحمل الضغط الجوي المرتفع إلى الأعالي دائماً طقساً مستقراً ولفترة طويلة ، لأنه ينتقل ببطء ، ويكون أكثر امتداداً وتوسعاً من معظم مناطق الضغط الجوي المنخفض . في رأي عامة الناس يترافق الضغط الجوي المرتفع يترافق مع طقس جميل ، والضغط الجوي المنخفض مع طقس رديء ، ولكن توجد استثناءات لهذه القاعدة .

في أكثر الحالات تكون مناطق الضغط الجوي المرتفع قليلة الغيوم ، لأن الهواء المتدفق من أسفل يعوض من خلال هبوط هواء من الأعلى ، هذا الهبوط يسير باتجاه معاكس لتكوين الغيوم ، كما يرتبط بحركة الهبوط تسخين الهواء مما يجعل المرتفع البارد في الأصل ساخناً ، بحيث يصبح ساكناً أو مستقراً ، بمعنى أنه نادر ما ينتقل من مكانه وعلى مدى عدة أيام .

غالباً في ليالي الشتاء يتكون في مناطق الضغط الجوي المرتفع انقلاب حراري قوي Inversion قرب سطح الأرض وهو مرتبط بتكون الضباب ، أما فوق السهول والوديان ، فإنه لا يشكل طقساً جميلاً مطلقاً ، وإنما يكون الجو عكراً ومغطى بالغيوم ، حتى أنه من الممكن هطول مطر ورذاذ .

فيما يلي سنتعرف على نموذجين من المنخفضات الجوية الشديدة وهي إعصار التورنادو والأعاصير المدارية.

5.3.6 إعصار التورنادو (Tornado) :

إعصار جوي شديد الاضطراب ذو قوة تدميرية هائلة ناتجة عن محدودية امتداده الأفقي (حيث لا يتجاوز قطره 100 - 1000 متر) ومن الانخفاض الشديد في قيمة الضغط الجوي التي تتدنى إلى أقل من 800 مليبار ، الأمر الذي يؤدي إلى انهيار شديد في الضغط يتبعه سرعة في اندفاع الهواء بحركة دائرية معاكسة لحركة دوران عقارب الساعة ، تتراوح سرعة الهواء حول مركز الإعصار بين 100-200 متر/ثانية ، مما يسبب في تدمير كل شيء يقع طريقه .

ويظهر إعصار التورنادو كغيمة قمعية الشكل ممتدة من قاعدة غيمة ركامية مزينة
(غيوم العواصف الرعدية) وتستمر في امتدادها (Z-I كم) حتى تصل إلى سطح الأرض
خلال دقائق قليلة وعندها تحدث الدمار الهائل .

تكون حركة إعصار التورنادو باتجاه الشمال الشرقي وبمسرعة تقارب 20 متر/ثانية ،
ويترافق مع مروره منخفض سريع وشديد في قيمة الضغط الجوي لا تستطيع تحمله إلا أبنية
قليلة ، فالتباين الشديد في الضغط الجوي ما بين داخل البناء (ضغط مرتفع) وخارجه (ضغط
منخفض) يؤدي إلى حدوث انفجار هائل يسبب دمار البناء ، ولذا فالحل في مثل هذه الحالة
هي فتح الأبواب والنوافذ وإجلاء السكان .

يقتزن تشكّل هذا النوع من الأعاصير بالعواصف الرعدية الشديدة ، والتي تكون دوامية
ذات سرعة هائلة مما يجعلها قادرة على اقتلاع ورقع السيارات وبعض الأجسام الكبيرة
عشرات الأمتار .

ينتج مصدر الطاقة الرئيسي للتورنادو عن الطاقة الكهربائية الفائضة التي تتراكم في الإعصار
بفعل شدة البرق وعادةً تنحصر مناطق حدوث التورنادو بين خطي عرض (15 - 45)
شمال وجنوب خط الاستواء .

6.3.6 الأعاصير المدارية (Tropical Cyclones):

الأعاصير المدارية هي منخفضات جوية غير جبهية عذبة تمثل مناطق شديدة
الاضطراب ، وهي تتميز بانخفاض حاد في قيم الضغط الجوي إضافة إلى الرياح الشديدة
المدمرة . كما تختلف تسمية هذه الأعاصير تبعاً لمناطق حدوثها ، ففي المحيط الأطلسي
الشمالي والهادي الشرقي تعرف بالهوريكان (Hurricane) وفي المحيط الهادي الشمالي
الغربي تعرف بالتيفون (Typhoon) وفي أستراليا باليسد ويلي ويلي (Willy - Willy)
والباجيو (Baguio) في جزر الفلبين .

يتراوح قطر الإعصار المداري بين 100-1500 كم ، كما يتصف بالحركة الدورانية
للواء والتي تزيد سرعتها عن 150 كم/ساعة ، وعادةً تكون العرغات العالية في أطراف
الإعصار أما المركز فيكون هادئاً ، وتتحرك هذه الأعاصير من الشرق نحو الغرب ، وهي
تتشكل فقط فوق المياه الدافئة وتضمحل عندما تصل إلى اليابسة أو مناطق ذات مياه باردة ،
وأكثر خطوط العرض ملائمة لهذه الأعاصير هي الواقعة بين خطي عرض (5 - 30) شمال
وجنوب خط الاستواء .

اضطرابات شديدة في الطقس ورياح قوية قد تقتلع الأشجار وتخرّب المباني ، كذلك طغيان البحار على الأراضي المجاورة ، مما ينتج عنه خسائر مادية كبيرة وبشرية .
وتزيد مساراتها غير المحددة والمتبدلة من صعوبة التنبؤ بحركاتها واتجاهها أو خط سيرها المستقبلية عند الاعتماد على الرصدات الجوية ، إلا ضمن فترة زمنية لا تزيد على 24 ساعة ، غير أن استخدام الأقمار الاصطناعية والطائرات والرادارات التي تلاحق الإعصار أينما ذهب ، مكنت من تقديم المعلومات عن أي تغير اتجاهه ودرجة عنفه ، وبالتالي إعطاء التحذيرات في وقتها للمناطق الممكن أن تتعرض له .
تمكن العلماء من التخفيف من شدة وفعالية الإعصار المداري وذلك بالتخلص من جزء من طاقته الكامنة ، عن طريق بذر جدار الإعصار الغيمي بمسحوق الجليد الكربوني ، أو بأيوديد الفضة للتسريع من عملية التكاثف .

7.3.6 العاصفة الرعدية (Thunderstorm) :

العواصف الرعدية هي ظواهر جوية كهربائية ، يتم فيها تفريغ كهربائي فجائي تظهره ومضنة ضوئية هي البرق وصوت قوي حاد هو الرعد ، فالرعد هو صوت تفريغ البرق .
ولأن سرعة الضوء تعادل 300 ألف كم / ثا ، وسرعة الصوت 330 م / ثا ، لذا فإن سماع صوت الرعد يتأخر عن رؤية البرق بمعدل 5 ثوان تقريباً لكل 1.5 كم من موقع حدوث البرق وموقع المشاهد له .

إن كمية الطاقة الهائلة التي تصرف خلال عاصف رعدية ، تنتج بشكل رئيسي من خلال عملية التكاثف وما تعطيه من حرارة كامنة ، حيث يتحول جزء من هذه الحرارة إلى طاقة حركية تفسر سبب الرياح العنيفة إضافة للأمطار الغزيرة التي ترافق للعاصفة الرعدية .
لا تتشكل الغيوم الرعدية (الركامية المزنية) إلا في حالة عدم استقرار شديد في الغلاف الجوي بوجود الهواء الرطب وقوة الرفع الشديدة للهواء (بالتسخين الشديد لسطح الأرض ، على طول الجبهات الباردة ، وعلى سفوح الجبال المواجهة للرياح الرطبة) ، وكلما زاد النمو الشاقولي للغيوم الرعدية ازدادت الفعالية الكهربائية لها ، ويكون التوزيع الرأسى للشحنات الكهربائية داخل الغيمة وعند سطح الأرض على النحو التالي الموضح في الشكل رقم (6-8)

58

الفصل السابع

رطوبة الهواء الجوي

يقصد برطوبة الهواء الجوي بخار الماء الموجود في الجو. ويتكون بخار الماء في الجو نتيجة لتحول الماء من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية في درجة الحرارة العادية وهذا ما يعرف بعملية التبخر والتي تستهلك لهماً من حرارة الجو المحيط. وإن كمية الحرارة اللازمة لتحويل غرام واحد من الماء من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية على نفس درجة الحرارة المتوىة هي 596 حريرة (الحرارة الكامنة للتبخر).

1- خصائص بخار الماء في الغلاف الجوي:

تحدد رطوبة الهواء بالقيم والمفاهيم التالية:

أ- الإشباع:

إن أقصى ما يمكن أن يحمله الهواء من بخار الماء هو ما يعرف بالإشباع وتزداد قابلية الهواء لامتصاص بخار الماء كلما ارتفعت درجة الحرارة تحت ضغط معين.

ب- فرق الإشباع:

وهو عبارة عن الفرق بين الرطوبة المشبعة (في درجة الحرارة المعبرة) والرطوبة النسبية الفعلية ويعبر عنه بالمليمتر الزئبقي (أي بالتوتر).

ج- فوق الإشباع:

يمر الجو بحالة فوق الإشباع عندما يزيد توتر بخار الماء الحالي في الهواء عن التوتر الأعظمي (الإشباع) دون أن يحدث تكاثف لقلّة نويات التكاثف أو عدم وجودها في الجو.

د- نقطة الندى:

عبارة عن الدرجة الحدية التي إذا انخفضت درجة حرارة الهواء عنها فإنه يصبح غير قادر على حمل ما به من بخار الماء فيتكاثف الجزء الزائد ويتحول إلى الحالات الأخرى كالغيوم والضباب....

هـ- الرطوبة المطلقة:

هي عبارة عن كمية بخار الماء الموجودة في متر مكعب من الهواء وهي تمثل الكمية الحقيقية لبخار الماء الموجود فيه ويعبر عنها بالفراغ / م³ . أو هي توتر أو ضغط بخار الماء في الجو الذي يقدر بالغرامات أو بالمليمترات الزئبقية.

هي عبارة عن النسبة المئوية لكمية بخار الماء في الهواء في درجة معينة من الحرارة إلى مقدار ما يستطيع أن يحملها هذا الهواء نفسه كي يصل إلى حالة التشبع وهو في الدرجة ذاتها.

التكاثف ومظاهره

هو عبارة عن العملية التي يتحول فيها بخار الماء الغازي بعد التشبع إلى الحالة السائلة المصحوبة بانتشار حرارة كامنة فيه. ولابد لحدوث التكاثف من وجود نويات التكاثف والموجودة على حالة معلقة في الجو.

شروط التكاثف:

- 1- الرطوبة الجوية: يعد توفر بخار الماء في الجو الشرط الأساسي لحدوث التكاثف . وكلما زادت نسبة بخار الماء في الجو تزداد احتمالات التكاثف.
- 2- انخفاض درجة الحرارة إلى نقطة الندى : أي تبرد الهواء إلى الدرجة التي يصبح فيها الهواء مشبعاً ببخار الماء .
- 3- وجود نويات التكاثف:

لا يتم التكاثف إلا بوجود جسيمات دقيقة في الهواء تعرف بنويات التكاثف وهي عبارة عن الشوائب الموجودة في الهواء مثل الغبار ودخان المصانع وبلورات الجليد والأملاح البحرية مثل كلور الصوديوم وبعض الأيونات الناشئة عن تفكك الذرات. وتختلف الدرجة التي يصل عندها الهواء إلى التكاثف باختلاف حجم نويات التكاثف ونوعها وبشكل عام فإن نصف قطر نويات التكاثف يتراوح بين 0.001 - 10 ميكرون، وكلما كانت كبيرة كانت أكثر فعالية لحدوث التكاثف.

والمظاهر الأساسية للتكاثف على نوعين:

- 1- الغيوم والأمطار والثلج والبرد ويتم بتكاثف بخار الماء في الطبقة العليا من التروبوسفير.
- 2- الضباب والشمسيرة والندى والصقيع والجليد وهي التي تتجم عن التكاثف فوق سطح التربة مباشرة.

ولاً: التكاثف السطحي

الضباب

Fog

يحدث الضباب نتيجة تكاثف بخار الماء بهلامسة سطح الأرض أو بالقرب منها . وبوجود نويات التكاثف.

أنواع الضباب:

نويات التكاثف الملوثة مع للرطوبة الناتجة عن التبخير وبالتالي يتكاثف بخار الماء على هذه الملوثات ويعتبر ركود الهواء عاملاً مساعداً على حدوثه.

الضباب

الضباب عبارة عن ضباب خفيف، وهي تكسب السماء لوناً باهتاً أو مائلاً للون الأبيض الباهت وبذلك تقلل من صفاء السماء وتقلل من الرؤية. والضباب والضبابية كلاهما عبارة عن قطرات مائية دقيقة معلقة في الجو وإنما تختلف فيما بينها فقط بالنسبة لدرجة الوضوح.

الندى

عبارة عن قطرات صغيرة من الماء تتشكل على المسطوح الباردة في ساعات الليل نتيجة لفقد هذه الأجسام حرارتها بالإشعاع الأرضي ليلاً وبالتالي لتخفيض درجة حرارة هذه الأجسام إلى نقطة الندى الأمر الذي يؤدي إلى تكاثف بخار الماء الملامس لهذه الأسطح عليها على شكل قطرات صغيرة تعرف بالندى. تزول مباشرة بعد شروق الشمس .

ويتشكل الندى في ظروف الجو الصحو والهادئ نسبياً ولذا يكثر في الصيف والخريف في المناطق الداخلية من سورية وبعد من الظواهر الجوية المفيدة للزراعة ويسهم إلى حد ما في التغذية المائية للنباتات وخاصة للصحراوية حيث يبلغ عدة مليمترات خلال بعض الفصول ويغطي بهذه الحالة نقص الماء بالنسبة للمزروعات.

ثانياً التكاثف العلوي: (السحب)

تمثل الغيوم في السماء التكاثف العلوي الذي يحدث بعيداً عن سطح الأرض والغيوم عبارة عن تجمعات لبخار الماء المتكاثف بشكل جزيئات مائية أو ثلجية دقيقة سابحة في الجو ومعلقة في الهواء لصغر حجمها وخفتها وهي بذلك لا تلامس الأرض مطلقاً.

وتختلف الغيوم عن الضباب بما يلي:

- 1- تتكون الغيوم في طبقات الجو مختلفة الارتفاع بين 200-9000 م أما الضباب فيتكون من سطح الأرض وحتى ارتفاع 375 م.
 - 2- تتكون الغيوم تحت تأثير تصاعد التيارات الهوائية إلى الأعلى في الجو بينما هذه التيارات تعيق تكون الضباب وتراكمه.
 - 3- تتشكل الغيوم بفعل انخفاض درجة الحرارة ذاتياً (ارتفاع الهواء للأعلى بالتيارات الرأسية) بينما يتشكل الضباب نتيجة للتيارات الأفقية.
- تصنيف الغيوم:

التصنيف الشكلي: تأخذ قطرات الماء المتجمعة في الغيوم أشكالاً مختلفة على شكل طبقات أو صفائح أو أبراج أو قلاع الخ

هناك عدة أشكال من الضباب اعتماداً على العامل الرئيسي المتسبب بحدوثه وهذه الأنواع هي:
الضباب الإشعاعي: وهو الذي يتكون في الليالي الصافية فوق الأرض في الثلث الأخير من الليل.
ويتوقف تشكله على توفر الظروف التالية:

- 6- ليلة صافية مما يساعد على تبدد الإشعاع الأرضي ليلاً.
 - 7- استقرار الهواء وقلة للتيارات الهوائية الصاعدة والهابطة.
 - 8- رطوبة نسبية عالية في أول الليل تساعد على تشبع الهواء ونتيجة لبرودة الهواء الملامس لسطح التربة إلى أقل من نقطة الندى يحدث التكاثف.
 - 4- وجود نويات التكاثف.
 - 5- انقلاب حراري يساعد على تكوين الضباب.
- ويتكون هذا النوع من الضباب فوق اليابسة ولكنه ينتقل بعد تكوينه إلى الساحل بفعل الرياح ويحدث هذا النوع من الضباب في سورية وغالباً خلال فصلي الربيع والخريف عقب أوقات رطوبة وسيادة طقس صاف.
- ضباب الكتل الهوائية: عبارة عن الضباب المتشكل نتيجة لحركة الرياح الحارة فوق سطح باردة شريطة أن تتراوح سرعة هذه الرياح بين 11-25 كم/ ساعة فوق سطح بري و 50 كم/ ساعة فوق سطح البحر ويسمى تجاوزاً بضباب البحر.
- وينتصف هذا الضباب بثباته إذا كانت درجة حرارة الهواء أنفأ من حرارة السطح فيبقى فوق للبحر ليلاً نهاراً بينما يتلاشى نهاراً فوق البر بسبب ارتفاع درجة الحرارة.
- ويمكن التعرف عليه قبل حدوثه إذا كانت درجة حرارة الهواء أعلى من درجة حرارة البحر أو في قدوم الرياح من مناطق غير النشاط إذا كان ذلك بجوار البحر.
- الضباب البخاري: يتكون فوق سطح البحيرات والأنهار شتاء نتيجة للتبخر الشديد من المسطحات المائية الدافئة وعند مرور هواء بارد غير مشبع فوق هذه المسطحات يجعل الماء للتبخر يتصاعد نحو الأعلى على شكل دخان يضاف إلى الهواء البارد مؤدياً إلى تشبعه وتكاثفه على شكل ضباب وحتى يحدث هذا النوع من الضباب يجب أن يكون الفرق بين درجة حرارة الهواء البارد وحرارة سطح المياه لا تقل من 15 م°.
- الضباب الجبهي: ويرافق الجبهات الهوائية الحارة والباردة ويتشكل نتيجة لالتقاء الهواء البارد بسبب تبخر قسم من الهطول أثناء سقوطه خلال ذلك الهواء. وهذا النوع من الضباب انتقائي إذ أن تأثيره يكون على هيئة شريط لا يزيد عرضه عن 65-85 كم يتحرك باتجاه الرياح التي تدفعه أمامها. ويحدث في العروض الوسطى والعليا.
- ضباب المدن: وهو الضباب المتشكل فوق المدن الصناعية الكبيرة على شكل سحابة قائمة اللون لا سيما في ساعات الصباح نتيجة لانخفاض درجة الحرارة بسبب فقدانها بالإشعاع الليلي ونتيجة وفرة

التصنيف حسب المنشأ: تصنف السحب حسب أسلوب نشأتها أي آلية الحركة الشاقولية التي تؤدي إلى التكاثف في أربع مجموعات:

- 1- الغيوم الناتجة عن حركة رفع تدرجية للهواء في المنخفضات الجوية.
- 2- الغيوم الناتجة عن الحملان الحراري.
- 3- الغيوم الناتجة عن حركة حملان قوية.
- 4- الغيوم الناتجة عن صعود كتلة من الهواء فوق حاجز جبلي.

التصنيف البنيوي: ويتعلق بالتكوين الفيزيائي للغيوم والبنية ودرجة الحرارة .

ولقد اتفق على تقسيم الغلاف الجوي الذي تتواجد فيه السحب إلى ثلاث طبقات : منخفضة ومتوسطة وعليا ولكل طبقة سحبها الخاصة بها. وتتراكب طبقات السحب فوق بعضها وتتغير حدودها باختلاف درجة العرض. واستناداً إلى الشكل العام للسحب وبنيتها وامتدادها وارتفاعها تقسم إلى أربع مجموعات رئيسية وتقسّم هذه المجموعات إلى عشرة أجناس كما هو وارد في الجدول التالي:

مجموعة السحب	الأجناس	متوسط ارتفاع القاعدة (كم)
السحب العالية	1. السحاق (السيروس Ci)	12-6
	2. السحاق الركامي (السيروكومولوس Cc)	
	3. السحاق الطبقي (السيروستراتوس Cs)	
السحب المتوسطة	4. الركام المتوسط (التوكومولوس Ac)	6-2
	5. الطبقي المتوسط (التومستراتوس As)	
السحب المنخفضة	6. الطبقي (ستراتوس St)	2 - 0.2
	7. الطبقي الركامي (Sc)	
	8-المزن الطبقي (Ns)	
السحب ذات النمو الشاقولي	9- الركام (Cu)	0.5
	10-الركام المزن (cn)	

أ- الغيوم العالية: وهذه السحب لا يصابها هطول وظهرها في المناطق المعتدلة متنوعة بسحب أخرى وهي تدل على اضطراب الجو لأنها تكون في مقدمة الانخفاضات الجوية لا تحجب أشعة الشمس ويمكن تمييز ثلاثة أنواع منها:

- 1- سحب السمحاق (Ci): سحب مشتملة ذات مظهر ناعم وليفي يغلب عليها البياض ولونها أحمر أو وردي عند الغروب أو الشروق وتظهر سحب السمحاق بأحد الأشكال التالية:
شبه القطن المندوف، خطوط عبر السماء، أشكال تشبه الريش ، لها مظهر كالأنابيب.
تتكون من بلورات جليدية دقيقة الحجم ولا ينتج عن هذه الغيوم أية هطولات.
- 2- سحب السمحاق للركامي: (Cc) غيوم على شكل نطف بيضاء أو على شكل صفيحة رقيقة غير مظلمة وغالباً ما تنتظم في صفوف أو في شكل تتابع موجي صغير (الرمال على الشاطئ) وتتألف هذه الغيوم من بلورات ثلجية وقطيرات مائية وتكاد هذه السحب بصفة عامة على الجور الصحراوي ولكن قد تكون في مقدمة عاصفة إذا ما زادت كثافتها وقل ارتفاعها.
- 3- سحب السمحاق الطبقي (Cs) سحب رقيقة وقد تغطي السماء كلها لها مظهر ليفي يشبه الشعر ولا تحجب أشعة الشمس وبالتالي فهو شفاف ولا ينتج عنه هطولات.

ب- السحب المتوسطة: يمكن أن نميز جنسين ضمن هذه المجموعة:

- 1- سحب الركام المتوسط (Ac): غيوم متوسطة الارتفاع تبدو على شكل طبقة بيضاء أو رمادية اللون أو الاثنين معاً وتظهر في السماء بالأشكال التالية:
- على هيئة طبقة من الكرات الضخمة المتلاصقة مع بعضها البعض.
- على هيئة سحبيات اسطوانية صغيرة.
- إذا اختلطت السحبيات الصغيرة مع بعضها تكون شكلاً يشبه أمواج البحر .
تتألف هذه الغيوم من قطيرات مائية صغيرة تتشكل بفعل الاضطرابات الجوية وتكثر هذه السحب باقتراب عاصفة رعدية .

2- سحب الطبقي المتوسط: (As) : غيوم متوسطة الارتفاع تأخذ شكل طبقات متجانسة في مظهرها يغلب عليها اللون الرمادي الفاتح أو المائل للزرقة، وتشاهد الشمس من خلالها ، أما إذا زادت كثافتها فإلها تحجب الشمس وتؤدي إلى حدوث هطول مطري وأحياناً ثلجي ينصف باستمرار نسبة تتشكل هذه الغيوم بفعل الصعود البطيء للهواء الرطب.

ج- السحب المنخفضة: يمكن أن نميز ثلاثة أجناس من هذه السحب:

- 1- السحب الطبقي: (St): غيوم منخفضة رملية الشكل تبدو في السماء قريبة من سطح الأرض على ارتفاع 200 م متخذة شكل طبقة منتظمة في مظهرها تشبه الضباب المرتفع وتتشأ هذه الغيوم نتيجة لتمازج أنواع مختلفة من الهواء في درجة حرارتها ورطوبتها أو نتيجة لارتفاع الهواء إلى الأعلى. ويهطل من هذه الغيوم مطر خفيف جداً.
- 2- السحب الركامية الطبقي (Sc) غيوم منخفضة تتكون من كتل غير منتظمة ولونها رمادي قاتم مفصولة عن بعضها بفراغات ترى من خلالها زرقة السماء وقد تغطي السماء . تؤدي لهطول أمطار خفيفة أو ثلوج خفيفة أو الاثنين معاً .

3- سحب المزن الطبقي (Ns): سحب منخفضة لونها رمادي قائم تغطي السماء وتحجب الشمس تماماً وقد تصل سماكتها إلى 1800م ومنها تتساقط الأمطار الغزيرة والثلوج بصورة متواصلة وهي غيوم الطقس الرديء.

د- مجموعة للسحب ذات النمو الشاقولي: تميز فيها جنسين:

1- السحب الركامية (Cu) تكون الغيوم للركامية ذات منظر تراكمي متجمع تتصف بقواعدها المسطحة وقمتها المستديرة (تشبه بالات القطن) أو كالتلال وفيها اضطرابات وتيارات هوائية. لونها رمادي داكن بحسب درجة سماكتها وكثافتها انتشارها العمودي كبير نتيجة للتيارات الصاعدة. وتتكون هذه الغيوم بعد الظهور أثناء النهار وهطول المطر بشكل زخات شديدة .

2- سحب الركام المزني (Cn) تكون على شكل كتل ضخمة انتشارها عمودي إلى أعلى وقمتها العالية تأخذ شكل رؤوس الجبال ويحدث فيها عواصف رعدية ومطر على شكل زخات غزيرة. إذا هو غيم ركامي وصل في نموه إلى ارتفاع يكفي لسقوط المطر وفي هذا الغيم يحدث البرق ومعه يسقط البرد.

وفيما يلي جدولاً يبين أنواع الهطول المختلفة ودرجاتها الرئيسية مع ذكر الغيوم المتشكلة منها هذه الهطولات:

نوع الهطول	نوع الغيوم المسببة
رذاذ أو مطر خفيف	طبقي - طبقي ركامي
ثلج مستمر ومطر مستمر	السحب الطبقي المتوسط أو المزن الطبقي
ثلج منقطع ومطر منقطع	السحب الطبقي المتوسط أو الطبقي الركامي
زخات من المطر أو الثلج	سحب الركام المتوسط والركام المزني
برد	السحب الركامية المزنية

درجة للتغييم (Cloudiness):

يقصد بالتغييم درجة تغطية السماء بالسحب. والمقياس المستخدم في تحديد درجة تغطية السماء بالسحب هي الأثمان حيث تمثل قبة السماء بنصف دائرة مقسمة إلى أرباع أو أثمان وتحسب درجة التغطية بصورة عامة اعتماداً على الملاحظة والتقدير الشخصي فإذا كانت السماء صافية كانت درجة التغييم صفراً . وإذا كانت مغطاة بالسحب بشكل كامل كانت درجة التغييم 8/8 . وتمثل المناطق الصحراوية الال مناطق سطح الأرض تغيماً حيث تقل تغطية السماء عن 8/2 في حين ترتفع في المناطق الاستوائية إلى 8/6 . ومن الطبيعي أن يؤثر توزيع السحب حسب خط العرض على كمية الأمطار السنوية، حيث تمثل المناطق الأكثر هطولاً أكثرها تغيماً والعكس صحيح.

الظواهر الضوئية المرتبطة للغيوم:

- 1- الكورونا: عبارة عن مجموعة من الحلقات الضوئية الصغيرة والمتتابعة والتي تحيط بالشمس والقمر وهي تظهر خلف الغيوم وخاصة السحاق.
- 2- قوس قزح: ينشأ نتيجة لانكسار الأشعة الشمسية أو انعكاسها على القطرات المائية العالقة في الهواء .
- 3- الهالة: عبارة عن حلقة ضوئية يغلب عليها اللون الأبيض وتكون كاملة تقريباً تشاهد حول الشمس .

الفصل الثامن

الهطول

Precipitation

تعتبر الهطولات العنصر المكمل لدورة الماء في الطبيعة. وهي تغذي المخزون المائي للتربة الذي تستفيد منه النباتات في نموها وتطورها وتكوين إنتاجها. تحدث عملية الهطول، من الغيوم باتجاه سطح الأرض، نتيجة نمو مكونات الغيمة (قطرات مائية، بلورات جليدية) حتى تبلغ قطر 0.1-0.2 مم وأكثر لا تستطيع بعده أن تبقى معلقة في الغلاف الجوي فتبدأ بالسقوط.

1-10 تشكل الهطول

لا يقود التكاثف في كثير من الأحيان إلى حدوث هطول، حيث يمكن أن تتشكل الغيوم وتتلاشى دون أن تصل مكوناتها نحو سطح الأرض. يتعلق هطول نواتج التكاثف المشكلة للغيمة بحجم مكونات الغيمة ووزنها ومدى قدرة الهواء على حملها. لذلك لا بد لحدوث الهطول من أن يزداد حجم مكونات الغيوم وبالتالي يزداد وزنها إلى الدرجة التي تصبح فيها أكثر ثقلاً من الهواء الذي يحملها مما يؤدي إلى هطولها. هناك نظريتان رئيسيتان لتفسير آلية نمو مكونات الغيوم حسب نوعية تلك المكونات. الأولى تفسر آلية نمو مكونات الغيوم الباردة، وهي نظرية بيرجيرون. والثانية تفسر آلية نمو مكونات الغيوم الدافئة، وهي نظرية التصادم والالتحام.

1-1-10 نظرية بيرجيرون Bergeron-Findeison Theory

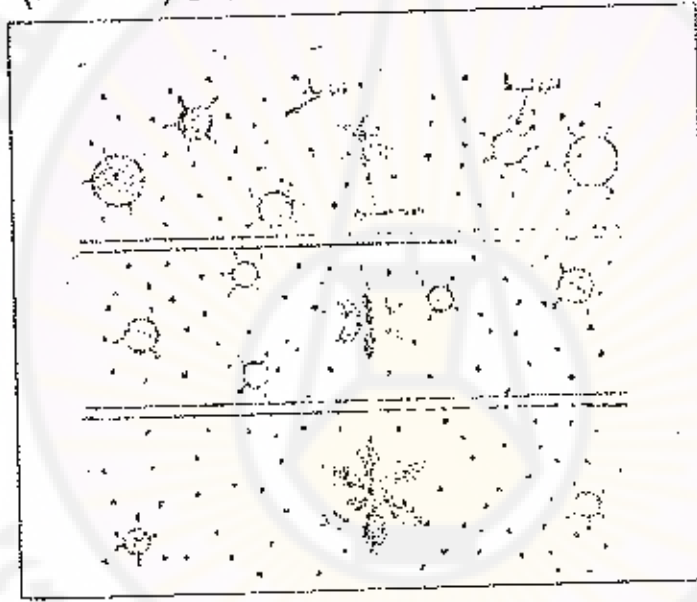
تستند هذه النظرية على حقيقة هامة وهي أن الرطوبة النسبية للهواء في المناطق المرتبطة بالسطوح الجليدية أكبر مما هي عليه في المناطق المرتبطة بالسطوح المائية. وعند درجة حرارة أقل من الصفر يتناقص ضغط بخار الماء الجوي بسرعة أكبر فوق السطوح الجليدية منه فوق السطوح المائية، وينتج عن ذلك أن ضغط بخار الماء المشبع فوق السطوح المائية (ew) أكبر مما هو عليه فوق السطوح الجليدية (ei)، خاصة في المجال الحراري بين 5°م إلى -25°م، حيث يزيد فرق الضغط عن 0.2 مليبار، (الجدول 1-10).

الجدول (1-10) ضغط بخار الماء المشبع v_w و v_g فوق السطح المستوي للماء البارد والجليد النظيف عند درجة حرارة أقل من الصفر المئوي (هكتوباسكال)

فوق الجليد										فوق الماء البارد									
1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	t_c	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0
=	=	=	=	=	=	=	=	=	-40	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.01
0.46	0.42	0.38	0.34	0.31	0.28	0.26	0.23	0.21	-30	0.38	0.35	0.31	0.28	0.25	0.23	0.20	0.18	0.16	0.15
1.15	1.05	0.96	0.88	0.80	0.73	0.67	0.61	0.56	-20	1.05	0.95	0.86	0.78	0.71	0.64	0.58	0.52	0.47	0.43
2.61	2.44	2.25	2.07	1.91	1.76	1.61	1.48	1.36	-10	2.62	2.40	2.19	2.00	1.83	1.67	1.52	1.39	1.26	1.15
5.68	5.27	4.90	4.45	4.21	3.90	3.61	3.34	3.09	0	6.11	5.63	5.18	4.77	4.39	4.03	3.70	3.40	3.12	2.86

يحدث الهطول وفق نظرية بيرجيرون نتيجة وجود بلورات من الجليد جنباً إلى جنب مع قطرات الماء فوق المبردة في الأجزاء الباردة من الغيوم، التي تقل درجة حرارتها عن -10°C . وبنتيجة الفرق في قيم ضغط بخار الماء المشبع فوق السطوح الجليدية والمائية، فإن بخار الماء الناتج عن التبخر من سطح قطرات الماء ينتقل من حالته الغازية إلى سطح بلورات الجليد المجاورة ليتسبب عليها بصورة صلبة دون المرور بالحالة السائلة. وعندما يحدث التجمد تنطلق الحرارة الكامنة التي تمتصها القطرات المائية المجاورة فترتفع حرارتها ويتبخر بعضها وينتقل البخار إلى البلورة الجليدية ويتجمد عليها مباشرة... وهكذا.

بهذه الطريقة يزداد حجم بلورات الجليد داخل الغيوم تدريجياً على حساب قطرات الماء حتى تبلغ هذه البلورات حجماً معيناً تسقط باتجاه الأرض (شكل 10-1).



الشكل (10-1) آلية بيرجيرون لنمو مكونات الغيوم وحدث الهطول

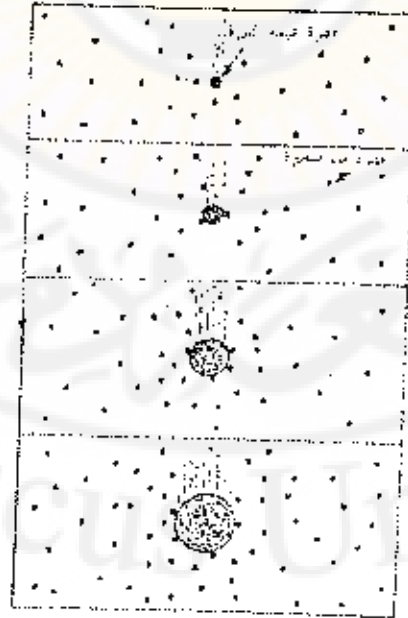
وبما أن وجود نويات التكاثف ضروري لتشكيل قطرات الماء، فإن وجود نويات التجمد ضروري جداً لتشكيل جزيئات الجليد عند درجات حرارة منخفضة جداً (يسين -15°C إلى -25°C).

ومن المحتمل أن تنشأ غالبية نويات التجمد في الغلاف الجوي كجسيمات ترابية من أنواع خاصة ذرتها الرياح، ويعد الكاولينيت (معدن ضاربي) الأكثر أهمية في هذا المجال. بشكل عام، نويات التجمد أقل عدداً من نويات التكاثف، حيث يحتوي اللتر الواحد من الهواء على قرابة 10 نويات تجمد عند درجة حرارة -30°C ، ونادراً ما يصل عدد نويات التجمد إلى أكثر من 1000 نوية في اللتر. تختلف درجة نشاط نويات التجمد مع اختلاف درجة الحرارة ونوعية النوية، فالكاولينيت يصبح نشيطاً عند درجة -9°C وفي بعض الأحيان

عند درجة -4م. ويكون الانتقال البخاري المباشر أكثر قدرة" عند درجات الحرارة القريبة من -15م. إذا كانت الغيوم خالية من التيارات الرأسية أو التيارات الدوامية، فإن البلورات الجليدية تبدأ باكتساب حركتها نحو الأسفل بفعل ازدياد وزنها، وتبدأ بالاصطدام خلال حركتها داخل الغيوم ببلورات الجليد أو بلورات الثلج التي تصغرها حجماً لتتحول إلى شرائح ثلجية. أما إذا اصطدمت بقطيرات من الماء فوق المبردة فإن بلورات الجليد تأخذ شكل البرد الهش نتيجة التجمد السريع والمباشر لهذه القطيرات على هذه البلورات. أما في حال وجود تيارات دوامية داخل الغيوم فتوى على حمل هذه العناصر في سلسلة من الحركات غير المنتظمة بين الصعود والهبوط فإن الشرائح الثلجية (أو البرد الهش) تأخذ شكل البرد الصغير أو حصوات البرد تبعاً لشدة هذه التيارات.

2-1-10 نظرية التصادم والالتحام Collision and Coalescence Theory

تبين أن نظرية بيرجرون عاجزة عن تفسير آلية نمو مكونات الغيوم الدافئة والتسي تتألف من قطرات مائية درجة حرارتها فوق الصفر درجة مئوية، وبالتالي الأمطار الوفيرة التي تهطل منها. لقد أكد بعض العلماء أن سبب نمو مكونات هذه الغيوم التسي تتركب عناصرها من قطرات مائية فقط يرجع إلى ازدياد حجم تلك العناصر، نتيجة التصادم ببعضها ببعض، تحت تأثير اصطدام القطيرات المتفاوتة الأحجام خلال حركتها داخل الغيوم (شكل 2-10).



الشكل (2-10) آلية التصادم والالتحام لنمو مكونات الغيمة

إن الشرط الأساسي لحدوث التصادم ثم الالتحام في هذا النوع من الغيوم هو وجود قطيرات من الماء متفاوتة الأحجام داخل الغيمة نفسها، كي تكون الفرصة مهيأة للأكبر حجماً أن يصطدم بالأصغر حجماً. بالإضافة إلى أن وجود التيارات الهوائية الصاعدة والهابطة داخل الغيمة يلعب دوراً فعالاً في تحقيق الصدام والالتحام.

عندما تكون القطيرات صغيرة جداً، فإنها لا تكون قادرة على الاصطدام ببعضها بعضاً (إذا كان نصف قطر القطيرة أقل من 19 ميكرون)، أما إذا تعدى ذلك فيمكن أن يحدث التصادم والالتحام. وتزداد فعالية هذه العملية كلما ازداد عدد القطيرات الكبيرة الحجم.

من الممكن أن تنمو البلورات الجليدية المكونة للغيوم الباردة بهذه الطريقة عن طريق اصطدامها بالقطرات المائية فوق المبردة.

استناداً لهاتين النظريتين يمكن تفسير جزء كبير من الحقيقة حول آلية الهطول وأمبياه.

10-2 التركيب الكيميائي للهطولات :

بدأت دراسة التركيب الكيميائي للهطولات في العقود الأربعة الأخيرة. ويعتبر هذا الأمر ضرورياً بالنسبة للعاملين في مجال البيئة والكيمياء الزراعية. إن دراسة التركيب الكيميائي للهطولات تمتلك أهمية بالنسبة لميزان عناصر التربة (الميزان المعدني)، وتركيب المياه الطبيعية في البحيرات والأنهار والمواقي والينابيع. وكذلك من أجل معرفة التأثيرات المختلفة على النباتات الطبيعية والمزروعة والمنشآت والآليات التي تتأثر بالهطولات بدرجات مختلفة تبعاً لاختلاف طول العمر الاقتصادي لها والتكاليف المخصصة لصيانتها.

تعتبر الهطولات محاليل ملحية ضعيفة التركيز. يتراوح تركيز العناصر المعدنية فيها من 3-4 مغ/ل ويصل إلى 50-60 مغ/ل. وفي ظروف المناخ المعتدل تحمل الهطولات إلى التربة في كل عام 50-150 كغ/هـ من المواد المختلفة. تعتبر مركبات الكبريتات (سulfates) من أهم الشوائب الموجودة في الأمطار القارية المنشأ، بينما تشكل الكلوريدات الشوائب الأساسية في الأمطار ذات المنشأ البحري. بالإضافة لذلك تحمل الأمطار إلى التربة 3-5 كغ/هـ أزوت في العام، وهو أحد أهم العناصر المعدنية الضرورية لتغذية النبات.

يكون أقل تركيز كيميائي للشوائب في الهطولات فوق مناطق التوندرا والتايغا، وأعلى تركيز في مناطق السهوب والصحارى بنتيجة الجرف الريحي للتربة الذي يعد من المصادر الطبيعية لتلوث الغلاف الجوي. وفوق المناطق الصناعية والمدن الكبيرة تتزايد نسبة العناصر

المعدنية في الهطولات عدة مرات نتيجة تلوث الهواء بالانبعاثات الصناعية، الأمر الذي يؤدي إلى هطول الأمطار الحمضية.

النشاط الإشعاعي للهطولات : بدأ القياس المنتظم للنشاط الإشعاعي للهطولات منذ فترة غير بعيدة، وتظهر هذه القياسات أن الهطولات الصلبة أكثر نشاطاً إشعاعياً من الهطولات السائلة. تحمل الهطولات معها أثناء تساقطها الأيزوتوبات النشطة إشعاعياً من الهواء ويعتبر النشاط الإشعاعي للهطولات ضعيفاً للغاية، لكنه يرتفع بشكل حاد في مناطق التفجيرات النووية وحوادث المفاعلات النووية.

تقاس كمية الهطولات المتساقطة بالمليمتر كارتفاع لطبقة الماء المتشكل على سطح الأرض، فإذا كان ارتفاع المطر الهاطل (أو كمية الماء في الغطاء الثلجي) 1 مم على مساحة 1 هكتار فهي تشكل حجماً من الماء قدره 10 م³ أي ما يعادل 10 طن:

$$0.001\text{m} \times 10\,000\text{ m}^2 = 10\text{ m}^3.$$

3-10 أشكال الهطول : Forms of Precipitation

يوجد ثلاثة أشكال من الهطولات. الهطولات السائلة التي ينتمي إليها السطر العادي والأمطار العاصفة والرذاذ. والهطولات الصلبة وهي تأخذ أشكالاً مختلفة مثل البلورات الجليدية، حبات الثلج، الشرائح الثلجية، حبات البرد. والهطولات المختلطة وهي عبارة عن خليط من الهطول السائل والصلب.

a- الرذاذ Drizzle

عبارة عن هطول على شكل قطيرات دقيقة من الماء لا يتجاوز قطرها 0.5 مم، تهطل من الغيوم الطبقة بكميات قليلة جداً بمعدل واحد مم في الساعة. كما تتميز بكونها لا تشكل دوائر عندما تتساقط على سطح الماء.

b- المطر Rain

يهطل عادةً من الغيوم المزنية الطبقة بشكل مستمر خلال فترة طويلة، يغطي مساحات واسعة من الأراضي، يزيد قطر قطراته عن 0.5 مم. وقد يكون الهطول المطري خفيفاً إذا قل ما يهطل في الساعة الواحدة عن 0.5 مم، أو متوسطاً إذا تراوح مجموع الهطول المطري في الساعة الواحدة بين 0.5-4 مم، في حين يكون الهطول ملحوظاً إذا تجاوزت كمية الأمطار 4 مم في الساعة.

في حالات خاصة يمكن أن تهطل الأمطار بشكل غزير وعاصف من الغيوم الركامية المزنية، لا تستمر لفترة طويلة، أحيانا تهطل بكميات كبيرة وأحيانا بكميات ليست بذات أهمية. وهي تترافق عادة مع رياح قوية.

c- الثلج Snow

هو هطول صلب له شكل بلورات من الجليد ذات مظهر نجمي سداسي، لا يزيد قطرها عن 2.5 سم. يبدو الثلج في معظم الأحيان على صورة شرائح ثلجية تتشكل من تكتل البلورات الجليدية، أو حبيبات صغيرة قطرها دون المليمتر، أو كريات ثلجية صغيرة قطرها دون 5 مم.

يحدث لهطول الثلج من الغيوم الطبقة المتوسطة والركامية المزنية وكذلك الطبقة المزنية عندما تنخفض درجة الحرارة في تلك الغيوم إلى ما دون درجة التجمد، حيث يحدث عندها ترسب بخار الماء فوق نويات التجمد على شكل بلورات جليدية تسقط نحو سطح الأرض عندما تصبح أثقل من الهواء الذي يحملها.

كي يتمكن الثلج الهائل من الغيوم من الوصول إلى سطح الأرض يشترط أن تكون درجة الحرارة مادون مستوى قاعدة الغيمة و سطح الأرض لا تزيد عن 4°م. لذلك ينذر سقوط الثلج في المناطق المدارية الدافئة - باستثناء الجبال شديدة الارتفاع- ويكثر هطوله في المناطق المرتفعة وفي العروض العليا وخاصة أعالي الجبال المرتفعة والمناطق القطبية التي تبقى مغطاة بالثلج طيلة العام.

d- البرد Hail

هو هطول صلب على شكل كرات من الجليد. يتراوح قطر الكرة الواحدة بين 5 مم إلى أكثر من 10 سم، كما يزيد وزنها في بعض الأحيان على نصف كيلوغرام. يقتصر هطول البرد على الغيوم الركامية المزنية الشديدة الاضطراب وذات السماكة الكبيرة، كما يشترط أن تكون هذه الغيوم مكونة من قطيرات مائية فوق مبردة وبلورات جليدية.

تمتاز حبات البرد ببنية طبقية تتكون من عدة طبقات متعاقبة من جليد شفاف وغير شفاف، أو نصف شفاف. وتعود هذه البنية الطبقة إلى الفروق في معدل تراكم قطرات الماء فوق المبردة وتجمدها على بلورات الجليد. فعندما تسقط حبات البرد خلال الغيمة يحدث تراكم للماء السائل حولها بمسرة أكبر من سرعة تجمده ليشكل غشاء مائيا حولها يتجمد بعدئذ على

صورة جليد شفاف. أما في حال حدوث التجمد مباشرة لقطرات الماء فوق المبردة فإنها تأخذ شكل الجليد غير الشفاف أو نصف الشفاف.

* تعزي الآراء القديمة بشكل حبات البرد وبنيتها الطبقيّة إلى عمليات الهبوط والصعود المتكررة التي تتعرض حبات البرد الأولية ضمن غيوم الركّام المزني التي تكثّر فيها التيارات الصاعدة والهابطة، مما يجعل بلورات الجليد التي تراكمت حولها قطرات مائية فوق مبردة في المستوى العلوي من الغيمة تهبط بفعل ثقلها نحو الأسفل، وقد تصطدم وهي في طريقها بتيارات صاعدة قوية - بعد أن تكون قد جمعت حولها قطرات مائية فوق مبردة بشكل جليد شفاف - ترفعها نحو الأعلى إلى مستوى الغيمة شديدة البرودة، حيث درجة الحرارة تنخفض إلى دون -20°C ، ويحدث تجمد مباشر حولها القطرات المائية بشكل جليد نصف شفاف أو غير شفاف، تسقط بعدئذ مرة أخرى إلى أسفل لتتجمع حولها طبقة من الجليد الشفاف، لترتفع نحو الأعلى... وهكذا تنمو حبات البرد خلال آلية صعودها وهبوطها المتكررين إلى أن يزداد وزنها إلى الدرجة التي لا تقوى فيها التيارات الصاعدة على رفعها للأعلى مما يمكنها من الهبوط باتجاه سطح الأرض.

* الآراء الحديثة لا تعترف بنمو حبات البرد من خلال آلية الصعود والهبوط، حيث يتشكل البرد وفقاً لهذه الآراء ضمن مناطق محددة من الغيوم الركّامية المزنية المتصرفة بنشاط شديد في تياراتها الصاعدة مما يجعلها تقوى على حمل قطرات الماء المبردة وغير المبردة إلى ارتفاعات شاهقة من الغيوم ذات حرارة منخفضة جداً قد تصل إلى -30°C وحتى -50°C ، مما يسمح لتلك القطرات السائلة بالتجمد على بلورات الجليد بسرعات متفاوتة متحولة بذلك إلى حبات من البرد التي تنمو بجمع المزيد من الماء المتجمد حولها بنتيجة تصادمها مع بعضها والتحامها، إلى الدرجة التي لا يقوى فيها الهواء على حملها فتضطر إلى السقوط.

يغلب سقوط البرد في الفترات من السنة التي تنشط فيها الحركات الصاعدة وتتشكل فيها غيوم الركّام المزني، وخاصة في فصلي الربيع والصيف في العروض المعتدلة والباردة ذات الهطول الصيفي. في سورية، أغلب البرد يحدث في فصل الربيع بمعدل لا يزيد على يومين في السنة ما عدا المنطقة الساحلية (4-5 أيام في السنة). وأكثر فترات النهار ملائمة لسقوط البرد هي فترات ما بعد الظهيرة. ويتركب على سقوطه حدوث أضرار كبيرة للمحاصيل الزراعية المختلفة.

10-4 أنواع الهطول Types of Precipitation

يمكن تمييز أنواع الهطول الرئيسية التالية: مطول حملاني، مطول جبهي، مطول تضاريسي. وكثيراً ما تتداخل هذه الأنواع مع بعضها وخاصةً النوع الجبهي والنوع التضاريسي.

10-4-1 الهطول الحملاني Convective Precipitation

يحدث الهطول نتيجة التسخين الشديد لسطح الأرض وارتفاع الهواء بشكل تيارات صاعدة، فإذا كان الهواء الصاعد محملاً ببخار الماء فإنه يتكاثف في أعلى الجو ويتكون نتيجة لذلك غيوم الركام والركام المزني، التي تتساقط منها الأمطار بغزارة، وتكون هذه الأمطار مصحوبة في بعض الأحيان بعواصف رعدية خاصة في المناطق المعتدلة، وتتوقف غزارة الأمطار الهائلة وفق هذه الطريقة على ثلاثة عوامل:

- نشاط التيارات الصاعدة
- كمية بخار الماء المحمولة
- درجة حرارة الطبقات التي تتجمع فيها الغيوم.

كلما اشتد الفرق بين حرارة سطح الأرض وحرارة الطبقات التي تتجمع فيها الغيوم، اشتدت غزارة الأمطار. وقد يكون مطول الأسطار خفيفاً أو غيفياً حسب درجة عدم الاستقرار والارتفاع ودرجة حرارة الغيوم. وبما أن غيوم الركام المزني من الغيوم ذات الامتداد الشاقولي الكبير لذلك أحياناً تكون قواعدها على ارتفاع أقل من كيلومتر وقسمها تصل إلى عشرة كيلومترات وأكثر. وعندما تكون حالات عدم الاستقرار شديدة، فهذا يندل على وجود كمية كبيرة جداً من الطاقة ناتجة عن انطلاق الحرارة الكامنة. وعندما تتجاوز السرعة الرأسية في التيارات الصاعدة 10 م/ثا تتوقف القطرات المائية عن الهبوط نحو الأسفل، وبحال غياب التيارات الرأسية تكون الفرصة مهيأة لهذه القطرات بالهبوط وبهذه الحالة يمكن أن تحدث عاصفة مطرية عنيفة.

بشكل عام، تكون غيوم الركام المزني ذات ارتفاع أعلى في المناطق المدارية منه في المناطق المعتدلة، فهي تبلغ في بعض الأحيان 16 كم في المناطق المدارية، حيث تكون درجة الحرارة عند مستوى التكاثف أعلى، وبالتالي فإن قدرة الهواء على استيعاب بخار الماء تكون أكبر، كما أن الحرارة الكامنة المنطلقة أثناء التكاثف تكون أكبر وبالتالي فإن غيوم الركام المزني تكون عواصف ماطرة.

تحدث الأمطار الحملانية بصورة رئيسية في المناطق المدارية وخاصةً القريبة من خط الاستواء. نتيجة التسخين الشديد الذي يؤدي إلى خلطة الهواء، بالإضافة إلى وجود

الرياح التجارية الشمالية الشرقية والجنوبية الشرقية، مما يساعد على زيادة قوة ونشاط التيارات الصاعدة وبالتالي غزارة الأمطار. وهذا ينجم أيضا عن غنى المنطقة بالمسطحات المائية الكبيرة والرطوبة الأرضية الوفيرة والغطاء النباتي الكثيف الذي يمد الهواء الصاعد باستمرار ببخار الماء. وضمن تلك المنطقة نجد أن الأمطار تكون أشد في السهول المنخفضة مما هي عليه في الهضاب، نتيجة لكون حرارة السهول أعلى والتيارات الصاعدة أنشط والغطاء النباتي والمسطحات المائية أوفر (غزارة أمطار شوارع الكونغو وبنية أمطار الهضبة الأفريقية الشرقية). تسود هذه الأمطار أيضا في سهول العروص المعتدلة، خاصة في الأشهر الحارة.

كما تهطل هذه الأمطار في بعض أوقات أيام فصل الربيع (بعد الظهيرة) في مناطق سورية الشمالية الشرقية والداخلية.

10-4-2 الهطول الجبهى Frontal Precipitation

يحدث هذا النوع من الهطول بالمناطق التي يحدث فيها تلاق وتصادم في انجريان الكتل الهوائية، مما يتولد عنه نشوء حركة صاعدة بطيئة تارة، وعنيفة تارة أخرى. ويكثر حدوثه في العروص المعتدلة، حيث تتميز الكتل الهوائية المتقابلة باختلاف صفاتها، من حيث سرعتها ودرجة حرارتها ورطوبتها وكثافتها. وتعد مناطق التصادم هذه المكان المناسب لنشوء المنخفضات الجوية الجبهية وتطورها، حيث تنشأ حركة صاعدة الهواء الدافئ فوق البارد الأكثر كثافة، وبالتالي تشكل الغيوم المختلفة.

تهطل الأمطار بدرجات متفاوتة من حيث الغزارة تبعاً لدرجة تطور المنخفض الجوي واختلاف قطاعاته، حيث يتصف كل قطاع بخصائص معينة، انطلاقاً من ذلك فإن غزارة الأمطار تختلف، فهي تبدأ خفيفة في مقدمة المنخفض، ثم تزداد شدة عند مرور الجبهة الحارة، وعندما تمر الجبهة الباردة تنهمر الأمطار بغزارة شديدة، وقد يهطل الثلج والبرد ويحدث البرق والرعد. بعد مرور الجبهة الباردة يحدث تناقص في غزارة الأمطار فتأخذ شكل زخات، تقل كلما ازداد ابتعاد المنخفض الجوي الجبهى حتى تتوقف الأمطار كلياً ويصحو الجو. وكلما ازداد انحدار الجبهة الباردة اشتد عصف الحركة الصاعدة، وازداد اضطراب الجو وغزارة الأمطار.

إذا كان الهطول الجبهى هو الغالب بين خطي عرض 30-60 شمال خط الاستواء وجنوبه، فإن المنخفضات الجبهية تكون أكثر تكراراً وفعالية في الفصل البارد من السنة، وبالتالي تكون الأمطار أوفر. ومعظم الأمطار الشتوية في الأراضي المنخفضة من العروص المعتدلة ذات طبيعة جبهية.

بالإضافة إلى ما سبق، فإن المطر الإعصاري (السيكلوني) - غير الجبهي - يسود في المناطق المدارية التي كثيراً ما تتعرض سواحلها لأعاصير المدارية التي ينجم عنها هطول أمطار غزيرة مسببة ميولاً وفيضانات مدمرة في كثير من الأحيان نتيجة عصف الحركة التصاعدية للهواء (أعاصير الهوريكان، التيفون... في نطاق الشرقيات، وأيضاً أعاصير النورنادو في نطاق الغربيات والشرقيات).

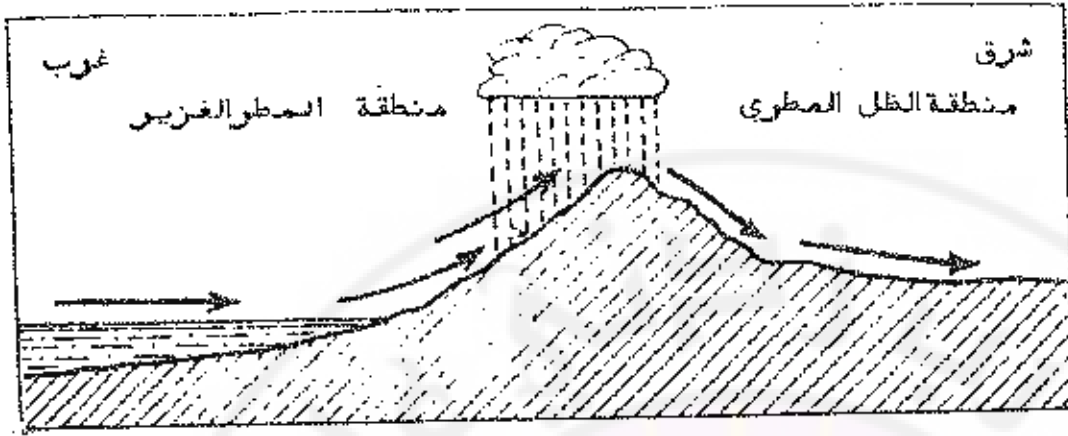
10-4-3 الهطول التضاريسي Orographic Precipitation

يحدث هذا النوع من الهطول عندما تصطدم كتلة هوائية بعائق أرضي، فهي إما أن تلتف حوله، أو أن تصعد فوقه، وهذا يتوقف على درجة ضخامة العائق والكتلة الهوائية. إذا كانت العوائق الأرضية عبارة عن حواجز جبلية أو حافات هضابية أو تلال مرتفعة فإن الهواء الذي يهب عليها بشكل عرضي يتجه للصعود فوقها، وبالتالي يتكاثف ما به من بخار ماء ليهطل على شكل أمطار وتلوج.

يتوقف نوع الغيوم المتشكلة نتيجة صعود الهواء فوق المرتفعات، وعزارة الأمطار الهائلة على عدة عوامل منها درجة استقرار الهواء الذي تتكون فيه الغيوم، وأيضاً سرعة الرياح وزاوية اصطدامها بالحاجز الجبلي.

تعد مناطق الحافات الجبلية القريبة من سواحل البحار والممتدة بشكل متعارض مع حركة الرياح من أغزر المناطق مطراً في العالم، كما في حافات جبال الكاسكيد في ولايتي واشنطن وأريغون في الولايات المتحدة، والجانب الغربي من الجبال الساحلية السورية، وكذلك الأجزاء الساحلية الشرقية من البرازيل التي تقع في مواجهة الرياح التجارية الرطبة، وتتميز كذلك سواحل الهند الغربية التي تخضع لتأثير التيارات الموسمية الصيفية الجنوبية الغربية بأنها من مناطق العالم الغزيرة الأمطار.

تكون كمية الهطول في الجوانب المعاكسة لاتجاه الريح من الجبال أقل بكثير مما تتلقاه السفوح المواجهة (شكل 10-3)، نتيجة لكون الرياح من النوع الهابط الذي يتعرض للتسخين الذاتي وبالتالي للتجفيف، وتعرف هذه المنطقة القليلة الأمطار بمنطقة الظل المطري (Rain Shadow).



الشكل (10-3) المطر التضاريسي كما يظهر على جانبي الجبال الساحلية السورية

غير أن الدوائر الجبلية تخلق حركة موجية في مسارات الرياح العابرة لها تبرز واضحة خلف ذرات تلك الدوائر، مساعدة على تشكل الغيوم عند أعراف الموجات وهطسول بعض الأمطار.

كما هو معروف أن كمية الأمطار تزداد مع الارتفاع، إلا أن هذا التزايد يتوقف عند مستوى معين يعرف بمستوى الهطول الأعظمي لأن حمولة الهواء الصاعد من البخار تنقص تدريجياً. يرتبط مستوى الهطول الأعظمي بعدة عوامل أهمها: درجة جفاف المنطقة، درجة حرارة الهواء، شدة انحدار الجبال، اتجاه الرياح. وبما أن معدل تزايد الهطول مع الارتفاع أكثر سرعة في المناطق الحارة والرطبة مما هو عليه في المناطق الباردة والجافة، لذا يكون مستوى الهطول الأعظمي في المناطق الحارة والرطبة أقل ارتفاعاً بالمقارنة مع المناطق الأخرى.

لابد من الإشارة إلى أن مستوى الهطول الأعظمي أكثر ارتفاعاً في الصيف منه في الشتاء. ففي جبال آسيا الوسطى (البامير، تيان شان) يقع مستوى الهطول الأعظمي على ارتفاع 1500 م في الشتاء، و 2000 م صيفاً.

من الصعب أحياناً فصل الهطول التضاريسي عن الهطول الجبهي وحتى عن الهطول الحملاني. فإذا كانت التضاريس عاملاً منشطاً للحركة الصاعدة، فإن النشاط الحملاني يرتبط بارتفاع الحرارة المتزايدة. كما أن المناطق المنخفضة هي الأكثر تفضيلاً للمنخفضات الجوية في أثناء تحركها. ورغم هذا فإن الأمطار الهائلة كثيراً ما تكون ذات محصلة مزدوجة لفعل الجبهات والتضاريس كما في أمطار الأجزاء الغربية من سورية.

• الاستمطار أو المطر الاصطناعي Artificial Rain:

هناك نوع آخر من الأمطار امتحدثه الإنسان وهو الأمطار الاصطناعية. لا يقوم مفهوم الأمطار الاصطناعية على فكرة خلق الغيوم ومن ثم إحداث الهطول، إنما يعتمد على مبدأ تشجيع الغيوم على در محتوياتها عن طريق حقنها بمواد خاصة. وتحدد الغيوم التي تمتلك خاصية سرعة الهطل أكثر من غيرها، والتي تكون حمولتها من نواتج التكاثف-خاصة قطرات الماء فوق المبردة- وفيرة وحجمها كبير نسبياً، إلى جانب كون الحركات الهوائية بداخلها نشيطة مما يشجع على نمو مكوناتها.

تستند الأمطار الاصطناعية من حيث المبدأ على نظرية بيرجيرون، وذلك عن طريق حقن الغيوم ذات القطيرات المائية فوق المبردة (والتي تتراوح درجة حرارتها بين -5م إلى -15م) بنويات فعالة تقوم مقام نويات التجمد، كما هو الحال في يود الفضة أو يود الرصاص أو الجليد الجاف الذي يسمح بنمو بلورات الجليد وبالتالي يشجع الهطول.

10-5 المسار اليومي والسنوي للهطولات - توزع الهطولات على سطح الأرض :

يتحدد المسار اليومي للهطولات بكل من مسار التغييم وطبيعة الغيوم. في العروض المعتدلة فوق اليابسة يمتلك المسار اليومي للهطولات نهايتين أعظميتين ونهائيتين أصغريتين. النهاية العظمى الأولى تكون في فترة بعد منتصف النهار، أما الثانية فتكون في ساعات الصباح الباكر. النهاية الصغرى الأولى في منتصف الليل، والثانية قبل الظهر. تنصف المناطق ذات نموذج المناخ البحري (الساحلي) بهطولات أعظمية خلال الليل، على حين تكون القيمة الصغرى للهطول في ساعات بعد الظهر. يتغير في كثير من الأحيان المسار اليومي الصحيح للهطولات نتيجة تعاقب الكتل الهوائية وما يرتبط بها من هطولات جبهية.

يقسم المسار السنوي للهطولات إلى أربعة نماذج رئيسية: الاستوائي، المداري، فوق المداري، نموذج العروض المعتدلة.

- في الحزام الاستوائي (10 جنوب، وشمال خط الاستواء) تهطل أكبر كمية من الهطولات. يبلغ مجموع الهطول السنوي حوالي 2000 مم ومطياً، ويصل إلى 5000-6000 مم في جزر المحيط الهادي. الهطول مستمر على مدار العام لكن هناك نهايتين أعظميتين للهطول بعد الاعتدالين الربيعي والخريفي، ونهائيتين أصغريتين بعد الانقلابين الصيفي والشتوي.

- في الحزام المداري (بين 10 و 30 خطي عرض) كما في شمال الكرة الأرضية كذلك في جنوبها، يقسم العام في المناطق الواقعة في هذا النطاق إلى فصلين أساسيين: فصل حار وماطر وفصل بارد نسبياً وجاف، تتوقف الهطولات مع أشهر الصيف.

يختلف نظام الهطول المداري في الأجزاء القارية، عنه في الأجزاء الواقعة على جوانب القارات الشرقية، وعن تلك المتداخلة مع المحيطات، بحيث يمكننا التمييز بين ثلاث أنظمة مدارية وهي:

أ- نظام مداري قاري:

نجد داخل القارات وغربها، يكون الهطول الأعظمي في فصل الصيف والهطول الأصغري في فصل الشتاء. يتراوح معدل الهطول السنوي في مناسط هذا النظام بين 400-1000 مم.

ب- نظام مداري بحري:

يظهر هذا النظام على سواحل القارات الشرقية والجزر. يتركز أعظمي الهطول في فصل الصيف (هطول حصاني)، والأصغري في فصل الشتاء بفعل الرياح التجارية البحرية الرطبة. يتراوح معدل الهطول السنوي بين 1000-2000 مم.

ج- نظام مداري موسمي:

يسود هذا النظام في الأجزاء الجنوبية والجنوبية الشرقية من القارة الآسيوية. تهطل الغالبية العظمى من أمطاره في فصل الصيف بتأثير الرياح البحرية الرطبة، أما فصل الشتاء فيكون جافاً في أغلب المناطق. كمية الهطول السنوية في هذا النظام لا تقل عن 1000 مم.

- المناطق الواقعة في الحزام فوق المداري، الهطولات قليلة نسبياً. تتفاوت مجاميع الهطولات السنوية في هذا النطاق بدرجات كبيرة، فبينما يصل معدلها على السفوح الجنوبية للهمالايا (قرب تشيرابونجي في الهند) إلى 12700 مم، فإنها تقل في الصحارى عن 50 مم. نلاحظ في هذه المناطق أن الهطول لا يكون متقارباً خلال الفصول، حيث يكون فصل الشتاء أقل جفافاً من الصيف، وتتركز الهطولات بشكل أساسي في الفترة الباردة من العام.

- العروض المعتدلة فوق القارات: يحدث الهطول الأعظمي صيفاً والأصغري شتاءً، تتراوح كمية الهطول بين 300-500 مم في العام. أما فوق المحيطات، فيحدث العكس والهطول يتراوح بين 750-1000 مم في العام.

يمكن تقسيم النظم المطرية للمناطق الواقعة خارج نطاق المدارين إلى:

1- النظام المتوسطي:

هو النظام السائد في حوض البحر الأبيض المتوسط بين خطي عرض 30-40 شمالاً وجنوباً على السواحل الغربية من القارات. تهطل الأمطار بشكل أعظمي في الشتاء، وبكميات قليلة في الربيع والخريف. أما الصيف فهو جاف تماماً وذلك بسبب تحريك نطاق الضغط الاستوائي المنخفض نحو الشمال في الصيف، فيتحرك معه نطاق الضغط المرتفع المداري، مما يؤدي إلى تغيير التيارات التي تهب على هذه المنطقة. فبدلاً من التيارات الغربية والجنوبية الغربية (حسب ظروف كل عام) المحملة بالأمطار، سوف تقع المنطقة تحت تأثير ضغط جوي مرتفع ورياح شرقية أو شمالية شرقية جافة، مما يمنع الهطول لفترة طويلة. مع حلول الشتاء تعود نطاقات الضغط إلى وضعها الطبيعي، فتصبح منطقة البحر المتوسط مفتوحة أمام الرياح الغربية القادمة من المحيط الأطلسي والمحملة بالأمطار. يقسم هذا النظام إلى متوسطي نموذجي ومتوسطي مخفف.

2- نظام شرق القارات:

يعد الصيف فصل الهطول الأعظمي في السواحل الشرقية للقارات بسبب سيطرة الرياح البحرية الرطبة. أما الشتاء فهو ليس جافاً تماماً إنما تهطل فيه كميات قليلة من الأمطار. يسود هذا النظام في الصين الجنوبية الشرقية، وجنوب شرق الولايات المتحدة وشرق أستراليا.

3- نظام حرب أوروبا:

يتميز بهطول مستمر للأمطار على مدار العام، مع تزايد ملحوظ بأشهر الشتاء والخريف. يسود هذا النظام على السواحل الغربية لأوروبا وسواحل أمريكا الجنوبية والشمالية خارج سيطرة النظام المتوسطي، وذلك حتى خط عرض (55-60) شمالاً وجنوباً. تتراوح كمية الأمطار السنوية بين 1000-1500 مم.

4- النظام القاري:

يسود هذا النظام داخل قارات العروض الباردة والمعتدلة الباردة (شرق أوروبا ووسطها، سهول أمريكا الشمالية والوسطى). يتميز بهطول مطري أعظمي في الربيع والصيف، وهطول مطري أصغر في الخريف والشتاء.

5- النظام الصحراوي:

الهطول في المناطق الصحراوية قليل جداً ويتراوح بين 50-250 مم. وهذه الكمية المحدودة من الهطولات لا تخضع لنظام معين وثابت، إنما يختلف وقت حدوثها تبعاً لموقع

الصحراء من النظام المطري السائد حولها. وقد تتوقف الأمطار لعدة سنوات في الصحراء الحقيقية ولا يزيد المعدل عن 25 مم وتهطل أمطار عاصفية أحيانا.

6- النظام القطبي:

يكون الهطول في هذا النظام قليلا، بسبب سيطرة الضغوط المرتفعة فترة طويلة من السنة فوق هذه المناطق. يكون أعظمي الهطول صيفا وأصغري الهطول شتاء فوق اليابسة، والعكس فوق المناطق البحرية. تتراوح كمية الهطول السنوية بين 50-150 مم.

المميزات السنوية للهطول بحسب المعدلات الشهرية (مم) في بعض المحطات ذات الأنظمة المطرية المختلفة موضحة في الجدول (10-2)

يخضع القطر العربي السوري لنظام أمطار متوسطي نموذجي من الشكل (شتاء-ربيع-خريف). وتتناقص الهطولات كلما اتجهنا من الغرب إلى الشرق، ومن الشمال إلى الجنوب. ويعتبر عنصر الهطول عاملا محددًا لإنتاجية المزروعات البعلية المختلفة في القطر.

الجدول (10-2) بين المسارات السنوية للهطول بحسب المعدلات الشهرية (مم)

في بعض المحطات التي تملك مختلف أنواع المناخ

الموقع	المحطة و التربة	كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول	النظام المعطي
شمال خط الاستواء	موسكو - روسيا	35	33	37	40	55	70	83	77	60	55	48	44	هوق مداري - قاري
	الجزائر - الجزائر	111	78	69	52	38	14	3	4	32	30	110	121	هوق مداري - متوسط
	سبها - ليبيا	7	1	1	1	1	1	0	0	0	1	3	1	صحراوي
	تامبوكوندا - الهند	1	1	0	2	22	130	172	257	222	71	2	0	مداري
	المناطق الاستوائية	35	69	148	198	225	180	79	84	202	299	331	30	استوائي
جنوب خط الاستواء	كاسميا - الكاميرون	318	213	163	36	<2	<2	<2	<2	<2	33	145	272	مداري
	موس - ميتش - أنتولا	7	6	14	11	0	0	0	0	0	1	2	2	صحراوي
	كيت - قارن - جنوب أفريقيا	16	14	19	35	91	102	98	82	58	36	24	19	هوق مداري متوسط
	توكوسمان - الأرجنتين	178	153	152	69	31	16	19	10	15	66	103	153	هوق مداري قاري

6 العوامل المؤثرة في توزيع الهطولات على سطح الأرض :

هناك مجموعة من العوامل تتحكم في توزيع الهطولات على سطح الأرض منها:

- 1- الارتفاع: تزداد كمية الأمطار مع الارتفاع عن سطح البحر حتى حد معين ثم تنقص بالتناقص لأن الرياح المحملة بالرطوبة تفقد تدريجياً "قسماً" من الرطوبة على هيئة أمطار. والحد الانقلابي الذي يتبدل فيه زيادة الأمطار إلى نقصان يقع على ارتفاع يتراوح بين 1500-3500 م.
- 2- اتجاه السفوح: السفوح المقابلة للرياح المحملة بالرطوبة تكون حصتها من الأمطار أكثر من المنحدرات الواقعة خلفها. فالسفوح المقابل للرياح يكون أكثر رطوبة والمنحدر الذي خلفه يكون أكثر جفافاً.
- 3- الرياح: يلعب اتجاه الرياح ونوعيتها ومصدرها دوراً فعالاً في توزيع الأمطار فالرياح الرطبة القادمة من البحر تسبب هطول أمطار غزيرة أكثر من الرياح القادمة من اليابسة. كما أن الرياح القادمة من المسطحات المائية الدافئة تسبب هطول أمطار أكثر من الرياح التي تمر على سطوح مائية باردة، نظراً لارتفاع نسبة الرطوبة فيها.
- 4- البحيرات والمحيطات: يزداد هطول الأمطار في المناطق المجاورة للبحار والبحيرات، نظراً لارتفاع نسبة الرطوبة الجوية في الهواء الرطب القادم من البحر.
- 5- الغابات: يزيد وجودها كمية الأمطار نظراً لازدياد كمية بخار الماء في الجو الناتج عن عمليتي التبخر والتنتع. يبدو هذا التأثير واضحاً بالنسبة للغابات الاستوائية الممتدة على مساحات شاسعة جداً.
- 6- درجة عرض المكان: يرتبط اختلاف توزيع الأمطار على سطح الكرة الأرضية باختلاف كميتها وغازاتها بدرجة عرض المكان. حيث توجد مناطق كثيرة الهطول تتجاوز أمطارها السنوية 2000 مم، ومناطق قليلة الأمطار ينخفض معدل أمطارها السنوية عن 250 مم.

7-10 الغطاء الثلجي :

يشكل الثلج الذي يسقط على سطح الأرض عند درجات الحرارة السالبة ما يسمى بالغطاء الثلجي الذي يؤثر بشكل كبير على النظام الحراري لكل من التربة والهواء.

تزداد أهمية الغطاء الثلجي في العروض المعتدلة والشمالية وفي المناطق الجبلية وكان Voykov A.I. أول من أشار إلى ضرورة دراسة الغطاء الثلجي منوهاً إلى أهميته بالنسبة للإنتاج الزراعي في هذه المناطق.
في سوريا.

تتصدر أهمية الغطاء الثلجي بالمناطق الجبلية المرتفعة حيث يستمر لأيام أو أسابيع بحسب ارتفاع الموقع والظروف الميئورية السائدة في كل عام.

10-7-1 خصائص الغطاء الثلجي

- تحدد حالة الغطاء الثلجي في أي منطقة بارتفاعه، كثافته، وطبيعة توضع.
- يتعلق ارتفاع الغطاء الثلجي بكمية الثلج الهائل وكثافته.
 - كثافة الغطاء الثلجي: هي النسبة بين وزن عينة الثلج وحجمها. وهي تتغير من 0.01 غ/سم³ (الثلج الهائل حديثاً) إلى 0.6 غ/سم³ (الثلج المتكدم الذي يبدأ بالذوبان).
 - تتعلق طبيعة توضع الغطاء الثلجي بطبوغرافية المكان، طبيعة السطح، وسرعة الرياح. حيث أن اختلاف هذه العوامل يقود إلى توضع غير منتظم للغطاء الثلجي مما يؤدي إلى تجمع الثلج في كميات كبيرة في أماكن معينة وزوال التغطية عن أجزاء أخرى.
- يتميز الغطاء الثلجي بقيم اليبس مرتفعة (90-95 % بالنسبة للثلج الهائل حديثاً) وناقلية حرارية ضعيفة، والتي تتناسب طردياً مع كثافة الثلج. عند كثافة 0.2-0.3 غ/سم³ يكون معامل الناقلية الحرارية للثلج أقل بعشر مرات تقريباً مما هو عليه بالنسبة للتربة.

10-7-2 ارتفاع وكثافة الغطاء الثلجي ومخزونه المائي

تتم عمليات قياس ارتفاع الغطاء الثلجي في المحطات الميئورية يومية باستخدام ثلاثة مساطر ثابتة لقياس الثلج، والتي توضع في بداية موسم الهطول قرب ساحة الرصد بحيث تبعد كل واحدة عن الأخرى عشرة أمتار تشكل سحاً مثلثاً متساوي الأضلاع.

ارتفاع الثلج: يتم القياس بالمسطرة الثابتة في كل يوم صباحاً، ومن القياسات الثلاثية بحسب متوسط ارتفاع الغطاء الثلجي (بالسنتمرات). عدا ذلك، تحدد درجة التغطية بالنسبة للمساحات المحيطة وتوصف عادةً طبيعة توضع الغطاء الثلجي بالحدود التالية: منتظم، غير منتظم، باعتدال، غير منتظم بشكل كبير، مع وجود مواقع ذاتية.

كثافة الثلج: تقدر كثافة الثلج بواسطة مقياس الثلج الوزني وهو عبارة عن أسطوانة يتم غرسها في الثلج بشكل شاقولي من طرفها الحاد حتى تصل إلى سطح التربة. بعد ذلك يحدد ارتفاع الغطاء الثلجي على التدريج بالسنتيمتر. يزال الثلج حول الأسطوانة بمجرقة خاصة ثم تدخل

هذه المجرفة تحت الاسطوانة من أجل رفعها. تقلب الاسطوانة ويتم وزنها مع عينة الثلج المأخوذة. وبذلك تحسب كثافة الثلج d

$$d = \frac{m}{S \times h}$$

حيث: m كتلة العينة المأخوذة من الثلج (غ).

S مساحة مقطع الاسطوانة (50 سم²).

h ارتفاع الغطاء الثلجي (سم).

إذا علمنا بعد تحديد كثافة وارتفاع الغطاء الثلجي يصبح من السهل تقدير مخزون الماء في الثلج z بالمليمترات:

$$z = 10 h d$$

يمكن تحديد مخزون الماء في الثلج باستخدام بعض الأجهزة التي تعتمد على قياس النشاط الإشعاعي الذي يضعف مع زيادة الماء في الثلج.

10-7-3 أهمية الغطاء الثلجي بالنسبة للإنتاج الزراعي

يمتلك الغطاء الثلجي أهمية كبيرة من النواحي البيئية والزراعية، فهو مصدر رئيسي لتغذية المياه الجوفية والأنهار والينابيع في الكثير من المناطق ويعتبر في نفس الوقت مخزون مائي هام بالنسبة للنباتات.

يحمي الغطاء الثلجي المحاصيل الشتوية والأعشاب المعمرة من التجمد. لذلك فإن المناطق ذات الشتاء القارس تعتبر غير صالحة لزراعة المحاصيل الشتوية إذا كان الغطاء الثلجي فيها غير متوفر خلال الفترة الباردة.

من هنا نلاحظ أن المحاصيل الشتوية تزرع بشكل أساسي في المناطق التي تزيد فيها سماكة الغطاء الثلجي عن 30 سم إذا كان الشتاء قاسياً أو في المناطق ذات الشتاء الأقل قسوة.

يؤدي الألبينو المرتفع للغطاء الثلجي في المناطق الشمالية أو على المرتفعات الجبلية إلى طول فترة بقاءه وتأخر ذوبانه خلال فصل الربيع، مما يقلل فترة النمو ويعيق إجراء العمليات الزراعية بشكل مبكر. لذلك تستخدم طريقة تلويث سطح الثلج بالتربة الغامقة اللون أو بالتورب، الأمر الذي يؤدي إلى تخفيض الألبينو بشكل حاد وبالتالي زيادة امتصاص الأشعة الشمسية. وبذلك يذوب الثلج قبل 10-15 يوم مما هو عليه في الحقول المجاورة، وهذا يسمح بإعداد التربة وتجهيزها بشكل مبكر للزراعة.

8-10 أهمية الهطولات بالنسبة للإنتاج الزراعي :

تعتبر الهطولات المصدر الأساسي لريطوبة التربة في الزراعة البعلية. فالأمطار التي تسقط بهدوء وبشكل منتظم خلال فترة طويلة، تعتبر من أكثر الأمطار ملائمة للزراعة، نتيجة التوازن بين غزارة الهطول وسرعة نفاذ الماء إلى داخل التربة.

تكون الأمطار العاصفة التي تهطل بقوة خلال فترة قصيرة غير مرغوبة لأن التربة لا تستطيع امتصاصها والاستفادة منها. نتيجة جريان قسم كبير منها على السطح مما يؤدي إلى انجراف التربة في كثير من المناطق وخاصة على المنحدرات، ويضعف المجموع الجذري للنباتات.

أما الأمطار التي تهطل بكميات بسيطة جداً، خاصة إذا كان الجو بعيداً عن الإشباع والحرارة مرتفعة نسبياً، فتكون غير فعالة لأنها تتبخر بسرعة.

تسبب الأمطار القوية ضجعان محاصيل الحبوب والحبائش وتعيق العمليات الزراعية. كما أن الهطول المستمر للأمطار خلال مرحلة الإزهار يخفض نسبة التلقيح والإخصاب. أما في مرحلة الجني، فقد تؤدي الهطولات إلى إنبات الحبوب في الأكوام.

يسبب البرد الخطر الأكبر على الإنتاج الزراعي، خاصة عند هطوله فسي المناطق الجبلية، حيث يتكرر سقوطه عدة مرات خلال مراحل نمو النباتات.

تختلف رطوبة التربة الناتجة عن هطول الأمطار تبعاً لطبوغرافية الموقع وبنية التربة ورطوبتها قبل سقوط الأمطار. وعادة الأجزاء العلوية من المنحدرات تتلقى كمية من الأمطار أقل بـ 1.5-2 مرة بالمقارنة مع الأجزاء السفلية.

وجود الغطاء النباتي يمنع وصول حوالي 10-35% من الهطولات إلى سطح التربة، وذلك بحسب نوع النباتات وكثافة الغطاء النباتي والظروف الميئيورولوجية.

يسبب انقطاع الهطولات لفترة طويلة حدوث الجفاف، حتى في مناطق العروض المعتدلة، حيث تكون رطوبة التربة كافية. بشكل عام، انحباس الأمطار لمدة 8-10 أيام متتالية خلال الصيف يؤدي إلى ظهور حالة عجز مائي في الطبقة السطحية من التربة. غياب الهطولات لفترة طويلة إذا ترافق مع ارتفاع درجة حرارة الهواء، فإن طبقة التربة السطحية التي تنتشر فيها الكتلة الرئيسية للجذور تجف.

يحدث في ظل هذه الظروف تباطؤ بنخزين المواد العضوية في النباتات، فتبدأ بالذبول، وبعد ذلك تجف الأوراق وأجزاء حمل الثمار. وإذا ترافقت هذه الظروف مع مرحلة النضج اللبني لدى محاصيل الحبوب، فإنها تؤدي إلى تشكيل حبوب صامرة، أما عند الأشجار فيحدث سقوط للثمار.

تشير أبحاث الأرصاد التجريبية إلى أن أخطاء القياس في الهطول تزداد كلما ابتعدنا عن مكان القياس، فمثلاً على بعد واحد كم قد تبلغ الاختلافات $\pm 23\%$ ، على بعد 5 كم تبلغ $\pm 38\%$ ، وعلى بعد 10 كم تبلغ $\pm 47\%$. علماً بأن الاختلافات تكون خلال فصل الصيف أكبر مما هي عليه بالفصول الأخرى. لذلك من أجل التقدير الدقيق لظروف الرطوبة في مناطق الإنتاج الزراعي لا بد من قياس الهطولات في نقاط عديدة ومتقاربة. تحدد كمية الهطول في منطقة معينة الأنواع النباتية التي يمكن زراعتها إذا سمحت ظروف الحرارة بذلك. وكذلك فهي تحدد الدورات الزراعية الممكنة ومستوى الإنتاج لكل محصول. يبين الجدول (3-10) كميات الهطول اللازمة لإنتاج محصول اقتصادي لأهم المحاصيل الحقلية.

الجدول (3-10) كميات الهطول (مم) اللازمة لإنتاج محصول اقتصادي لأهم المحاصيل الحقلية في القطر العربي السوري (عن سنكري ، 1990)

الهطول		المحصول	الهطول		المحصول
للإنتاج الأدنى	للإنتاج الأعلى		للإنتاج الأدنى	للإنتاج الأعلى	
400	800	عباد الشمس	185 500	500	شعير عربي أبيض شعير عربي أسود
425	1000	ذرة ببضاء حبية	200	500	قمح حماري
800	1400	ذرة أمريكية	200	500	قمح حوراني
450	1000	فول حقل	250	400	البسبوس الأرضي
500	800	برسيم أرضي Bacchus	250	600	بيقية مزروعة
500	1000	فول صويا	250	600	كرسنة
500	1000	رجل الديك Dagtylis glomerata	250	600	النفل الترسي
500	1000	<i>Lolium perenne</i> حشيشة الفرس	300	600	عدس
400	1000	دخان	350	600	بطيخ أحمر

900	550	قنب	800	375	القطن اللوري
1200	600	فصة	800	350	<i>Phalaris tuberosa</i> المجاجة البيضاء
1000	550	بطاطا	800	375	القرطم
1000	550	شوندر سكري	600	400	دبة البركة (شوندر)
1400	800	البرسيم الأبيض <i>T. Repense</i>	650	410	كزبرة
700	400	حمص	650	425	برسيم أرضي <i>Dwalganq</i>
800	400	<i>Trifolium incarnatum</i>	650	425	شمرة

ترب

الفصل التاسع

الظواهر الجوية المؤثرة سلباً في الزراعة

يعتبر علم الظواهر الجوية والزراعة من العلوم الحديثة ويعتمد في أصله على معرفة الظواهر الجوية وتفسير سلوكها وتأثيراته الموجبة والسالبة في حياتنا اليومية بشكل عام وفي الزراعة بشكل خاص.

وسنتناول في هذا الفصل ظاهرتين مناخيتين على درجة كبيرة من الأهمية والتأثير بالإنتاج الزراعي وهما: الصقيع والجفاف.

أولاً الصقيع: يعد الصقيع من الظواهر المائية الدالة على انخفاض درجة الحرارة إلى ما دون نقطة التجمد، وبمعنى آخر هو عبارة عن ظاهرة مناخية خطيرة تهدد الإنتاج الزراعي، حيث يتحول بخار الماء إلى إير ثلجية صغيرة نتيجة لانخفاض درجة الحرارة إلى ما تحت الصفر المئوي.

وهناك ثلاثة أنواع من الصقيع:

1- الصقيع الأبيض: سمي بذلك لأنه يترك بلورات ثلجية على أوراق النباتات وأفرعها والأسطح التي يلامسها. ويمتلك الصقيع الذي يحدث في الليالي الصافية والسكون ذات الجو الجاف وانخفاض الرطوبة النسبية فتظهر البلورات الثلجية بمجرد انخفاض درجة الحرارة إلى ما دون الصفر المئوي.

ويطلق على هذا النوع من الصقيع أيضاً الصقيع الإشعاعي وتوقف شدته على التباين الحراري بين درجة حرارة الليل والنهار فتزداد خطورته كلما كان هذا الفرق كبيراً ويحدث هذا النوع من الصقيع في الربيع من نهاية شباط وحتى غاية نيسان ولذلك يطلق عليه أحياناً بالصقيع الربيعي.

2- الصقيع الأسود : يأتي هذا النوع من الصقيع مع الكتلة الهوائية الباردة وترافقه الرياح وتدني درجة الحرارة إلى ما دون 10 م° تحت الصفر، وإن الرياح الشديدة البرودة هي الأساس في قساوة هذا النوع من الصقيع على النباتات والزراعات القائمة ، وتوقف درجة الضرر والتأثير في الزراعات المحلية بالمدة التي يستمر فيها هذا الانخفاض في درجات الحرارة وقد سمي بالصقيع الأسود نظراً لما يتركه من لون أسود على الأعضاء النباتية التي يصيبها . ويحدث هذا النوع من الصقيع في الشتاء ولذلك يسمى بالصقيع الشتوي وتتأثر به فقط الأشجار دائمة الخضرة وخصوصاً الزيتون كما حدث في صقيع 1949-1950 في محافظة إدلب. وعندما تكون الرياح

طرق المقاومة:

أولاً الطرق الوقائية: في المراحل الإنشائية للمزارع والبساتين لا بد من دراسة احتمالات الصقيع عن طريق :

- 1- تنظيم مخططات كتلورية تبين خطورة الصقيع واحتمالاته على ضوء المعطيات المناخية الدقيقة.
- 2- تصريف الهواء البارد عن طريق إقامة بعض الحواجز أو العولرض الصناعية والأسيجة التي تحوي فراغات لتصرف الهواء البارد خارج المنطقة.
- 3- خدمة التربة وتعيمها جيداً فالتربة المغلوة وفيها الكتل الترابية تتخفف درجة حرارتها -3 م° زيادة عن التربة المنعمة والمخدومة جيداً.
- 4- القضاء على الحشائش ومخلفات الموسم السابق .
- 5- الاعتناء بخدمة الأشجار لتكون قوية ومكافحتها فتكون سليمة من الأمراض والحشرات.
- 6- إقامة مصدات الرياح هامة جداً شريطة الاستفادة منها وتحديد النفائية وتوجيهها للهواء البارد خارج المنطقة المعرضة.
- 7- إلغاء الحفرات وبحيرات تجمع الهواء البارد وردمها.
- 8- زراعة المحاصيل البقولية وتحميلها على الأشجار المثمرة مما يخفف من حدة الصقيع.
- 9- دراسة معطيات الأرصاد الجوية وتحليلها .

ثانياً الطرق الفعالة: من أهم الطرق للفعالة:

1- التسخين والتدفئة:

أ- اطرأت السيارات البالية وبقايا الكاوتشوك والبن... الخ: وهي طريقة قديمة جداً لكسب الحراري فيها لا يتجاوز درجة مئوية واحدة.

ب- الموائد :

ب-1 للموائد البسيطة: لكسب حراري فيها 2-2.5 م°.

ب-2 الموائد ذات المدخنة: يحتاج الهكتار الواحد ما بين 60-100 مدفأة تعمل دون توقف لمدة 18 ساعة ولكسب حراري فيها ثلاث درجات.

ب-3 الموائد ذات اللهب ذاتية التغذية: مستوى التدفئة فيها 500 م° للموحد الواحد تتصل بمستودع عام وأنابيب للتغذية الذاتية لكسب حراري من 2-4 م°

ج التدفئة بواسطة الغاز: ويتم فيها توزيع الاشعاع الحراري أفقياً بواسطة صنادير غاز البروبان 1000 رأس لكل لهب/ هكتار. مستوى التدفئة من سطح الأرض وحتى ارتفاع 4م لكسب حراري من 3-4 م°.

د- التدفئة بالبهارافين: لكسب حراري من 2-4 م°.

ثانياً الجفاف

مفهوم الجفاف: يعد الجفاف من أهم الظواهر الجوية المؤثرة في الزراعة . ومفهوم الجفاف من وجهة النظر العلمية عبارة عن الفترة التي يكون التبخر الإجمالي في منطقة ما أكبر من كمية الأمطار الهاطلة خلال نفس الفترة.

وقد اقترحت المنظمة العالمية للأرصاد الجوية تعريفين للجفاف:

الأول: تخلف المطر عن السقوط أو سوء توزيعه لفترة طويلة

الثاني: فترة يسودها نقص جاف بدرجة غير عادية وتطول بما يكفي بحيث يتسبب نقص الأمطار خلالاً هيدرولوجياً خطيراً.

كما عرفت اللجنة الدولية لتغيرات المناخ (IPCC) الجفاف بأنه ((الظاهرة الطبيعية التي تنشأ في تلك الحالات عندما تكون كمية الهطول أقل وبشكل ملحوظ من مستوى المعدلات المسجلة في المنطقة مما يؤدي إلى خلل واضح في الميزان الهيدرولوجي يكون له انعكاس سيء على إنتاجية الموارد الأرضية)).

يمكن تمييز نوعين من الجفاف:

1- الجفاف الجوي: ويرتبط بالظروف الجوية ويتجلى بانحباس المطر لفترات طويلة

وارتفاع الحرارة وتدنّي الرطوبة النسبية للهواء

2- الجفاف الأرضي: وينشأ عادة كنتيجة للجفاف الجوي ويحدث عندما تعجز التربة عن

إمداد النبات بهجائه من الماملتعويض الفاقد بالنتج مما يؤدي إلى تندي الانتاج الزراعي .

آثار الجفاف: آثاراً سلبية عديدة أهمها:

1- الآثار الاقتصادية: يؤثر الجفاف بشكل خاص على الدول التي تعتمد في اقتصادها

على الزراعة والرعي حيث تؤدي حالات الجفاف الطويلة والمتكررة إلى ضغوط

متزايدة على موارد المياه وبالتالي فإن توفر مصادر مائية بديلة يولد عباء اقتصادية

كبيرة على الأفراد والمجتمع.

أثر الجفاف في المزارع:

يعد الجفاف من العوامل الفيزيائية التي تسبب إجهاداً للنبات بسبب ارتفاع درجة الحرارة

ونقص الماء وغالباً ما تكون ردة فعل النبات بزيادة تركيز بعض المركبات التي تثبط

تبادل المواد مثل الليتلين وحمض الأبسيسيك.

وقد بينت الدراسات الحديثة وعلى عكس الاعتقادات السابقة أن النقص المائي يظهر في

أنسجة النبات قبل فترة طويلة من وصول التربة إلى رطوبة الذبول الدائم وبالتالي فإن

هـ- التدفئة بالأشعة تحت الحمراء: يحتاج الهكتار الواحد من 3-7 وشائع يلزمها 100 عاكس والكسب الحراري من 2-4 م°.

و- التدفئة بالكهرباء: تستعمل بالبيوت الزجاجية والمستنبتات وهي مكلفة وغير اقتصادية.
ي- الضباب الصناعي: طريقة قيمة تعتمد على توليد الضباب الذي يساعد على تعديل درجة الحرارة للكسب الحراري من 1.5-2 م°.

2- التهوية:

1-2 المزج والتقليب: وفيها يتم تحريك الهواء ومزجه. يحتاج الهكتار الواحد إلى قوة 30-60 حصان بخاري ومن 1-3 مراوح الكسب الحراري 1-3 م°.

2-2 الهواء الساخن: وفيها تزود أجهزة لتقليب الهواء بمولدات حرارة والكسب الحراري 3-4 م°.
3-2 الهيلوكبتر: عبارة عن حوامات عمودية تحمل توربينات خاصة تنتج تحت ضغط معين الهواء الساخن الذي ينتشر بصورة أفقية فوق المزروعات المعالجة.
4-2 الري بالرذاذ: وهي طريقة هامة ومضمونة إذا أحسن استعمالها ويصل الكسب الحراري فيها إلى 5 م°.

3- الطرق البيولوجية:

وهي على نوعين:

أ- من الناحية الزراعية: تعتمد هذه الطريقة على عدة نقاط أهمها:

- 1- اختيار الأصناف المقاومة للصقيع .
- 2- اتباع طريقة التقليم التي تؤخر الإزهار.
- 3- التربة العالية التي تقلل من خطر الصقيع .

ب- الناحية الحيوية الكيميائية:

وتستعمل فيها منظمات النمو التي تؤخر النمو النباتي والنشاط لمدة تزيد على ثلاثة أسابيع مما يضمن عدم تأثرها بالصقيع كاستعمال الألفا نفتالين الخلي. كما أن استعمال الأدوية الكيميائية في مقاومة الفطريات تعمل على تأخير النمو بشكل ملموس وكذلك الأسمدة الكيميائية والتي تستعمل في الشتاء في وقت مبكر لاحتمال الصقيع الربيعي مما يساعد في تقليل ضرر الصقيع.

نقص الماء وإن كان بسيطاً في التربة يمكن أن يؤثر وبشكل مباشر في نمو وتطور النبات.

وتختلف أضرار الجفاف باختلاف مرحلة النمو التي يمر بها النبات فعلى سبيل المثال تعد المرحلة الحياتية الحرجة لمحصول القمح هي استطالة الساق -الاسبال(تكون الساقابل) أثر الجفاف على البيئة والتنوع الحيوي:

إن تضافر الأثر السلبي لنشاط الإنسان مع فترات الجفاف المتكررة أدى ويؤدي إلى تدهور المجتمعات النباتية وزيادة التصحر ويكون لهذا أثر مباشر على الحياة البرية والتنوع الحيوي.

يسبب الجفاف تلوثاً للهواء بسبب زيادة الغبار والعوالق الترابية الناتجة عن انجراف التربة الجافة والمتدهورة بواسطة الرياح الجافة .

ويبقى الجفاف من أهم العوامل المساعدة على نشوب الحرائق في المناطق الحرجية بسبب الظروف المرافقة لانحباس الأمطار من ارتفاع في الحرارة وتدنّي في الرطوبة النسبية للهواء المر الذي يؤدي إلى تجفيف فرشة الغابة وزيادة كميات الوقود القابلة للاشتعال. الآثار الاجتماعية للجفاف:

يؤدي الجفاف والقحط الشديد والمتكرر إلى تدهور الأراضي وحوث أزمات مثل المجاعة والفقر وهذا يقود إلى نزوح السكان وهجرتهم مما يفقدهم هويتهم الثقافية ويشوه نسيج حياتهم الاجتماعية لاعتمادهم على الزراعة أو الرعي وعدم وجود مصادر بديلة للدخل.

طرائق مقاومة الجفاف:

- 1- استنباط الأصناف النباتية المقاومة للجفاف.
- 2- زراعة النباتات في مناطق مناخية تتناسب واحتياجاتها المائية
- 3- حتى لا يتعرض النبات الجفاف والذبول لابد أن تبقى رطوبة التربة بحدود 70-8- % من السعة الحقلية.
- 4- تخفف الفلاحة السطحية للتربة من التوصيل المائي بين طبقات التربة السطحية والعميقة وبالتالي تحافظ على المخزون المائي للتربة
- 5- الري بالأوقات المناسبة والطرق الحديثة والتي تخفف من هدر الماء وتؤمن احتياجات النبات.

الفصل العاشر

تغير المناخ

1- تعريف التغير المناخي:

يخضع المناخ لتغيرات دورية طويلة الأمد تحدث وفق قوانين طبيعية خلال فترات زمنية كبيرة ، ونتيجة لمثل هذه التغيرات فإن مناخ منطقة جغرافية معينة يمكن أن يصبح أكثر برودة أو أكثر دفئاً ، أكثر رطوبة أو أكثر جفافاً.

تعرض مناخ الأرض خلال تاريخا الطويل إلى تغيرات كبيرة جداً في المناخ وهذا ما تؤكدّه المعطيات الجيولوجية المختلفة.

تظهر آثار التغيرات المناخية في تذبذب مستوى البحار والبحيرات المغلقة وتبدل تركيب الغطاء النباتي وكذلك في عمليات تشكل التربة وغيرها. وتعد حلقات نمو الأشجار وترسبات المستنقعات والبحيرات أحد أهم الدلائل على التغيرات التي حدثت خلال آخر 2000 إلى 5000 سنة لذلك تستخدم على نطاق واسع في علم المناخ القديم Paleoclimatology . يمكن تقسيم الفرضيات التي تفسر أسباب التغيرات المناخية الكبيرة التي حدثت في الماضي إلى ثلاث مجموعات:

1- **فلكية:** تربط تغير المناخ بتغير عناصر مدار الأرض حول الشمس وتذبذب زاوية ميل محور الأرض ، مما يؤدي إلى تغير الطاقة الواصلة من الشمس إلى المناطق المختلفة

على سطح الأرض. أكثر هذه الفرضيات انتشاراً نظرية العالَم اليوضي Milankovitch.

2- فيزيائية: تفسر تغيرات المناخ بتغير شدة الإشعاع الشمسي الوارد وتغير تركيبه الطيفي فالشمس برأي العلماء نجم متحول، بالتالي فإن الثابت الشمسي يخضع لتغيرات دورية ملحوظة نتيجة تطور نشاط الاحتراق على سطح الشمس. كذلك فإن كمية الإشعاع الوارد و تركيبه الطيفي تتغير باختلاف خصائص الغلاف الجوي في تمرير الأشعة نتيجة تغير كل من تركيبه والعمليات التي تحدث فيه.

3- جيولوجية - جغرافية: تعزي تغيرات المناخ إلى تغير مساحة وعمق المحيطات و تواضع القارات وتغير اتجاه وقوة التيارات المحيطية مما يؤدي بدون شك إلى تغيرات واضحة في الدورة العامة لكل من الغلاف الجوي والغلاف المائي.

لا توجد في الوقت الحالي فرضية موحدة ومعتمدة يمكن أن تفسر جميع التغيرات المناخية التي حدثت في الماضي، ويرأي معظم الباحثين أن تغيرات المناخ كانت مرتبطة بنشاط الشمس المتغير إضافة إلى عمليات أرضية تتصف بتفاعل معقد للغاية ونتائج متعددة. بما أن التغيرات المناخية الطبيعية تحدث ببطء أي خلال آلاف أو ملايين السنين، فإن الدور الأكبر خلال القرن الحالي في تغيرات المناخ لن يكون لأسباب طبيعية بل لتأثير عوامل النشاط البشري.

إن النشاطات البشرية المتنامية بوتائر سريعة يمكن أن تؤدي إلى تغير ملحوظ في المناخ العام خلال فترة قصيرة نسبياً في المستقبل القريب بسبب زيادة تركيز الغازات النزرية والملوثات وزيادة محتوى الأيروسولات في الغلاف الجوي.

تعزي التغيرات السريعة في تركيب الغلاف الجوي - خلال القرنين الماضيين - بشكل رئيسي إلى النشاطات البشرية المختلفة كحرق الوقود الأحفوري وبعض الممارسات الصناعية والزراعية الأخرى إضافة إلى قطع أشجار الغابات وحرق الكتلة الحيوية. إن الحرائق المفتعلة في الغابات والمساكن في المناطق الاستوائية والمدارية بهدف تحويلها إلى مزارع ومراعي تنتج كميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون إضافة إلى أول أكسيد الكربون والميثان وأكاسيد النتروجين. كما أن التربة التي خلت من الأشجار بعد قطع الغابات تصدر أكسيد النتروز الذي يصدر أيضاً عن المحاصيل الغنية بالنيتروجين.

تعتبر تربية المواشي مصدراً رئيسياً للميثان، كما ينتج الميثان أيضاً من زراعة البرز الذي يعتبر غذاء رئيسياً للكثير من سكان المناطق الحارة.

يتوقع العديد من العلماء ازدياداً سريعاً في حرارة الأرض مما سيؤدي إلى تغيرات ملحوظة في المناخ. وذلك بسبب زيادة الاحتباس الحراري الناتج عن زيادة مفعول ظاهرة الدفنية Greenhouse effect من جراء ارتفاع تركيز الغازات التي تستص الإشعاع الحراري طويل الموجة والتي نطلق عليها اسم غازات الدفنية Greenhouse gases وأهمها CO_2 (وهو الأكثر تركيزاً) الميثان CH_4 ، أكسيد النيتروز N_2O ، الأوزون O_3 ، ومركبات كلورفلورالكربون CFCs. كما هو مبين في الجدول (1-12).

جدول (1-12) يوضح تغير تراكيز غازات الدفنية في الغلاف الجوي حتى عام 2000
(عن IPCC 2001)

المؤشر	التغيرات المسجلة
تركيز CO_2 في الغلاف الجوي	تزايد التركيز من ppm280 قبل الثورة الصناعية حتى ppm368 في عام 2000 (الزيادة تعادل $31 \pm 4\%$)
تركيز CH_4 في الغلاف الجوي	تزايد التركيز من ppb 700 قبل الثورة الصناعية حتى 1750 ppb في عام 2000 (الزيادة تعادل $151 \pm 25\%$)
تركيز N_2O في الغلاف الجوي	تزايد التركيز من ppb 270 قبل الثورة الصناعية حتى 316 ppb في عام 2000 (الزيادة تعادل $17 \pm 5\%$)
تركيز O_3 في التروبوسفير	تزايد التركيز بنسبة $35 \pm 15\%$ من بداية الثورة الصناعية حتى عام 2000، نسبة الزيادة تتغير بشكل كبير من منطقة لأخرى
تركيز O_3 في الستراتوسفير	تناقص خلال الفترة من عام 1970 حتى عام 2000، نسبة التناقص تختلف بحسب الارتفاع وخط عرض المنطقة
تركيز CFC في الغلاف الجوي (HFCs, PFCs, SF6)	تزايد التركيز على مستوى العالم خلال آخر 50 سنة

لقد أثبتت الأبحاث المختلفة لفقاعات الهواء المحتجزة في الجليد القطبي أن ارتفاع الحرارة في الماضي كان متوافقاً بشكل واضح مع زيادة كل من CO_2 والميثان. ولذلك فإن الكثير من العلماء يعتقد بأن زيادة تركيز CO_2 وغازات الدفنية الأخرى ستقود بالنتيجة إلى زيادة التسخين على سطح الأرض. ومع أن هذا الاعتقاد يلقي قبولاً لدى الكثير من العلماء والباحثين إلا أن مجموعة كبيرة من العلماء تؤكد عدم صحة هذا الرأي مستندة في ذلك إلى أن زيادة تركيز CO_2 في الغلاف الجوي ناتجة عن ارتفاع الحرارة الأمر الذي يحسب من

انحلال هذا الغاز في المحيطات مما يؤدي إلى زيادة تركيزه في الغلاف الجوي. وأن ارتفاع الحرارة ناتج عن أسباب أخرى تتعلق بالنشاط الإشعاعي للشمس والحقل المغناطيسي بين كواكب المجموعة الشمسية. حيث أنه من المعروف أن انحلال غاز CO_2 في الماء يقل مع ارتفاع الحرارة ويزداد مع انخفاضها.

إن زيادة محتوى الغلاف الجوي من الايروسولات، والتي تقل من شفافية الغلاف الجوي يمكن أن تعطي تأثيراً معاكساً لغازات الدفنية مما يحد من التسخين الناتج عن الاحتباس الحراري.

إن نشاطات الإنسان المختلفة، والتي ينجم عنها تغير في طبيعة السطح يمكن أن تؤدي إلى تغيرات مناخية ملحوظة. إذ يمكن أن تؤثر بعض العمليات واسعة النطاق مثل قطع الغابات وإزالة السهوب و تجفيف المستنقعات وإقامة السدود وري المناطق الصحراوية وعمليات التشجير... وغيرها على الميزان الإشعاعي للمنطقة وبالتالي على التبادل الحراري والمائي بين الغلاف الجوي و سطح الأرض الأمر الذي يؤدي إلى تغير في مناخ المنطقة والمناطق المجاورة.

يعتبر الشذوذ والتطرف أحد أهم مظاهر التغيرات المناخية في الوقت الحالي والذي يتجلى في زيادة حدة الظواهر الميئورولوجية المختلفة وفي التذبذب الكبير لقيم العناصر الميئورولوجية بين عام وآخر بالنسبة لمعدلها العام. والجدول (12-2) يبين أهم التغيرات التي تم تحديدها من قبل اللجنة الدولية لتغيرات المناخ IPCC خلال القرن العشرين.

جدول (2-12) أهم التغيرات المناخية المسجلة خلال القرن العشرين (عن IPCC 2001)

المؤشر	التغيرات المسجلة
متوسط الحرارة العام لسطح الأرض	تزايد بمقدار 0.2 ± 0.6 م خلال القرن العشرين علماً بأن الزيادة فوق سطح اليابسة أكبر مما هي عليه فوق سطح المحيطات
الحرارة في نصف الكرة الشمالي	تزايدت خلال القرن العشرين بدرجة أكبر من أي فترة خلال آخر ألف سنة، علماً بأن التسعينات كانت العقد الأكثر دفئاً خلال الألف سنة هذه.
مجال الحرارة النهارية قرب سطح الأرض	تزايد خلال الفترة من عام 1950 حتى عام 2000 فوق اليابسة، علماً بأن وتيرة تزايد الحرارة الصغرى خلال الليل فاقَت بمرتين وتيرة تزايد الحرارة العظمى النهارية.
مؤشر الأيام الحارة	تزايد
مؤشر الأيام الباردة (أيام الصقيع)	تناقص صلياً في جميع مناطق اليابسة خلال القرن العشرين
الهطولات فوق القارات	تزايدت بنسبة 5-10% خلال القرن العشرين في نصف الكرة الشمالي، علماً بأن الهطولات تناقصت في بعض المناطق مثل شمال وغرب أفريقيا وبعض مناطق حوض المتوسط
حالات الهطول الغزير جداً	تزايدت في العروض المعتدلة والعلوية من نصف الكرة الشمالي
تكرار وقسوة الجفاف	تزايد نطاق القحولة خلال فصل الصيف وما يرتبط بها من انتشار للجفاف في مجموعة من المناطق، في مناطق محددة كـ بعض أجزاء آسيا وأفريقيا لوحظ تزايد واضح في تكرار وشدة الجفاف خلال السنوات العشر الأخيرة.

بالإضافة إلى التغيرات المذكورة فإن هناك زيادة واضحة في حدة بعض الظواهر مثل ظاهرة النينو (ElNino Southern Oscillation (ENSO التي أصبحت أكثر تكراراً واستمراراً وشدة خلال العقود الأخيرة (20-30 سنة) بالمقارنة مع المئة سنة التي سبقتها. لوحظت ظاهرة النينو والتي تعني بالاسبانية "طفل الميلاد" لأول مرة من قبل الصيادين في البيرو قبل 200 سنة، أما في الوقت الحالي فيقوم علماء من مختلف دول العالم بدراسة هذه الظاهرة، والتي ترتبط بتشكيل أجزاء كبيرة من المياه الدافئة في المنطقة الاستوائية من المحيط الهادي مما يسبب اضطراباً في مصائد الأسماك قرب سواحل البيرو و الاكوادور . يتكرر حدوث هذه الظاهرة بشكل غير منتظم مرة كل 3-7 سنوات ، وخلال حدوثها تضعف الرياح التجارية السائدة في حين يقوى التيار الاستوائي العكسي مسبباً تدفق المياه

السطحية الدافئة في المنطقة الاثدونيكية باتجاه الشرق لتغطيه على المياه الباردة فسي تيسر انيرو.

يكون اظاهرة النينو أثر كبير على الرياح و درجة حرارة سطح البحر و أنماط الهطول في المناطق المدارية من المحيط الهادي ، كما أن لها أثراً مناخية في جميع مناطق المحيط الهادي و في كثير من أنحاء العالم الأخرى ، إذ تغير هذه الظاهرة وبشكل حاد صليات التبادل الحراري والمائي بين الغلاف الجوي والمحيط (وهي أحد أهم عوامل تكون الطقس) مما يؤدي إلى فوضى في الطقس العالمي: أسطار غزيرة جداً في أمريكا الجنوبية و أوروبا والهند وجفاف قاس في أستراليا وبعض مناطق أفريقيا وخاصة الساحل الأفريقي. يخلق على الظاهرة المعاكسة للنينو اسم النينا La Nina .

لا تقتصر التغيرات على المناخ فقط حيث تشير تقارير لجنة تغيرات المناخ إلى وجود تغيرات أخرى فيزيائية وبيولوجية. أهم التغيرات الفيزيائية: تقلص المساحات الجليدية وتناقص سماكة الجليد في المناطق القطبية و تناقص طول فترة تجمد البحيرات والأنهار و تراجع الغطاء الثلجي بنسبة 10% تقريباً.. وغيرها. أما التغيرات البيولوجية فأهمها زيادة طول فترة النمو 1-4 أيام لكل عقد خلال العقود الأربعة الأخيرة في نصف الكرة الشمالي و انزياح حدود نمو النباتات وانتشار الحيوانات إلى الشمال وإلى ارتفاعات أعلى عن سطح البحر و التبكير في إزهار النباتات وفي هجرة الطيور وتكاثرها وفي ظهور الحشرات في نصف الكرة الشمالي... وغيرها.

وفق تقديرات العلماء (S.L.Thompson, M.I. Budyko , T.M.Wigley وغيرهم) ونماذج التنبؤ عن تغيرات المناخ، فإن زيادة الحرارة في المستقبل القريب ستكون أكبر في العروض العليا بالمقارنة مع المناطق المدارية والاستوائية كما أنها ستظهر خلال الفترة الباردة من العام بشكل أكثر وضوحاً مما هي عليه خلال الفترة الدافئة ، أما كميات الهطول فسوف تزداد في العروض المعتدلة وقد تقل في بعض المناطق وخاصة فوق المدارية تحت خط عرض 40°.

12-2- المناخ وعلاقته بالإنتاج الزراعي.

يحدد المناخ التوزيع الجغرافي للزراعات المختلفة ومقدار نجاح هذه الزراعات في مختلف المناطق. إضافة إلى ذلك فهو يحدد ظروف تربية الحيوانات الزراعية وفترات الرعي الممكنة.

لقد أشار العالم الروسي تيميريازيف منذ عام 1897 إلى أن أهمية المعطيات المناخية بالنسبة للإنتاج الزراعي تتضح عند معرفة احتياجات النباتات لعناصر المناخ، وهذا يعني أنه

من أجل التقدير الزراعي للمناخ لابد من التعبير كسبياً عن العلاقة بين كل من تطور النباتات وتكوين إنتاجها وبين عناصر المناخ. عندئذ يمكن باستخدام هذه المعطيات تقدير درجة ملائمة المناخ في أي منطقة لأنواع المزروعات المختلفة.

إن الاستخدام الأكثر فعالية للطبقات الكثيفة وكذلك تقليل ضرر الظواهر الميثيورولوجية غير الملائمة للإنتاج الزراعي تنبهر من الأسس العملية التي تحتاج إلى دراسة المناخ بشكل دقيق ، وهذا يتطلب تحديد المؤشرات الكمية المسيرة عن تأثير عناصر المناخ على عمليات الإنتاج الزراعي.

يمتلك الهواء - باعتباره أحد عناصر الوسط الحيوي - تركيبيلاً غازياً واحداً (بالنسبة للعناصر الرئيسية) في جميع المناطق المناخية. كذلك فإن النظام الضوئي في جميع المناطق باستثناء القطبية، وتحت ظروف الكثافة المثلى للنباتات لا يعتبر عادة عاملاً محدداً للنمو والتطور. إذا تبقى الحرارة والرطوبة فقط كعناصر محددة بشكل أساسي لامتداد مرحلة النمو وإنتاجية النباتات. لذلك فإن تقدير المناخ من الناحية الزراعية يعتمد بالدرجة الأولى على تقدير النظام الحراري وظروف الرطوبة في مختلف المناطق المناخية.

عند دراسة المناخ بالنسبة للإنتاج الزراعي يتم وضع التقديرات الكمية لكل مما يلي:

- 1- الظروف الحرارية وجزئياً ظروف الإضاءة خلال مرحلة النمو وأجزائها المختلفة.
- 2- ظروف الرطوبة والتي تشمل نظام الأمطار ورطوبة التربة خلال نفس المراحل.
- 3- ظروف التشبية بالنسبة للمحاصيل الشتوية والنباتات المعمرة والتي يتم تحديدها من خلال قيم الحرارة الصغرى للهواء والتربة وكذلك ارتفاع الغطاء الثلجي في المناطق التي تغمرها الثلوج (المناطق الجبلية أو العروض الأكثر برودة).
- 4- الظواهر الميثيورولوجية غير الملائمة (الخطرة) بالنسبة للإنتاج الزراعي.

بالمطابقة مع خصائص المناخ المشار إليها لابد من معرفة احتياجات النبات للوسط وبالتحديد: القيم المثلى والحرارة للهواء والتربة، التراكيمات الحرارية اللازمة لاستكمال مراحل التطور من الزراعة حتى النضج، كمية الماء التي تؤمن تكسوين أفضل إنتاج... وغيرها. عدا ذلك يعتبر استخدام المعطيات عن تكرار العناصر المناخية الرئيسية والظواهر الميثيورولوجية الخطرة من أهم شروط تقدير المناخ زراعياً مما يسمح بحساب التوفر المناخي لتطور وإنتاج المحاصيل المختلفة ووضع التشابهات المناخية الزراعية.

* المؤشرات المناخية الزراعية:

إن العلاقات المعبر عنها كمياً بين عناصر المناخ من جهة وبين عناصر الإنتاج من حيث النمو والتطور والتحمل والإنتاج من جهة أخرى تسمى المؤشرات المناخية الزراعية. تعطي مقارنة هذه المؤشرات مع موارد المناخ الإمكانية لتحديد درجة ملائمة أو عدم ملائمة ظروف المنطقة لنمو أنواع محددة من المحاصيل أو الأشجار المثمرة أو لتربية سلالات معينة من الحيوانات الزراعية.

تستخدم التراكومات الحرارية النشطة والفعالة وكذلك التراكومات الحرارية البيولوجية كمؤشرات مناخية زراعية معبرة عن احتياجات النباتات للحرارة. جميع أشكال التراكومات الحرارية والتي تصنف حاجة النباتات للحرارة يسهل مقارنتها مع الموارد الحرارية للمنطقة التي يعبر عنها غالباً بمحصولات الحرارة النشطة. كذلك تنسب إلى المؤشرات المناخية الزراعية الحرارة الحرجة المؤدية إلى موت النباتات.

يتم حساب التراكومات الحرارية النشطة بجمع متوسطات الحرارة اليومية للفترة والتي تزيد قيمة كل منها عن عشر درجات مئوية وإهمال تلك التي تقل قيمتها عن ذلك. أما التراكومات الحرارية الفعالة فتحسب بأخذ متوسطات الحرارة اليومية واستبعاد قيمة صفر النمو منها، أي بجمع قيم الحرارة المحصورة بين المتوسط اليومي وقيمة صفر النمو، وهي ما نطلق عليه أيضاً اسم درجات النمو اليومية (G.D.D).

التراكومات الحرارية البيولوجية - هي محصلة المتوسطات الحرارية اليومية التي تقع فوق حدود صفر النمو (الصفر البيولوجي) من بداية تطور النبات حتى النضج مع الأخذ بعين الاعتبار التصحيح الحراري بالنسبة لبعض الأنواع بحسب رد فعلها تجاه طول النهار، الجدول (3-12).

جدول (3-12) يبين التراكومات الحرارية البيولوجية المعبرة عن الاحتياجات الحرارية لأنواع المحاصيل للوصول إلى مرحلة النضج عند خط عرض 55° (عن Loser) .

المحصول	صفر النمو C°		التراكومات الحرارية البيولوجية	التصحیح لكل درجة عرض، C°
	المراحل الأولى	المراحل الأخيرة		
قمح ربيعي (طري)	5	10	1400-1700	-20
شوفان	5	10	1250-1550	-20
شعير	5	10	1250-1450	-15
جودار شتوي	5	10	1300-1400	-30
بازلاء	5	10	1250-1550	-8
عياد الشمس	8	10	1850-2300	0
ذرة صفراء	10	10	2200-2900	0
فاصولياء	12	12	1500-1900	0
بطاطا	10	-	1000-2000	0
أنواع السورغم	12	12	2400-2900	+10
ذرة بيضاء	10	10	1570-1875	+15
فول الصويا	10	10	2140-3060	+10
القنب	3	-	1830-2620	+9

ملاحظة: تعبر القيم الدنيا عن احتياجات الأصناف المبكرة و القيم العليا عن احتياجات الأصناف المتأخرة.

نلاحظ في الجدول (3-12) أن التصحيح يمتلك إشارة سالبة بالنسبة لنباتات النهار الطويل أي أنه مع الانتقال إلى الشمال من خط العرض 55° فإن محصلة الحرارة البيولوجية يجب أن تقل بحسب القيم الموافقة للفرق في خط العرض ، أما عند الانتقال إلى الجنوب فإن المحصلات تزداد لأن التصحيح يأخذ إشارة معاكسة. بالنسبة لنباتات النهار القصير يأخذ التصحيح إشارة موجبة أي أن المحصلات تزداد عند الانتقال إلى الشمال وتتناقص عند الانتقال نحو الجنوب . و يكون التصحيح الحراري تبعاً لخط العرض مساوياً للصفر لدى النبات المحايدة لطول النهار .

هنا لابد من الإشارة إلى أن المحاصيل تحتاج إلى تسخين محدود -100 درجة عند الانتقال إلى مناطق قارية وهذا يعود إلى دور درجات الحرارة النهارية في التأثير على نمو وتطور النباتات بالرغم من وجود مستوى متدنٍ لمتوسط الحرارة اليومية في كثير من الأحيان (بسبب الفروقات الكبيرة بين حرارة الليل والنهار). تشمل المؤشرات المناخية الزراعية المعبرة عن الاحتياجات المائية مخزون الماء المتاح الذي يؤمن مستوى محدد من الإنتاج و القيم الحرجة لرطوبة التربة التي تؤدي إلى ضرر أو موت النباتات إضافة إلى مؤشرات الجفاف المختلفة والتي تكون غالباً مركبة (تعتمد على عنصرين أو أكثر).

إذا أخذنا على سبيل المثال الذرة الصفراء والتي تتحدد إنتاجيتها - تحت الظروف الحرارية المثلى - بمخزون الماء المتاح في القطاع المتري خلال المراحل من ظهور ثلثي الأوراق حتى النضج اللبني، فإن ظروف الرطوبة تقدر بالمجالات التالية: مثالية 120-180 مم، جيدة 80-120 مم، مقبولة 40-80 مم وسينة إذا كانت أقل من 40 مم. يمكن الاعتماد على قيم الهطول أو مؤشرات الجفاف في حال عدم توفر معطيات عن رطوبة التربة. كمثال يمكن أن نذكر قيم المعامل الحراري الرطوبي لسيليفيتوف بالنسبة للقمح والبطاطا. حيث تعتبر ظروف الرطوبة مثالية إذا كانت القيم بين 1.2 و 1.4 خلال مراحل نمو القمح من ظهور البادرات وحتى الإسهال. وتكون مثالية إذا تراوحت ضمن المجال 1 - 1.6 بحسب نوع التربة خلال مرحلة تشكل الدرنات والتي تعتبر المرحلة الأكثر أهمية بالنسبة لمحصول البطاطا.

* التشابه المناخي الزراعي: Agroclimatic analogy

بدأت الدراسات الأولى في مجال التشابه المناخي الزراعي في مطلع القرن العشرين. إلا أن جميع هذه الدراسات باءت بالفشل وتمرضت للنقد الحاد من قبل الأخصائيين في مجال إنتاج المحاصيل. ويعود السبب في ذلك إلى أن القائمين على هذه الأبحاث انطلقوا من المقارنة المباشرة للظروف المناخية العامة للمناطق المختلفة دون أخذ الاحتياجات الخاصة بالمحاصيل الزراعية بعين الاعتبار.

لقد نوه فافيلوف Vavilov, N.I عام 1932 إلى أن مسألة التشابهات المناخية لا يجب أن تعالج بشكل سطحي، إذ لا يوجد تشابه كامل في ظروف المناخ والقربة. لذلك فإن المقارنة من خلال الخصائص المناخية العامة بين المناطق المختلفة لا تحقق أهداف الإنتاج الزراعي، لكن إذا انطلقنا من التقدير الزراعي للمناخ الذي نجد فيه انعكاساً لكل من النظام

الحراري و نظام الأمطار وغيرها من العناصر المناخية المؤثرة على محصول معين خلال مختلف مراحل النمو والتطور وخلال فترة النمو بالكامل، ولذلك يمكن تحديد المتشابهات المناخية الزراعية بالنسبة للمحصول المدروس في المناطق التي تتم مقارنتها.

عند زراعة أنواع معينة من المحاصيل فإنه من الضروري بالدرجة الأولى أن تساهم عناصر المناخ - المحددة للنشاط الحيوي للنباتات - احتياجات هذه المحاصيل. هذه القاعدة تعتبر أساساً لنظرية التشابه المناخي الزراعي التي وضعتها كل من فسافيلوف، سيليانينوف Selianinov, G.T، ودافيتايا Davitaya, F.F. حسب هذه النظرية فإنه عند نقل المحاصيل الزراعية من منطقة مناخية إلى أخرى لابد من تحديد درجة التوافق بين الموارد المناخية للمنطقة الجديدة وبين احتياجات النباتات المعبر عنها بالمؤشرات المناخية الزراعية.

لقد أكد سيليانينوف عام 1966 بأنه ليس من الضروري عند تحديد المتشابهات المناخية الزراعية البحث عن التشابه في جميع عناصر المناخ، والذي لا يوجد عملياً في الطبيعة، بل يكفي أن نحصل على تشابه بالنسبة لتلك العناصر التي تمتلك أهمية حاسمة بالنسبة لمحصول معين. وبالتالي فإنه عند تحديد التشابه المناخي الزراعي في مختلف المناطق لابد أن نختار الخصائص المناخية الزراعية التي تؤمن احتياجات نباتات معينة من حيث المجال الحراري الملائم للنمو والتطور و التراكبات الحرارية اللازمة لاستكمال دورة الحياة والتوفر الرطوبي خلال مراحل النمو المختلفة.

لقد تأكدت نظرية التشابه المناخي عملياً، وأعطت الأساس لنشر وتوزيع العديد من النباتات الهامة اقتصادياً في مناطق جديدة.

12-3 التصنيف المناخي والبيومناخي.

يسمح التصنيف المناخي والبيومناخي بإظهار العلاقة بين الظروف المناخية للمناطق المختلفة وبين الغطاء النباتي الطبيعي السائد فيها، كما يعطي إمكانية تقدير مجمل الموارد المناخية للمنطقة بالنسبة للإنتاج الزراعي.

إن تحديد الموارد المناخية لمنطقة معينة وتقدير درجة ملائمتها بالنسبة لعناصر الإنتاج الزراعي تعتبر الهدف الرئيسي للتصنيف البيومناخي، الذي يساعد على تقسيم أي منطقة إلى نطاقات مختلفة عن بعضها البعض من حيث المؤشرات البيومناخية وظروف الإنتاج الزراعي، مع وضع حدودها الجغرافية وتصميم الخرائط المختلفة الخاصة بها.

لا يمكن تصنيف المناخ في منطقة معينة بالاعتماد على قيم ميٲورولوجية لعام معين، إذ لابد من الاعتماد على المعدلات المناخية لقيم العناصر المستخدمة والتي تشمل العام بالكامل، بحيث تسل أكبر عدد ممكن من السنوات.

الجدول (4-12) يظهر أربع علاقات مختلفة لتصنيف المناخ مع المجالات المصعدة للظروف المناخية والغطاء النباتي الطبيعي الذي يغلب وجوده ضمن كل مجال. وكما نلاحظ من الجدول فإن العلاقات المدرجة تختلف بشكل كبير عن بعضها من حيث العناصر المناخية أو المؤشرات المعتمدة بالنسبة لكل علاقة.

جدول (12-4) بعض العلاقات المستخدمة في تصنيف المناخ و الحدود الدالة لكل منها .

Ivanov إيفانوف		Chashko شاشكو	Seljaninov سيليانينوف	De Martone ديمارتون	التصنيف وفق
$\frac{P}{E}$	$\frac{P}{\sum d}$	$\frac{P}{0.1 \sum T > 10^{\circ}C}$	$\frac{P}{T + 10}$	طبيعة المنطقة و النظام النباتي السائد	مناخ المنطقة
> 1.33	> 0.6	> 1.6	> 30	تلخفا	رطب جاف Very humid
1.33-1.0	0.6-0.45	1.6-1.3	30-20	تلخفا و غلات عريضة الأوراق	رطب Humid
1.0-0.77	0.45-0.35	1.3-1.0	20-10	غلات سببية	شبه رطب semi-humid
0.77-0.55	0.35-0.25	1.0-0.7		Stopper هبوب نموذجية	شبه جاف semi-arid
0.55-0.35	0.25-0.15	0.7-0.4	10-5	مربوب جافة (بوليفي)	جاف Arid
0.33-0.22	0.15-0.10	0.4-0.2		semi - مناطق نصف صحراوية desert	شديد الجفاف very arid
< 0.22	< 0.10	< 0.2	< 5	صحراوية desert	جاف بخلوف extremely arid
المعدل العام للهطول السنوي مقترأ بالعامتر (في جميع العلاقات) P					العناصر أو المؤشرات المناخية المستخدمة
E	$\sum d$	$\sum T > 10^{\circ}$	T C		
المحصنة السنوية	المحصنة السنوية لقيم التباعد عن الإنباع	الفرق الحاراري	المتوسط السنوي لحرارة الهواء		
قيم التباعد الممكن مع	مقدرة بالهكتوباسكال	عشر درجات مئوية			

تم وضع العديد من العلاقات لتصنيف المناخ في منطقة المتوسط إلا أن العلاقة التي وضعها العالم الفرنسي أمبرجيه Emberger كانت الأكثر قبولاً وانتشاراً ودقة في تصنيف هذه المنطقة. لذلك لابد من التعرف على طريقة أمبرجيه في التصنيف البيومناخي خاصة وأنها استخدمت في تصنيف مناطق القطر العربي السوري.

يعتمد تصنيف أمبرجيه على قيمة كل من المعامل الحراري الرطوبي (Q) ومتوسط درجات الحرارة الصغرى لأبرد شهر في السنة (m) من أجل تحديد الطابق البيومناخي الذي تنتمي إليه المنطقة المراد تصنيفها.

يتم حساب قيمة المعامل الحراري الرطوبي لأمبرجيه باستخدام العلاقة:

$$Q = \frac{1000P}{\left(\frac{M+m}{2}\right)(M-m)} = \frac{2000P}{M^2 - m^2}$$

حيث P معدل الأمطار السنوية بالمليمترات.

M متوسط درجات الحرارة العظمى لأحر شهر في السنة بالدرجة المئوية.

m متوسط درجات الحرارة الصغرى لأبرد شهر في السنة بالدرجة المئوية.

تؤخذ قيمة كل من M و m بالدرجات المئوية لكن عند تطبيق العلاقة لابد من إضافة 2.73 لتصبح القيمة بالدرجات المئوية. وهذا يسمح باستخدام العلاقة عندما تكون قيم m سالبة (أي في المناطق الباردة).

استناداً إلى قيمة كل من Q و m لعدد كبير من المحطات التي تمثل مختلف المناطق المناخية في منطقة المتوسط ومن خلال مقارنة هذه القيم مع الغطاء النباتي الطبيعي في هذه المناطق تمكن أمبرجيه من وضع مخطط يسمح بتقسيم منطقة المتوسط بيومناخياً إلى عدة طوابق تختلف في درجة الرطوبة والجفافية وهي:

- 1- الطابق البيومناخي المتوسطي لأعلى الجبال.
- 2- الطابق البيومناخي المتوسطي الرطب جداً.
- 3- الطابق البيومناخي المتوسطي الرطب.
- 4- الطابق البيومناخي المتوسطي شبه الرطب.
- 5- الطابق البيومناخي المتوسطي شبه الجاف.
- 6- الطابق البيومناخي المتوسطي الجاف.
- 7- الطابق البيومناخي المتوسطي الجاف جداً.

كما قسم كل من هذه الطوابق إلى ثلاثة أقسام: علوي - متوسط - سفلي.
بالاعتماد على قيمة m يمكن تمييز أشكال حرارية مختلفة ضمن كل طابق.

الشكل الحار $m \geq 7$

الشكل المعتدل $3 < m < 7$

الشكل المتوسط البرودة $0 < m < 3$

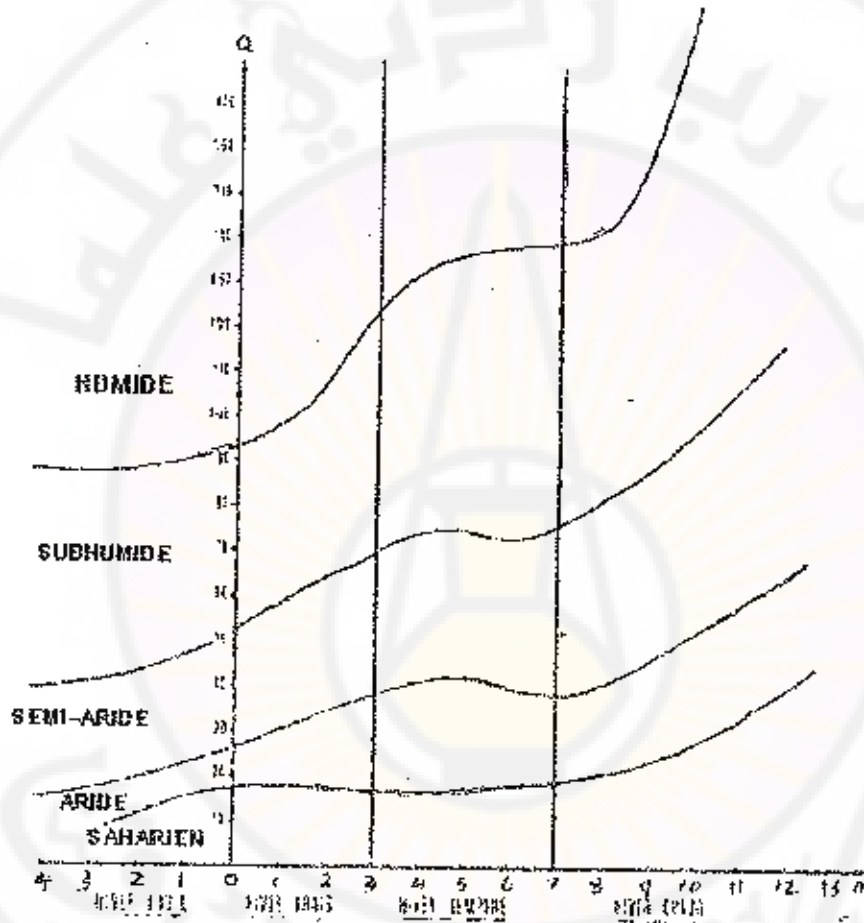
الشكل البارد $-3 < m < 0$

الشكل البارد جداً $-7 < m < -3$

الشكل الشديد البرودة $-14 < m < -7$

يتم تحديد الطابق البيومناخي للمنطقة المراد تصنيفها من خلال المخطط المبين في الشكل (1-12) من خلال موقع تقاطع قيمتي Q و m .

يعتبر التصنيف البيومناخي الدقيق أساساً لتوزيع أصناف وهجن المزروعات بالشكل الذي يؤمن الاستثمار الأمثل لموارد المناخ، وبالتالي الحصول على إنتاج مرتفع ومستقر في مختلف المناطق.



الشكل (1-12) مخطط كليماتوغرام يسمح بتصنيف المناخ بحسب قيمة المعامل الحراري الرطوبي Q ومتوسط درجة الحرارة الصغرى لأبرد شهر m وفق أميريكية .

جامعة دمشق
كلية الزراعة

المناخ والأرصاد الجوية

الأستاذ الدكتور عبد الله أبو زخم

السنة الأولى - الفصل الأول

Damascus University

الجزء الثاني

علم المناخ

يعود أصل علم المناخ **Climatologie** إلى اللغة اليونانية وتقسم أصلاً إلى مقطعين الأول **Clima** ويعني الميل أي ميل أشعة الشمس بالنسبة لسطح الأرض ، وقد تم تقدير تأثير هذا الميل من قبل علماء الإغريق واعتبروه المسؤول عن توزيع الحرارة على سطح الأرض وذلك قبل اكتشاف قوانين الفيزياء بقرون طويلة ، والثاني **Logos** ويعني العلم ، ويصبح التعريف الحرفي للمناخ هو العلم الذي يبحث في علاقة ميل أشعة الشمس بسطح الأرض الكروي وهو يحدد بالتالي التوزيع النظامي والنفطي للحرارة في مختلف أرجاء الكرة الأرضية ، بدأت الدراسات المناخية المبكرة منذ القرن الثالث قبل الميلاد وتزايد الاهتمام بها بعد بطليموس منذ القرن الثاني الميلادي ، وأضحى علم المناخ بصورته الأولية من أقدم فروع المعارف الإنسانية فقد اهتم به البشر قبل تعلم القراءة والكتابة وسبق الاهتمام به عصر الرعي والزراعة ، فقد كان المطر مثلاً يحدد وفرة فرائس الصيد التي تعد أساس حياة الجماعات البشرية التي تسعى باستخدام النار إلى انتظار نمو العشب وجذب طرائد الصيد نحو مربيعها ، إضافة إلى أهمية المناخ وتغيراته في نشاط الإنسان وهجرته ورحلته وخوفه ، وقد تضمنت المفاهيم والمعتقدات والمبانيات عند كثير من الشعوب شيئاً من المناخ وتطور مع علم التنجيم وقراءة الغيب ، حتى هجرات الحيوانات البرية والطيور المهاجرة تعتمد على ظواهر مناخية وفلكية ودورية مثل الجفاف والرياح الموسمية وتوالي الليل والنهار والفصول الأربعة وكلها ذات علاقة وثيقة بأشكال المناخ وتغيراته ، ورغم استمرار هذا المفهوم لقرون عديدة فإن مفهوم علم المناخ أصبح أوسع وأشمل من التعريف المبني السابق ، فتعداه لدراسة الجو وحالة الطقس ومختلف العوامل المؤثرة فيه ، وتفسير الظواهر التي تحدث في مكان معين ومدى تكرارها لفترات طويلة من الزمن ، وأصبح المناخ يعتمد على دراسة متوسطات عناصر الجو لمدة زمنية كافية لا تقل عن ٢٥ عاماً وذلك وصولاً إلى تحديد سمات وميزات المناخ للمنطقة الجغرافية المدروسة .

كان المناخ يعرف حتى بداية القرن العشرين بأنه يدل على مجمل أحوال الطقس فوق مساحات من الأرض تمتاز بشروط جوية متقاربة أو متشابهة عادة ، وبالتالي يصبح معبراً عن كافة حالات الطقس المعروفة فوق هذه المساحات ، ويمثل المناخ بعدم الثبات والتبدل المستمر وقد لوحظ أن هذه التبدلات تكتم بشكل دوري ، كما شهد علم المناخ ثورة حقيقية بعد اكتشاف موازين الحرارة والضغط والأمطار التي ساهبت في تحويل هذا العلم من بيانات وصفية تقريبية تعتمد على الموروث والقصص والحكايات التي تروي الطوفان منذ طوفان نوح والسنين الجفاف والسماح منذ يوسف الصديق ، هذا وقد أصبح من العلوم الحديثة التي تعتمد الأرقام والإحصائيات والمتوسطات والقيم المتطرفة والأرقام الشاذة . كتب همبولدت Humboldt عام ١٨٠٧ ملاحظة دقيقة حول المناخ قد تكون صحيحة وواضحة جداً حتى الوقت الحاضر وهي :

هل تزايد شدة الإشعاع الشمسي فوق المدارين يمكن أن يؤثر على مناخ العالم ، وقد يصل هذا التأثير إلى أوروبا وحتى القطبين وذلك قبل ملاحظة أي أثر لذوبان الثلوج الدائمة ، وقد أشار إلى تسجيل ارتفاع ملحوظ للحرارة منذ ٩ آلاف سنة قبل الميلاد في نهاية العصر الجليدي ، تلى ذلك ظهور فترات برودة متتالية حتى ٥ آلاف سنة قبل الميلاد ، وساد مناخ معتدل رطب لعدة قرون في الألف الثالث قبل الميلاد ، وتشير المراجع الموثقة إلى عدة فترات باردة في شمال أوروبا عامة والجزر البريطانية خاصة بين ١٣٠٠ - ١٤٠٠ ق م. وفترة برودة أطول امتدت من ٢٠٠٠ إلى ٥٠٠ ق م . وبعد الميلاد تم توثيق التباينات المناخية التالية :

- سيادة جو معتدل نسبياً بين القرنين الحادي عشر والثامن عشر الميلاديين .
- تخلل ذلك فترات برودة ملحوظة في القرنين الثالث عشر والرابع عشر ميلادي .

- وكذلك خلال القرنين السادس عشر والسابع عشر ميلادي ، حيث تقاتلت فترات برد متباعدة كما يلي :
- فترة برودة امتدت بين ١٦٠٠ - ١٦٨٠ م .
- برودة شديدة وتقدم الثلوج الملحوظ في أعوام ١٧٢٠ - ١٧٥٠ م .
- ارتفاع الحرارة وتراجع الثلوج بين أعوام ١٨٥٠ - ١٩٥٠ م .
- وكان هذا الارتفاع ملحوظا منذ عام ١٨٨٠ م .
- وسجل أشد تراجع بين أعوام ١٩٢٠ - ١٩٤٠ م .
- كما اتجه المناخ نحو البرودة النسبية منذ ١٩٤٠ م .
- وقد تقاتلت فترات الجفاف والحرارة المرتفعة خلال القرن العشرين
- شهد القرنان الماضيان اهتمام متزايد بدراسة المناخ وتغير الطقس بفضل محطات الرصد وتسجيل المعطيات المناخية .

وأكد ثورة ثيودور في تعريف المناخ على تكامل العوامل المناخية وتلازمها مع عناصر الطقس التي تسجل عمليا فوق المناطق المتماثلة ، والتي تعطي بالنتيجة خصائص ومواصفات مناخية تمثل المناطق المتشابهة ، وأصر كوين على المناخ الحيوي وتأثير كافة عناصر الطقس التي تجعل مكانا ما من سطح الأرض قابلا للسكن البشري وإيواء الحيوانات ونمو المحاصيل والغابات والمراعي وغيرها ، وأكد روبن مفهوم المناخ الإنساني ومدى تأثير عناصره على صحة ونشاط وحيوية الإنسان وراحته وسعادته

تم تأسيس المؤسسة العالمية للأرصاد الجوية OMM Organisation de Meteorologie Mondiale وتتبعها لجنة خاصة لدراسة المناخ العالمي CC Comission de Climatologie

كما تقرر نتيجة أخطار تغير المناخ إنشاء المنظمة العالمية لتغير المناخ CCO
وقد تم تعريف المناخ بحسب المؤسسة العالمية : بأنه مجمل العناصر المتأرجحة أو المتحركة عليها سواء الفيزيائية أو الكيميائية أو الحيوية التي تسود وتميز بشكل أساسي مكانا معينا والتي تؤثر على الأحياء التي تعيش فيه ، وهكذا يبدو المناخ مفهوما معقدا رغم بساطة وتعدد تعاريفه التي قد تطول أو تقصر ويمكن تلخيص معظم هذه التعاريف : بأن المناخ هو مجمل العناصر الجوية التي تميز الغلاف الجوي المضطرب وتتألف بشكل معتاد وطبيعي خلال فترات زمنية محددة بعشرات السنوات على الأقل بحيث تعطي لكل منطقة جغرافية مناخها ووصفها الخاص ، ومع ذلك لا يمكن اعتبار المناخ مفهوما مبهما بل هو صورة فعلية محسوسة للهواء الجوي وتغيراته الذي يحيط بالأرض ويشكل محيطا ووسطا طبيعيا ومهدا وسببا للحياة ، تتكيف الأحياء مع حالاته وتحصل الصخور والتربة واليابسة والمياه آثاره التي تنعكس على كافة أشكال الحياة وهو أحد المواد الحاملة للحياة ، وتعد عناصر الرصد الجوي الأساسية عناصر مناخية بنفس الوقت ومنها الإشعاع الشمسي وعلاقته بالارتفاع والميل والتضاريس ، والرياح المحلية والحركة العامة للهواء ، والتكاثف والرطوبة والهطولات ودورة الماء في الطبيعة ، والتيارات البحرية وآثارها على مناخات السواحل والحياة البرية النباتية والحيوانية وكذلك دورها في تحديد صلاحية مكان ما للنشاط الإنساني الموسمي مثل بادية الشام التي لا تصلح للحياة خلال الصيف الطويل الحار والجبال العالية التي تصبح الحياة فيها مستحيلة خلال الشتاء البارد والثلوج الهائلة ، وأخيرا فقد اختار الإنسان منذ القدم مواطن ممتازا بمناخات معتدلة وحارة كانت مهدا للحضارات وشهدت عمران وتطورا بشريا وحضاريا لا يضاهي وذلك قبل الدراسات المناخية الحديثة فقد كان الإنسان يعرف بالمساقاة والحرس والعادة العوامل الجوية التي كانت سببا مباشرا للهجرات وانحسار الحضارات وتدل الآثار القديمة على أقوام وقبائل بدت بعد أن سادت وقد يكون لتغير المناخ دور ما في ذلك .

ويعرف المناخ إجمالا بأنه الصورة الرقمية والواقعية التي تعبر عن الأحوال الجوية السائدة وعناصر الجو ممثلة بمتوسطاتها ونهاياتها الصغرى والعظمى والتأثيرات المتبادلة بينها وبين سطح الأرض (المناخ البحث) وأثرها على الأحياء (المناخ الحيوي Bioclimatologie) وعلى الزراعة (المناخ الزراعي Agrocimatologie) وتأثيرها على اليابسة والأحياء (المناخ المستحاثات Palioclimatologie) .

تفاعل عناصر المناخ : Combinaison des elements

يمكن لواحد أو أكثر من عناصر المناخ أن يكون سائدا بشكل مطلق بحيث يؤثر في واقع المناخ المحلي ، ويكفي التحليل الإجمالي للعنصر السائد لإعطاء صورة مرضية ومعبرة عن الموصفات المناخية الأساسية ، ويبدو ذلك واضحا في المناخات المدارية والاستوائية حيث يكون الهطول عاملا محددا بينما تبقى درجات الحرارة منتظمة وقريبة من الثبات Uniforme نسبيا بين المدارين ، بينما يسجل دور مميز للحرارة وتباينها في الجبال ، وتبقى كمية الهطل وإيقاعها الفصلي العامل الأهم مقارنة مع التباين الحراري القليل ، وهكذا يميز المناخ المداري بغزارة وثبات Constance الهطول مع تحديد فترتي هطل أعظمي تحت هذه العروض ، والفرق الواضح بين الفصل الجاف والفصل الماطر ، ويمكن القول أن الإنسان وكافة أشكال الحياة تعيش في هذه المناطق حسب تواتر الهطول

وتأتي درجات الحرارة في المرتبة الثانية ولا يمكن إهمالها كعامل مناخي رئيس ينتج عن شدة الإشعاع الشمسي الذي يحدد حرارة المكان حسب الفصول الربعة ، ويؤثر بالتالي على درجات الرطوبة ونسبها والتي تتحكم بدورها بكميات الهطول ، وبتفاعل هذين العاملين تظهر تحت مناخ معين حالات متعددة حيوية Disposition vital حتى بغياب المطر شبه الكلي أو ارتفاع الحرارة الشديد .

يحدد الاتجاه المناخي العام Ambiance climatique عادة بالإشعاع الشمسي والحرارة التي يخلفها على السطوح المستقبلية والتبخير ثم الهطولات بكافة أشكالها الناتجة عن التكتاف بوجود نويات التكتاف ، وقد اقترح Birot معادلة القارية الشهرية وذلك بضرب كمية الهطول الشهري P بعدد أيام الهطول لنفس الشهر L مقسمة على درجة الحرارة المتوسطة لهذا الشهر T ($I = P \times L / T$) وقد وجد أن الشهر يكون جافا عندما تقل قيمة الدليل عن ١٠ وعند تطبيق هذه المعادلة على عدة محطات مدارية ومقرنتها بالمتوسطة أكد أن وجود شهر جاف في العروض تحت المدارية على الأقل يعني الانتقال إلى المناخ المتوسطي وهي صفة بيئية أكثر منها مناخية بحيث تثبت سيادة الغطاء النباتي المتوسطي أينما ثبت وجود شهر جاف على الأقل حتى خارج حوض البحر الأبيض المتوسط ، ورغم تطور الأبحاث والدراسات والمعارف المناخية ومحاولة الإنسان استثمارها والاستفادة منها فلا زال عاجزا عن التنبؤ الدقيق والتحكم بسير العواصف والعصير والإنذار لمبكر بحدوثها وإخلاء السكان للحد ما يمكن من أضرارها للمادية والبشرية ، ومع ذلك تستمر الجهود البشرية بإصرار منقطع النظير محاولة تعديل المناخ بفضل مصدات الرياح والأسيجة ، وصولا إلى الزراعات المحمية المكيفة والزراعة المائية Aquaculture وتربية الحيوان والدواجن ضمن حظائر مكيفة ، كما يعد الاستمطار أو المطر الاصطناعي الدقيق

Pluie artificielle أحد أهم ثمار تدخل الإنسان الإيجابي للاستفادة ما أمكن من الغيوم وبزرها بنويات التكتاف التي تساعد على تشكل وتعظيم القطرات وصولا إلى الهطول بعد ساعات من نثر هذه النويات .

لقد أدى تلوث الهواء الجوي بغازات الدفينة : CO_2 - NOX - SO_2 وغيرها من الغازات السامة التي تنطلق من المحركات مختلطة بالأبخرة والدخان والغبار ، إلى خلق غيوم شبه دائمة فوق المدن الكبيرة والمناطق الصناعية تسمى Smog تسبب مشاكل صحية وأمراض تنفسية للشيوخ والأطفال وحتى العمال نظرا لتعرضهم المستمر لهذه الملوثات ، والتي تؤثر بدورها على حالة الطقس وتغير المناخ مثل الأمطار الحامضية وصعوبة الرؤية وتلويث المزارع والمراعي بعناصر سامة لم تكن معروفة من قبل مثل الرصاص والزرنيخ والأوكسينان ، ولا ننسى غاز الميثان المنطلق من كرش المجترات والذي يساهم مع غازات الدفينة في الاحتباس الحراري ورفع حرارة الأرض Rechauffement .

ويمكن دراسة المناخ على عدة مستويات :

١ - المناخ العالمي : Climat global أو مناخ الأرض وكل ما تتضمنه من بحار ومحيطات وقارات وقد درسه بعض الباحثين .

٢ - المناخ العام أو الكبير : Macoclimat هو المناخ السائد في منطقة معينة مثل مناخ قارة أو بلد كبير وتؤخذ قيمه المتوسطة دون تفاصيل دقيقة ولا يراعى الاختلافات المحلية ، ويمكن أن يستفيد من بيانات وقيم الرصد في المحطات مثل مناخ بلاد الشام .

٣ - المناخ المحلي أو المتوسط : Mesoclimat تلعب العوامل الجغرافية والتضاريس دورا هاما في تشكل هذا المناخ وتحتاج دراسته إلى إنشاء محطات رصد مخصصة يختلف عددها حسب متطلبات الرصد وطبيعة المكان ، وبعد مناخ الجبال مناخا متوسطا كما أن المناخ المتوسط يبدو على الطبيعة بشكل غطاء نباتي طبيعي مميز في السهوب والغابات وغيرها ، لذلك تعكس دراسة المناخ المحلي المعطيات المناسبة لنمو التشكلات النباتية Formation vegetale والتي تعد انعكاسا للمناخ السائد والترب التي تنمو عليها .

٤ - المناخ الموضعي أو الدقيق : Microclimat ويمكن تسميته المناخ الدقيق لأنه يدرس المناخ فوق محطة Station أو حقل تجارب ويسمى مناخ المجتمعات النباتية Communité لأنه يتأثر بالنباتات ، ويلاحظ سيادة المناخ الموضعي في غياب الاضطراب الجوي والتقلبات الشديدة ويسمى مناخ الجو المستقر Stable لأن حدوث مثل هذه التقلبات تغلب سيادة المناخ العام ويفقد المناخ المحلي دلالة البيئية وتأثره بالغطاء النباتي سواء تحت الغابة أو في بستان أو حتى بين أعشاب المروج والسافانا والبراري .

أما الطقس Temps فيدل على حالة الجو خلال فترة زمنية محدودة وتشمل دراسته واحدة أو أكثر من العناصر مثل الحرارة والرطوبة والرياح والضغط الجوي والأشعة والغيوم والتكاثف والهطولات بأنواعها المختلفة ، وقد يكون مفهوم الطقس مختلفا حسب الزمن أو الفترة فيقال يوم حار أو بارد وأسبوع غائم أو غائم جزئيا وحتى الشهر أو الفصل مثل طقس ربيعي عادي أو خريفي مبكر ، ويبقى مفهوم الطقس محصورا في كل الأحوال ضمن فترات زمنية محددة بحيث يتم التنبؤ لثلاثة أيام أو أسبوع أو عشرة أيام للزراعة

المزايا المناخية : لتحديد هذه المزايا لمنطقة ما لا بد من تسجيل كافة الظواهر الجوية المناخية وعناصر الطقس بعد رصدها ليصار إلى دراستها وتحليلها لفترات طويلة من الزمن لا تقل عن ٢٥ سنة ومن المفضل أن تمتد حتى ٣٠ أو ٥٠ أو ١٠٠ سنة وذلك في حال توفر المعلومات والمعطيات الموثوقة عن الفترات السابقة ، وقد اصطلح على اعتبار فترة ٣٣ سنة نموذجية تتم فيها كافة المتغيرات المناخية وتحدث خلالها دورة مناخية كاملة .

قال شارل وارنر منذ عقود طويلة أن الكل يتكلم عن الطقس وتغير المناخ لكن لا أحد يؤثر فيه ، وبالعكس فإن تقلبات الطقس وتغير المناخ تؤثر على النزعات العائلية والشبابية ، وقد تقضي على محاصيل كاملة بسبب الجفاف أو الصقيع أو الفيضانات ، كما تتحكم بالطيران والمعارك الجوية وحركة الجيوش ، وتؤثر على المواصلات البرية والطرق العامة والرحلات البحرية والجوية وكل نشاط إنساني ، كذلك توجه نشاط الحشرات وحركة القطعان البرية ورحلات الطيور وهجرتها المحلية والعالمية

يبين كل ما تقدم أن حالة الطقس وتغير المناخ تبقيان الحديث المتداول في كافة الأوساط وخاصة المزارعين والرحالة والمصطافين ، فإذا كان وارنر قد أكد عدم إمكانية التحكم بالمناخ فإن الدراسات والأبحاث والإنجازات التي تمت خلال القرن العشرين كانت كافية لتؤكد قدرة الإنسان والعقل البشري على فهم الطقس وتغير المناخ ودوراته ، وتحديد قيم المتغيرات المناخية والشذوذ المناخي وتسجيل معطيات مناخية وتحليلها وصولا إلى رسم خرائط وخطوط بيانية وصولا إلى التصنيف الفيزيائي والحيوي للمناخ ، وكذلك التنبؤ والتوقع عن المناخات المستقبلية لمدة أيام أو سنوات باستقراء المناخ المستحدث في العصور الغابرة ،

ويبقى المناخ الزراعي وتطبيقاته والحوادث المناخية الطارئة والضارة بالزراعة وتربية الحيوان والرعي الشغل الشاغل للمهندس والفلاح ، كما تستمر الدراسات المناخية في خدمة النشاط الإنساني وأمنه وسلامته وتأمين الشروط المناسبة لحياته وزراعته ونشاطاته المختلفة وصولا إلى الرحلات الفضائية واكتشاف القطبين وأعلى الجبال .

ثبت تزايد دقة وعدد التوقعات الجوية والتنبؤ الجوي في مراكز الأرصاد والبحث العلمي لتتعدى ٩٥ ٪ كما تتم ملاحظة حالات الاضطراب الجوي تدريجياً بواسطة السفن والطائرات المجهزة بأحدث التقانات ، ويتم الإنذار عن العواصف والأعاصير لتخفيف أثارها المدمرة ، كذلك أمكن تطوير تقانات الاستمطار عن طريق زرع الغيوم بمواد تساعد على زيادة نويات التكاثف وتؤدي عامة إلى هطولات متباعدة الشدة وبكميات متفاوتة ، وقد اتسع انتشار محطات الرصد وزادت أعدادها بحيث أصبحت تعطي رسداً دقيقاً أو ألياً ونشرات زراعية أو سياحية أو ملاحية تؤمن سلامة الطيران وخطوط النقل البحري . وقد أكد أحدث تعريف للطقس على التعبير الرقمي أو الوصفي لحالة الغلاف الجوي قرب سطح الأرض وحتى ارتفاع معين حيث تسجل قيم درجات الحرارة والضغط الجوي واتجاه وسرعة الرياح والهطولات والرطوبة الجوية ، ولا تسجل مثل هذه القيم على سطح القمر مثلاً نظراً لغياب الغلاف الجوي ، وتعود معظم تغيرات حالة الطقس إلى تسخين الهواء بواسطة أشعة الشمس مما يؤدي إلى صعود كتل هوائية ساخنة واختلاطها بكتل باردة تدفعها الرياح أفقياً عادة وعمودياً أحياناً فتتشكل الجبهات والعواصف والأعاصير و وبالتالي فإن السبب الوحيد لتغيرات الطقس يعزى إلى التباينات الحرارية في مختلف أرجاء الغلاف الجوي .

وقد كان Hann أول من نشر كتاباً مختصراً حول المناخ في أوروبا وألمانيا ، وبقي لعدة عقود المرجع الأساس في هذا المجال ، تلاه Koppen و Geiger الذان لخصا دراسة مبتكرة آنذاك اشترك فيها أكثر من ٤٠ مختص بالأرصاد الجوية في أوروبا ، وقد تطور العمل في مجالات الرصد الجوي وتطبيقاتها وتزايد تأسيس محطات رصدية بعد الحرب العالمية الثانية ، وتنتشر معظم مديريات الأرصاد الجوية الوطنية منذ ذلك التاريخ ملخصات شهرية وسنوية ، كما يتم إعداد خرائط وأطلس وطنية في معظم دول العالم تحدد المناخات الرئيسة في كل بلد ، فقد صدر الأطلس المناخي السوري عام ١٩٧٧ عن المديرية العامة للأرصاد الجوية كما أثمرت جهود الدكتور لؤي أهدي عن نشر الدراسة المناخية للوطن العربي بتكليف من المنظمة العربية للتنمية الزراعية بالخرطوم ، وصدر خرائط مناخية للأقطار العربية عن فترات الستينات والسبعينات ، وتقدم المديرية العامة للأرصاد الجوية كافة المعطيات المناخية حسب الطلب للباحثين والجهات المهتمة بالمناخ ، وتقوم مديرية الشؤون الزراعية بوزارة الزراعة ، مشروع الاستمطار والرصد الزراعي بالتعاون مع مديرية الأرصاد بإصدار نشرات جوية وتكليف زراعي كل عشرة أيام ، كما تقوم المديرية العامة للطيران بمتابعة أحوال الطقس وتغيراته كل ٨ - ١٢ ساعة والاتصال بالطائرات والمطارات المجاورة لضمان سلامة الملاحة الجوية والحد من أخطار العواصف والأعاصير وكل ما يهدد سلامة المسافرين وانتظام الرحلات الجوية .

وتصدر النشرة الجوية العالمية دورياً بانتظام كل عشر سنوات منذ عام ١٩٥٠ بينما صدرت أول نشرة قبل الحرب العالمية الثانية عام ١٩٢٧ وتقع في ١٢٠٠ صفحة وعام ١٩٣٤ وتكلفت من ٦١٦ صفحة كما صدرت النشرة الثالثة عام ١٩٤٧ ولم يتجاوز عدد صفحاتها ٦٤٦ صفحة ، وتصدر هذه النشرة بانتظام منذ ١٩٥٠ عن World Weather Records (W W R) كما يتوفر في المنظمة معطيات شهرية مناخية عن أهم محطات العالم ضمن المراجع الجوية Meteorological Bibliography (MB- OMM) كما أصدرت المنظمة نشرات جوية مثل مناخ الشرق الأوسط بالمجلد الثاني والعدد ٥ و ٦ ومناخ شمال وشرق أفريقيا بنفس المجلد والعدد ١٠ ويتم دورياً حسب توفر معطيات مناخية لفترات كافية نشر مقالات ونشرات لكل مناطق العالم ، كذلك تصدر المنظمة منذ العام ١٩٦٠ مجلة الأرصاد الجوية والجيوفيزيائية Meteorology and Geophysical Abstract

الفصل الثاني تطور علم المناخ

Evolution de climatologie

تتم الدراسات المناخية ضمن إطار البحوث الأساسية في كليات العلوم والمؤسسات العامة للأرصاد الجوية والمطارات والموانئ ، بينما تتجه الدراسات التطبيقية نحو مجالات الزراعة والصناعة والسياحة والرحلات العلمية وفي خدمة المعارك الحربية والطيران المدني والشرافي ، وتقدير كفاءة استخدام الطاقات المتجددة والنظيفة مثل الرياح والطاقة الشمسية والتي تبشر أحدث الأبحاث بإمكانات استخدامها وتعميم هذا الاستخدام على المناطق النائية والمجتمعات الفقيرة .

يعرف المناخ بأنه التعبير الرقمي أو البياني عن حالة الغلاف الجوي الذي يبدو واضحا حسب خط عرض المكان والطبوغرافيا والارتفاع عن سطح البحر ، ويخضع كذلك لتوزيع اليابسة والمحيطات ، وكان دومارتون De martonne وهان Hanne قد اقترحا تعريفه على أنه حاصل مجمل العمليات والظواهر التي تميز حالة الغلاف الجوي المتوسطة فوق نقطة ما من سطح الأرض ، ويؤكد سور Sorre اعتبار حالات الطقس المتتالية والمتكررة عادة في الغلاف الجوي فوق محطة الدراسة والتي يتم رصدها وفق تتابع مرور هذه الحالات العادية أو الاستثنائية ، ولذلك يبدو من الصعب التحكم على المناخ العادي أو المناخ الاستثنائي والحوادث المناخية الطارئة .

التحليل المناخي : Analyse climatique

يلجأ التحليل المناخي إلى حساب المتوسطات وذلك حتى يمكن التعبير بدقة عن الحالة المتوسطة للغلاف الجوي ، سواء لدرجات الحرارة أو كميات الهطول وشدة الإشعاع الشمسي ودرجة التغييم ، وكذلك سرعة الرياح ونسب الرطوبة وأنواع الغيوم والعواصف يمكن من تقدير القيم المنفصلة لكل من هذه العناصر تحديد المناخ المدروس مثل المناخات الباردة والحرارة والجافة أو الرطبة ، وهي عبارة عن خطوات تحليلية كونها تدرس العناصر كلا على حدة ، لكن هذا الفصل والتبسيط يبقى بعيدا عن الحقيقة في الطبيعة لأن نسب الرطوبة الجوية تحدد حسب حرارة الهواء الجوي وقدرته على حمل كميات متفاوتة من بخار الماء ، ويبدو هنا التحليل المناخي تحليلًا وصفيًا قلما يمكن أن يشرح أو يوضح ظاهرة بعينها أو ظواهر مترابطة ومتداخلة ، وتعتمد على معطيات يشك في تمثيلها للحقيقة كاملة مثل المتوسطات ، لأن متوسط كمية الهطول فوق محطة ما قد لا يصادف ضمن قيم الهطول الحقيقية المسجلة فعلا ، ومع ذلك أصبحت طريقة التحليل ذات أثر فعال ومصادقية في الدراسات المناخية بفضل تطور الطرق والنظريات الإحصائية واستخدام الحواسيب وأصبح من الممكن عمليا تصحيح القيم المتوسطة والأرقام الغائبة باستخدام التواتر Frequence والشدة Intensite مثل عدد الأيام الماطرة الشهرية والفصلية والسنوية ، ودرجات الحرارة المتطرفة الدنيا والعظمى وتواتر حدوث الصقيع وموجات الحر وكميات الهطول المتوقعة في محطات الدراسة والمحطات الافتراضية القريبة المشابهة وفق مبدأ الاحتمال Probabilite .

علم المناخ الدينامي : Climatologie dynamique

تدل كل حالة من حالات الطقس السائد على وقع وخصائص الغلاف الجوي فوق محطة الرصد المعنية ، ويعبر هنا منذ القدم دون أرقام حقيقية مثل الطقس الغائم والماطر والسمو والتلج ، وقد أصبح من الممكن عمليا دراسة الطقس بواسطة النشرات الجوية وخرائط الطقس التعبير رقميا بعد الاستعانة بصور الأقمار الصناعية والمعطيات المسجلة في محطات الرصد الأرضية والبحرية وحتى القطبية ، وتدل الخرائط والصور الجوية دلالة حقيقية على حالة الغلاف الجوي وتساهم مع البحوث المناخية الجدية في شرح آلية حدوث التغيرات المناخية واحتمال تكرارها وهنا يتجه المناخ التركيبي إلى شرح وبيان أسباب هذه التغيرات شرط توفر سلاسل من المعطيات لتفترات كافية لمدة ١٥ - ٣٠ - ٥٠ سنة أو أكثر ، علما أنه من المتعذر فصل هاتين الطريقتين عن بعضهما البعض لأن الأولى قيمة وصفية

واضحة تسمح بالتعرف على مشاكل الطقس وتقلباته وتشرح بالتفصيل حالاته المتتالية ، وهي تبقى أداة واضحة وسهلة للبحث والتنبؤ رغم محدودية مجالاتها ، ويبدو أثرها واضحا خاصة في رسم الخرائط مثل خرائط الهطولات ودرجات الحرارة المتوسطة الشهرية والفصلية وتبقى معظم هذه الخرائط ذات صفة عمومية لا يمكن أن تفسر آلية حدوثها ولا بد من رسم خرائط الطقس الخاصة *Synoptique* التي تساعد على تفسير هذه الظواهر وبيان دلالاتها وآثارها المتوقعة والظواهر المرافقة .

مواد وطرق دراسة المناخ : *Climatologie fondamentale*

يقوم الإحصاء بتسجيل كافة عناصر الطقس بجمع المعطيات وتبويبها وتعميمها ويمكن على أساسها تقدير المتوسطات الحسابية والوسيط والانحراف الأقصى والتواتر ، وهي تعكس بالتالي التوزيع الزمني اليومي والشري والسنوي وحتى كل ٥ - ١٠ سنوات أو أكثر ، تبين هذه المتوسطات حالة فرضية مجردة وتصبح أكثر دقة وتمثيلا كلما زاد عدد سنوات الرصد لتصبح عادة *Nor,ale* عندما تتعدى فترة الرصد ثلاثين سنة .

لا تخضع كافة المتوسطات لنفس المعاملات : يستخدم الهطول اليومي المسجل لحساب مجموع الهطول الشهري والفصلي ثم السنوي ، ويقام بالمليمتر لذلك تدل القيم السابقة على نسب معينة من الهطل السنوي مقارنة مع سنوات ماضية أقل أو أكثر مطرا ، كما يتم تسجيل درجات الحرارة اليومية والتأكد على الحرارة العظمى والصغرى وذلك خلال فترات مثل أحر شهر وأبرد شهر في السنة ، وتجري مقارنة هذه القيم بين السنوات والفصول المتتالية ، ويعبر عن التكاثف والتبخر والإشعاع بواسطة قيم متوسطة كذلك قيم الضغط الجوي وسرعة الرياح والرطوبة وضغط بخار الماء وقيم التبخر نتج الحقيقي

التمثيل البياني وخرائط المناخ : *Graphique et carte climatique*

تمثل القيم المدروسة بيانيا وفق منحنيات أو مسطحات تجمع عادة عناصر مناخيا أو أكثر مثل المخطط الحراري المطري لغوسمان

Gausson كما تدل الخرائط على القيم المتوسطة لعنصر أو أكثر وذلك باستخدام خرائط التساوي *Isoplete* مثل خرائط تساوي الحرارة *Isotherme* وتساوي المطر *Isohyete* وتساوي الضغط *Isobare* وخرائط التغير ودرجة الرطوبة *Isonephe* وخرائط

شدة الإشعاع *Isohele* وسرعة الرياح *Isotach* وخرائط اتجاه الرياح السائدة *Isogon* ، وقد تمثل خرائط تبين الحرارة وتغير الطقس *Isaliotherme* و *Isallobare* معظم أنواع الخرائط شائعة الاستعمال وهي تدل دوريا على وصف حالة المناخ وتغيرات الطقس خلال فترات الدراسة فوق المحطات المعنية في الأمطار والموانئ ، وقد استمر العمل والبحث العلمي الجاد حقودا وبثلت جهود مضنية لتحسينها واتممتها حتى أمكن إعطاء أفضل صورة واقعية للمناخ .

تطور علم المناخ:

١ - تصنيف الإقليم :

درس اليونانيون القدماء المناخ ووضعوا تصنيفا إجماليا لمناخ العالم كما عرفوه وفق خطوط العرض وقد قسموه بموجب نصفي الكرة الأرضية إلى المناطق الحرارية التالية :

- النطاق الحار الذي يقع بين المدارين وتكون فيه درجات الحرارة مرتفعة طوال العام وليس فيه فصل شتاء مميز .
- النطاق المعتدل الذي يمتد بين المدارين وحتى الدائرتين القطبيتين وفيه تظهر الفصول معتدلة في الربيع والخريف .
- النطاق البارد أو القطبي تبقى درجات الحرارة منخفضة رغم اختلاف الصيف والشتاء ويقع بعد النطاق المعتدل .

وظهرت دراسات متفرقة حتى العصور الوسطى تتعلق بالمناخ وكانت تهتم بطرق المواصلات البرية والبحرية وضمان سلامة المسافرين والبضائع ، وقد تأثرت الجهود عند الفتوحات واكتشاف العالم الجديد لدراسات مناخية ونباتية وبشرية مفيدة .

٢ - تصنيفات تعتمد على عامل مناخي واحد :

بدأت دراسات المناخ منذ القرن الثامن عشر خاصة بعد اختراع موازين الحرارة والضغط وتعميم استخدامها في محطات الرصد ، وقد بدأت معظم الدراسات استنادا إلى قياس الحرارة أو الأمطار وظهرت تصنيفات عدة تعتمد على عامل مناخي واحد مثل الحرارة نظرا لشيوع وسهولة قياسه أينما كان .

٣ - تصنيفات تعتمد على أكثر من عامل مناخي :

تتطلب دراسة المناخ العمل المستمر والطويل لجمع معلومات مناخية حول المناطق المراد دراستها ولسنوات عديدة يلي ذلك جمع وتبويب البيانات وتنظيمها لتسهيل الدراسة والبحث ، وأكثر المعطيات استخداما : الهطول والحرارة وهي تحتل المكانة الأولى في البحث ، كما يمكن استخدام الرطوبة الجوية والقبخر والتبخر فتح في دراسة المناخ الزراعي والمحلي ، كما تفيد قياسات سرعة واتجاه الرياح في دراسة سلامة الطيران والملاحة البحرية ، وتحديد الأعاصير والعواصف وأثارها المحتملة على الشواطئ ، ويمكن دراسة المناخ باستخدام واحدة أو أكثر من الطرق التالية : المعادلات المناخية Formule والتمثيل البياني Climagramme ودراسات المناخ الحيوي Bioclimat .

أهداف وتوجهات علم المناخ :

تجلى أهم أهداف علم المناخ بالتحليل العلمي الشامل لعناصر الطقس والتي تحدد حالة المناخ وتغيراته الزمانية والمكانية ، كما تبحث الدراسات المناخية في الأسباب التي يمكن بموجبها شرح مختلف العوارض المناخية الطارئة وماضي المناخ ومستقبله حسب الحاضر ، كما يهتم المناخ الحيوي بدراسة عوامل مناخية يعيها وعلاقتها بتطور التربة والتنوع الحيوي النباتي والحيواني والمناخ الزراعي والعوامل المحددة لانتشار الأنواع المزروعة وأثر المناخ على غلاتها وتجاورها ، ويبحث المناخ في آثاره على كافة أوجه النشاط الإنساني مثل السياحة والسفر والرحلات والاستكشاف ، والرحلات البرية والبحرية والجوية والنشاط الاقتصادي والاجتماعي ، وبالتالي فإن المناخ يتحكم بكل شيء تقريبا على سطح الأرض وفي الطبقة الجوية الأولى أو الجو المضطرب ، كما يحدد وفرة الماء والجفاف والتصحر ويزحف الصحراء Desertification et desertisation

أقسام علم المناخ وتطبيقاته :

يمكن اعتماد عدة أقسام تبين مجالات استخدام علم المناخ منها :

مناخ جوي : Climatologie Aatmosphérique	مناخ القارات : Climatologie
مناخ حيوي : Bioclimatologie	مناخ تطبيقي : Climatologie
مناخ وصفي : Climatographie descriptive	مناخ فيزيائي : Climatologie
مناخ حركي : Climatologie dynamique	مناخ الحركة : Circulation
تباين مناخي : Fluctuation climatique	تغير حركي : Changement
تباين طبيعي أو غير طبيعي : Normal ; Anormal	مناخ جوي : Climatologie
مناخ زراعي : Agroclimatologie	مناخ بحري : Climatologie
مناخ حضري : Climatologie urbaine	مناخ مائي : Climatologie
مناخ مائي : Climatologie hydraulique	

تعد تصنيفات المناخ من المسائل شديدة التعقيد رغم الحاجة الماسة لمثل هذا التصنيف وتطبيقاته في مجالات وأبحاث ودراسات تتعلق بكافة نواحي النشاط الإنساني والحياء التي تتأثر بالمناخ بدرجات

متفاوتة ، مثل توزيع الأحياء والجغرافيا الحيوية Biogeographie et Chorologie ويتم اعتماد وحدات تصنيفية عملية تستند إلى معطيات بسيطة بمتناول الباحث لمقارنة المناطق المناخية المتشابهة مثل المناخ المتوسطي وانتشاره عبر قارات العالم ، وتؤثر دقة البحث والتصنيف في الأبحاث التطبيقية الفسيولوجية والبيئية والصحية والزراعية وكذلك الصناعية ، وقد تبدو بعض التباينات Nuance عديمة القيمة بالنسبة لبعض المجالات التطبيقية ، وتصبح أساسية وحساسة في مجالات أخرى ، لذلك لا بد من توجيه الاهتمام حسب الجهة أو الجهات المستفيدة من نتائج كل بحث على حدة ، ويتم عادة جمع وتبويب المناخات المتشابهة في وحدة واحدة مثل مناخات جبلية وبحرية وصحرائية وغيرها ، وكذلك حسب مجالها التطبيقي مثل المناخ الزراعي ومناخ المدن ومناخ الطيران والأجواء والأنواء الخ . وتستند الدراسات الجادة على معطيات رصدية لمدة كافية ١١ - ٣٣ - ٥٠ - أو ١٠٠ سنة ، وتتركز الدراسات المناخية على الأمطار من حيث كمياتها وتوزيعها وسوء توزيعها في المناطق الجافة ، ودرجات الحرارة وتبايناتها في المناطق الباردة ، والصقيع والثلوج والعواصف في الجبال والمعرض العليا ، والرياح سرعتها واتجاهها والعواصف الرملية وحركة الكثبان في المناطق الصحراوية ،

الاتجاهات الحالية لعلم المناخ : Tendences actuelles des climats

تسارع اتساع الشبكة العالمية للدراسات المناخية في العقود الماضية ، ورغم ذلك يبدو من الصعب تحديد الاتجاهات والمسارات التي تتبعها هذه البحوث ومدى تقدمها وصولاً إلى أهداف واضحة وفعالة على أرض الواقع ، ومع ذلك يمكن بيان بعض الاتجاهات التي قطعها البرامج الوطنية لدراسة ديناميكية

المناخ Programme National d'étude de la dynamique du climat

ويصدر عن عدد من دول العالم ومراكز البحوث المختلفة نتائج مميزة على شكل دراسات وخرائط وقد صدر الأطلس المناخي لسورية نموذ أكثر من أربعة عقود كما أنجز الدكتور أهلي من قسم الحراج والبيئة دراسات مناخية خاصة بأقمار الوطن العربي تغطي أكثر من ثلاثة عقود والخرائط المناخية المرافقة لها ، وقد صدر في فرنسا على سبيل المثال منذ الثمانينات مخطط وطني عام للمحاور المستقبلية لدراسة المناخ وتغيرات أحوال الطقس وأثارها الاقتصادية والاجتماعية ، ويمكن تلخيص المخطط بالآتي :

١ - الآلية : Mechanisme وهي تخصص لدراسة أهمية تبادلات الطاقة والحرارة بين نظامي الشمس والأرض المتلازمين وكذلك التفاعل الجوي بين اليابسة والمياه وخاصة دور الجليد الدائم Banquise في تبريد جو الأرض وتوليد الجبهات القطبية والصقيع والميزان الحراري والإشعاعي عند حدود الغلاف الجوي وغير هذا الغلاف ، وذلك بهدف إيجاد تفسير إجمالي لهذه الظواهر المناخية ، وقد نشرت دراسات عديدة حول المناخات القطبية وتحت القطبية وتغيراتها في التاريخ القديم وتوقع التباين المناخي في عصر ارتفاع حرارة سطح الأرض ، واتجهت بعض الدراسات نحو المناخات المتطرفة وتزايد الاهتمام بهذه المناطق بعد الجفاف غير المسبوق الذي أدى إلى زحف الصحراء الكبرى بمعدل ١٠٠ كم سنوياً في الفترة بين ١٩٧٠ - ١٩٨٥ والقضاء على كافة أشكال الحياة في هذه البيئات الهشة أصلاً الجافة وشديدة الجفاف ، خاصة وأن هذه المناطق تعد مصدراً هاماً للتسخين والطاقة المحركة بين الجو واليابسة والمحيطات والتي تحدد المناخات المختلفة وقد أثبتت بعض الدراسات وجود علاقة ولو أنها غير مؤكدة تماماً بين موجات الغبار المتتالية ودرجات حرارة سطح الأرض والمحيطات المجاورة ولو أن هذه العلاقة غير مباشرة وتحتاج إلى المزيد من البحث والدراسة لفترات أطول .

٢ - التباينات المناخية : Fluctuation climatique تتعلق هذه التباينات باعتبار حالة المناخ العالمي الإجمالي Globale التي قد تتحكم في التغيرات الطفيفة الممكنة في الجو وعلى اليابسة أو الغلاف الجغرافي Geosphere وخلاف خلال ٢٠ ألف سنة ماضية ، وهنا لا بد من التأكيد على الفائدة العملية العامة المباشرة وغير المباشرة من هذه التباينات والتي عبر عنها البرنامج العالمي لدراسة التغير Global change programme الذي يستفيد من كافة الموارد والهيئات العلمية برعاية المجلس الدولي للتحالف العلمي

ICSN

المجال منذ مؤتمره التأسيسي في مدينة أوتاوا بكندا عام ١٩٨٤ وتؤكد معظم النتائج على اعتبار دور الميزان الإشعاعي والذي يتأثر بدرجة كبيرة حسب قيم العاكسية **Albedo** وعلاقة هذا الميزان بذوبان الثلوج في القطبين والثلجات في أعالي الجبال ومستقبل هذه الجليديات وأثر ذوبانها على رفع مستوى سطح البحر بمعدل أقل من ١ سم سنويا في الوقت الحاضر وأخطار تسارع هذا الذوبان إذا لم تتخذ إجراءات الضرورية للحد من ارتفاع حرارة الأرض بفعل غازات الدفيئة وخاصة الناتجة عن حرق الوقود الأحفوري وتنفس الحيوان وحرق الغابات ، وقد نشر في العقود الماضية عدد من المؤلفات العلمية التي ذكر بعضها في تصنيف المناخ ونور بعض العناوين العالمية البارزة في هذا المجال :

العنوان	اسم المؤلف	سنة النشر
تغير وتباين المناخ العالمي	Berger A	١٩٨٠
المناخ المتوسط والجغرافي	Scourou G	١٩٨٠
الإنسان والمناخ والجغرافيا	Walling D E	١٩٨١
الدراسة العملية للمناخ	Pedalbode P	١٩٨٢
تاريخ المناخ والعلم الحديث	Lamb H H	١٩٨٢
الإنسان والمناخ	Labeyrie J	١٩٨٥
تغير المناخ العالمي	Kondtatev K Y	١٩٨٥
التنبؤ المناخي	Marchand D J	١٩٨٥
المناخ الحيوي	Barry R G	١٩٨٦
مناخ الأرض والجواء	Hunt G E	١٩٨٧

٣ - أثر النشاطات الإنسانية : Impacts des activites Humaines

تمت دراسة أثر هذه النشاطات على المناخات المحلية والمتوسطة وحتى العامة وبيان مدى أهميتها وخطورتها مقارنة بالتباينات الطبيعية للمناخ ، خاصة وأن الإنسان يحمل مثل باقي الأحياء نتائج هذه التغيرات وقد شهدت العقود الماضية أزمات مناخية كبرى

Crises climatiques وأكدت الأبحاث على دور النشاط الإنساني الإيجابي بالتحكم المناخي والزراعة المحمية ، والأثر السلبي نتيجة حرق الوقود وحرارة الغابات والمساقا ، وزيادة نسب غازات الدفيئة مثل ثاني أكسيد الكربون وأكاسيد الأزوت والميثان وغيرها من الغازات التي تضاعف إنتاجها خلال القرن العشرين المنصرم ، ولا يمكن تقدير أثر كافة العوامل السابقة مجتمعة رغم تطور أدوات القياس ودقتها لأن النسب تختلف من بلد لآخر ومن منطقة صناعية وحضرية شديدة التلوث مقارنة مع الريف الذي لا زال يلعب نسبيًا بكثير من الهدوء وصفاء الجو والطقس المريح والمناخ المستقر نوعا ما

٤ - التقانات والطرق الحديثة : Techniques et Methodes

بدأ الاهتمام بمراقبة الجو وتغير أحوال الطقس منذ أقدم العصور وتزايد بشكل ملحوظ منذ اختراع موازين الحرارة والضغط الجوي ، وكان عدد محطات الرصد قليلا جدا واقتصرت في البدايات على بعض المتطوعين الذين يقومون بقراءة هذه الموازين وتسجيلها يدويا وإرسالها بالبريد الأرضي أسبوعيا ومعظم الأحيان شهريا ، وسجل القرن العشرين تزايد أعداد المحطات وتغطيتها للمناطق القطبية والجبال العالية والجزر النائية وخصصت البواخر والبالونات والرادارات لهذه الغاية ، وقد أمكن استقبال المعطيات المناخية لاسلكيا من مسافات بعيدة وأرسلت أعداد من سفن الفضاء والأقمار الصناعية الخاصة بالرصد الجوي ، وتستعمل الطائرات لتتبع الأعاصير والعواصف وهناك جهاز خاص في أمريكا لمراقبة نشوء ومسار الزوايا حتى العادية والتي قد تتطور إلى زوايا مدمرة تحت بعض الشروط المناسبة لزيادة سرعتها ودورانها بحيث تدمر المزارع وتهدم البيوت وتقتضي على الزراعة ، ويساهم الرادار بمراقبة العواصف الرعدية وسرعة تقدمها والأخطار المحتملة بعد مرورها ، وقد ساهمت التقنيات الحديثة للرصد الجوي بمراقبة تنامي حالات الطقس وفق صور جوية دقيقة تسمح باكتشاف الاضطراب الجوي وإمتهاده وتشكل الأعاصير والنظام الغيمي وتحركاته **Systeme nuageu**

وتوقع حالات الطقس فوق مناطق شاسعة نقل فيها محطات الرصد الجوي الأرضية ، مثل المحيطات والقارة القطبية الجنوبية ، ثبت نجاح هذه الدراسات وتزايد دقة التنبؤ وتتبع حالات الطقس باستعمال التقنيات المتاحة بدقة عالية **Sophistique** مثل تقانة التحليل البياني الحراري **Thermographie** للأشعة تحت الحمراء **IR** الحرارية الصادرة عن القارات والمحيطات والغابات والثلوج وغيرها ، والمساهمة في تعريف وتحديد المناخات المحلية والموضعية الدقيقة ، وقد تمت تجربة نظم رقمية بنجاح **Numerique** وتطبيقها على مجالات واسعة مع أخذ المبادئ الفيزيائية والأرقام والطرق الإحصائية بعين الاعتبار وصولاً إلى مقاربات علمية دقيقة لتوضيح الآليات والتغيرات المناخية دائمة التغير باستمرار .

ساهم استخدام تقانات المعلوماتية في تعميم التحليل الإحصائي لمتغيرات عديدة ، وتأكيد العلاقات التي تزداد تعقيداً ، بعد تخير مفاهيم الحساب التقليدي للاحتتمالات ، وخاصة البحث المنهجي ومعالجة المعطيات والأرقام الجوية خاصة فيما يتعلق بسرعة الرياح الموسمية وتغيراتها الفجائية ، والتي كانت تحسب بالطرق التقليدية عند رسم الخرائط ، ويزداد استخدام الحاسوب ويتأكد دوره في الدراسات المناخية والتنبؤ الجوي يوماً بعد يوم ، وقد نشرت المنظمة العالمية للأرصاد الجوية منذ ١٩٧٧ كتاباً حول استخدام الأقمار الاصطناعية في الرصد الجوي ودراسة المناخ .

يختلف مفهوم المناخ حسب رأي علماء الأرصاد الجوية والجغرافيين والزراعيين وعلماء النبات وغيرهم ، ويفضل علماء الحياء التأكيد على المناخ المحلي ، إن وجود حديقة نباتية مثل غوطة دمشق أو البارك الشرقي في أبي جرش يشكل غطاء نباتياً يسوده مناخ موضعي أو متوسط حسب اتساع الرقعة يشبه مناخ الغابة وتعتبر الأنواع السائدة أليفة الضوء **Essence de lumiere** مثل الأشجار تنمو في ظلها أنواع عديدة بعضها شتوي والبعض الآخر صيفي هي من أليافات الظل بدرجات متفاوتة **Sclaphyte** ، وتلعب المدينة دوراً هاماً في تعديل المناخ بحيث تزيد درجة الحرارة ١ - ٣ م حسب فصول السنة مقارنة من الريف ، ويزيد التلوث والغبار والغازات فوق المدن ويسمى مناخ المدن والبلدات **Microclimat urbain** ومناخ حرجي **Microclimat forestier** فوق الغوطة والسهول المزروعة والغابات الكثيفة ، وقد أدت أبحاث التغيرات المناخية ودقة تعبيرها عن الواقع إلى بيان حساسية المناخ في المناطق الحدية والتي تخضع لشذوذ مناخي **Aleas climatiques** فقد أدى تقدم الصحراء الكبرى بين أعوام ١٩٧٠ - ١٩٨٥ إلى تصحير مساحات شاسعة من جنوب الصحراء بمعدل ١٠ كم سنوياً ، ولم تتوصل هذه الأبحاث إلى اقتراح حلول ناجحة لوقف التصحر رغم ربط موجات الجفاف بالتاريخ الجيولوجي للمنطقة وقصص السنوات السمان والسنوات المعجاف ، هذا وتختلف دقة أبحاث المناخ وتطبيقاته حسب سلم العمل ودقة المسطحات وأدوات التنفيذ والزمن اللازم لذلك ، ويمكن تقدير المستويات التالية :

النطاق المناخي **Zone climatique** وتمتد على مساحات شاسعة تتعدى ملايين الكيلومترات المربعة مثل القطبين والمدارين .

المنطقة المناخية **Domaine climatique** وتصل حدود البحث فيها حتى عدة آلاف كم ٢ مثل منطقة متوسطية أو مناخية معتدلة

الناحية المناخية **Provence climatique** ولا يتجاوز مجال البحث في الناحية عدة مئات كم ٢ وتشمل جزيرة أو سهل أو تلال

المناخ المتوسط **Mesoclimat** ويدرس على مساحة عشرات الكيلومترات المربعة مثل المناخ الجبلي ومناخ السفوح والوديان

المحطة **Station** ولا تتعدى مساحتها ١ كم ٢ تمثل محطة مناخية متجانسة تتفق مع المحطة البيئية في الحقل والتل والمناطق المحلية المحيطة **Microclimat** أو المناخ المحلي وينحصر ضمن بضعة عشرات م ٢ مثل القرية والحقل والميناء والمعمل والمدجنة وغيرها .

الدراسات المناخية الحديثة والمستقبلية **Perspective d'avenir**

كانت الرحلات الفضائية تراود أحلام الإنسان منذ القديم فقد حاول عباس بن فرناس الطيران دون نجاح منذ زمن طويل وقد كانت زوايا جول فيرن من الأرض على القمر خير حافز للباحثين الذين توصلوا

إلى اختراع الطائرات منذ أكثر من قرن ، وقد شهد مجال الطيران تطورا مذهلا مذاك ، وبقيت أحلام رواد الفضاء تتعلق بكيفية التخلص من الجاذبية والعيش في الأعالي الشاهقة ، وكان يوري شاجارين أول رائد فضاء سوفيتي يحلق بنجاح ويعود سالما إلى الأرض ، كما وصف نيل أرمسترونج الأرض أثناء رحلته الناجحة إلى القمر بأنها قمر كبير يغلب عليه اللون الأزرق لون المحيطات تغلف بعض أرجائها الغيوم وتبدو السهول والغابات شرائط خضراء ، بينما تشكل الصحارى بقعا بيضاء وهي تسبح في الفضاء اللامتناهي ، وقد وصفها كذلك بأنها سفينة تحمل كثيرا من الأفواه وقليل من الغذاء ، وذلك تأكيدا لنظرية مالتوس الشهيرة حول السكان التي أكدت تكاثر البشر هندسيا والغذاء حسابيا ، وقد نتجت الرحلات الفضائية بنجاح وتم بناء محطة فضائية روسية وتزايدت مدد إقامة رواد الفضاء وإجراء التجارب ويمكن لأي ميسور أن يستأجر سفينة فضاء ويقوم برحلة لمدة أيام كما يتم التسجيل على رحلات مستقبلية لفضاء بضعة أيام في محطات فضائية سياحية أو الوصول على القمر حسب التقدم العلمي والأمان المطلوب لمثل هذه الرحلات .

الأقمار الصناعية للرصد الجوي Satellite Meteorologique

تعطي مثل هذه الأقمار صورا آتية للغلاف الجوي تتضمن صورة المقطع الطولي للتيبين الحراري وصورا تدل على حالة السماء ودرجة التفتيم والصحو وتحلل أو تحول إلى صور بطريقة المقارنة Nephanalyse وتزود بها دوريا مراكز التنبؤ اليومية والأسبوعية كما تذاع في الفترات الجوية على المستوى المحلي والعالمي ، تفيد هذه الخرائط في تنقيح وتحسين خرائط التنبؤ ومراجعتها قبل إنذاعتها وبعد الاستعانة بالتلفزيون الأرضي في محطات الرصد الحديثة ، ترسل الأقمار الدائرة Orbite التي تمر بالقطبين باستمرار وهي تختلف عن الأقمار الثابتة Stationnaire التي تبقى على ارتفاع ٣٦ ألف كم فوق خط الاستواء وهناك مجموعة أقمار Nimbus و Nimbus و Aqua و NOAA وقرم Goes الشرقي و Goes الغربي وكذلك قمر Gms الأمريكي وقمر Meteosat الأول والثاني الياباني وأقمار Gomes وغيرها وتطلق الهند والبرازيل وإيران وغيرها أقمارا لأهداف عديدة منها الرصد الجوي .

المناخ الوصفي Climatologie descriptive

يتم اعتماد عدة طرق لتمثيل المناخ وتحديد وصفه وتعد الطرق الوصفية من الطرق الشائعة ، نتيجة تفصيل كل عنصر من عناصر المناخ على حدة سواء سنويا أو فصليا أو عشريا كل عقد ، وأحيانا أسبوعيا وتضع هذه الطرق كل عنصر مستقلا عن غيره دون البحث عن علاقته المباشرة أو المباشرة بالعناصر الأخرى ، وتشمل هذه الدراسات جمع وتيوب الجداول الإحصائية الطويلة ووضع مخططات بيانية تبين واقع وتطور حالة كل عنصر مدروس ، وهي طرق تقليدية تبقى سهلة الفهم والإيضاح والمعالجة رغم بعض العيوب المعروفة ، وهي أداة سهلة بيد الجغرافيين وباحثي المناخ وتسمح بمقارنة المناطق والمحطات المناخية وتقديم معلومات سهلة المنال وتضع أمام المستفيدين مواد وأرقام ذات استخدامات متعددة سواء زراعية أو صناعية سياحية أو جوية وبحرية تساهم في سلامة الزراعة والطيران والمواصلات والرحلات وغيرها ، وتحلل درجات الحرارة وكميات الهطول المكانية الأولى في مثل هذه الدراسات خاصة في مجال المناخ الحيوي والنشاط الإنساني وذلك يعود لتوفر معطيات رصد الحرارة والهطول في محطات الرصد العادية ، لهذا يتم تحديد المناخ وتقسيماته حسب درجات الحرارة المتوسطة ، وكميات الهطول المطري أو الرطوبة النسبية ، تضاف إلى هذه الدراسات معلومات تتعلق بالرياح المائدة ودرجة التفتيم ومدة الإشعاع وتكرار حدوث العواصف الرعدية والضباب و ذلك حسب الهدف من الدراسة المناخية سواء كانت تتعلق بمحطة بيئية أو منطقة جغرافية واسعة ، كما يوجد طرق مختلفة لوصف المناخ وربط أهم عناصره ببعضها البعض قد تعطي وصفا دقيقا وتمثيلا قريبا لواقع المناخ السائد ومن هذه الطرق نذكر :

الخرائط الإجمالية : Carte synoptique تدل على الوصف الزمني لحالات الطقس المميزة لمنطقة الدراسة حسب الفصول وتباينها سواء من جهة نظر رصدية أو فلكية ويتم هذا التمثيل على شكل مقطع عمودي فوق محطة الرصد أو المحطات المقصودة و يبين التالي حالات الصحو والمطر مثلا ، وقد

ازداد العمل بهذه المحطات بعد الحرب العالمية الثانية لخدمة الطيران المدني لأنها تساعد على مقارنة حالات الطقس على ارتفاعات متعددة اعتباراً من سطح الأرض وحتى مستوى طيران الخطوط الجوية المعروفة وتحديد حالات الطقس واحتمالات تغيره على هذه الخطوط وكما يلزم بمثل هذه الدراسات في المناطق ذات المناخ المستقر وقليل التباين والتي تمتاز بوصول واضحة ومنظمة مثل الصيف الطويل الذي يمتد حتى عشرة أشهر فوق الصحراء الكبرى والجزيرة العربية ، وقد أجريت مثل هذه الدراسات في الهند الصينية جنوب شرق آسيا منذ عام ١٩٤٥ خلال حرب الأفيون لخدمة الطيران العسكري والنقل الجوي ، وذلك بشرح ومتابعة حالات الطقس وتكرارها والاضطراب الجوي والتغيرات المؤثرة في حركة الطيران وسير المعارك الحربية ، وكشف الدلائل الحرارية الحركية *Parametre thermodynamique* ومتابعة تغيرات الميزان الحراري والمائي *Bilan thermique et hydrique* تبقى كافة الصفات والميزات السابقة ذات دلالة محدودة بعينها ولكن لا بد من الوصول إلى استنتاج إجمالي لحالة الطقس وتغير أو ثبات المناخ فوق المنطقة المدروسة ، ولا بد أن يستند هذا العمل إلى معطيات مناخية وإحصائية موثوقة ، وتتبع مدى تواتر حدوثها وتصليفها في عدة فئات *Categorie* وتكون الإحصاءات الخاصة بالكتل الهوائية جزءاً من وثائق الرصد الجوي في المناطق المدروسة حسب الارتفاع والهدف من البحث .

ويبقى الرصد الوصفي ناقصاً إذا لم يرفق بالمعطيات الموثوقة على شكل جداول أو خطوط بيانية تمثل على الأقل الحرارة والهطول والضغط الجوي وسرعة واتجاه الرياح والإشعاع الشمسي ، مثال الدراسات المناخية المحيطية الضرورية للملاحة البحرية في المحيطات الاستوائية وتحت الاستوائية وتتضمن مثل هذه الدراسات المعطيات التالية :

صفات الهواء الجوي وخصائصه وبيان الاستقرار ومدته وإمكانية الاضطراب الجوي وأثاره المحتملة على الملاحة .

الرياح وحركة التيارات البحرية والساحلية السطحية والعلوية وأثرها على السفن الشراعية أن وجدت والرياح التجارية والموسمية

سيادة الهدوء التام معظم أيام السنة وهبوب النسيم وحركته واتجاهه وأثره على تشكل الأمواج قرب الشواطئ والممرات البحرية

يسجل هبوب رياح الأليزية التجارية حسب خط العرض والرياح الموسمية أحياناً وأسباب العواصف والأمطار الاستوائية الدائمة

تكاوب هبوب هذه الرياح حسب الفصول على جانبي خط الاستواء بسبب ظهور الرياح البحرية الاستوائية وما تحمله من رطوبة تجاه اليابسة ، ظهور فصول أمطار شديدة نتيجة سيادة هذه الرياح البحرية الرطبة ، تليها فصول أقل أمطاراً عند سيادة رياح الأليزية

يسجل حدوث فصلي مطر سنوياً مدة كل فصل ٤ - ٥ أشهر وفصل جفاف واضح عند الانقلاب الصيفي ، وتبقى درجات الحرارة مرتفعة إجمالاً ، ويكون المدى الحراري اليومي والسنوي قليلاً عادة ، وتسجل أعلا نسب رطوبة في العالم وتبقى مرتفعة طوال العام وفي كافة الفصول ، تكون السماء أقل كثوماً نتيجة هبوب الرياح التجارية التي تبعد الغيوم باستمرار ، يسجل تشكل غيوم ركلمية عالية هائلة ماطرة وتسقط أمطار الحمل في الليل عادة فوق البحار بينما تسقط على اليابسة والجزر بعد الظهر ويكون الصباح صافياً إجمالاً ، لا تتوفر سجلات دقيقة لكميات الهطول فوق المحيطات وتقدر بحوالي ١٠٠٠ - ٥٠٠٠ مم وبمتوسط قدره ٢٠٠٠ مم وذلك رغم تخصيص عدد من السفن التي تقوم بالرصد الجوي وترسل نتائجها لاسلكياً ، كما تطور أسطول جوي وبحري خاص لرصد ومتابعة الأعاصير منذ نشأتها وتتبع مراحلها المختلفة والإنذار المبكر عن قوتها وسرعتها واتجاهها لاتخاذ الإجراءات المناسبة للحد من أضرارها عند وصولها إلى المرافئ والشواطئ واليابسة قبل أن تتلاشى وتتحول إلى عاصفة عادية .

المناخ التطبيقي : *Climatologie appliquee*

يؤثر المناخ باستمرار ودون انقطاع على التربة والصخور المعرضة والمياه وتعد التربة بأشكالها وتركيبها نتيجة التأثير طويل الأجل على الصخرة الأم سواء في مكان تشكلها أو بعد نقلها مسافات

شاسعة عن موطنها الأصلي ، كما تعد الحياة النباتية صورا حية تعكس واقع المناخ السائد وتحمل تبدلاته المستمرة ، وقد اكتسبت هذه التغيرات أهمية خاصة في مجالات الدراسات المناخية البحتة ، وتطبيقاتها في كافة المجالات فمن المعروف أن نشأة الأنواع وتطورها وأصهارها وانتشارها وحتى انقراضها تتعلق بدرجة كبيرة بتغير المناخ والكوارث الطبيعية التي تنتج على سطح الأرض أو فوق مناطق بعينها ، حتى أن تطور الجنس البشري وأعراقه المعروفة مرتبط بالدرجة الأولى بالجغرافيا وتحكم به عوامل المناخ التي خضع لها خلال تاريخه الطويل ، إن وجود أشجار معمرة لمئات السنين في بقعة من الأرض يعني بكل بساطة أن هذه الأشجار قد انبتت بنورها ومرت بطور البادرة قبل أن يقسى عودها وتصبح شجيرة قتيبة ثم شجرة بالغة تزهو وتثمر منذ عشرات السنين ويمكن لبذورها أيضا أن تستمر خصبة معطاة لتعطي أشجارا جديدة بجوار جذاتها وأمهاتها ، والتي لا زالت تخضع باستمرار لتغير أحوال الطقس وعناصر المناخ وهذا فقط مثل الحيوانات المحلية والقبائل المتوطنة يمكن الكلام عن التأقلم والتكيف المستمر الذي يضمن البقاء رغم الأخطار التي يسببها للمناخ لبعض الأفراد الضعيفة والمسننة والتي تذهب ضحية البرد والحر والفيضانات والصقيع وغيرها .

أثر المناخ على الجماد : Action du climat sur les corps inertes

تتعرض الصخور والتربة إلى تغيرات مستمرة سواء لدرجات الحرارة أو الرطوبة أو شدة الرياح ويؤدي ذلك إلى تفتتها وتغير شكلها ، وتساعد الرطوبة والتيارات المائية على انجراف التربة وخبوئان للعناصر المعدنية ونقل المواد بواسطة التيارات المائية والنهرية والبحرية ، كما يساهم الأوكسجين في أكسدة الفلزات والمواد العضوية وحدوث الحرائق الطبيعية ، وتساهم الرياح والعواصف في إعادة تشكيل السواحل ولحوت الصخور ونقل الأتربة أثناء العواصف الغبارية ، وتشكل الكتيان الرملية واستمرار زحفها وتوسع الصحارى طبيعيا أو بفعل العوامل البشرية .

أثر المناخ على الأحياء : Action du climat sur les vivants

يختص علم المناخ الحيوي Bioclimatologie بدراسة وتتبع هذه الآثار سواء على النبات أو الحيوان وحتى النشاط الإنساني ، ويمكن ملاحظة هذه الآثار المباشرة على الإنسان والحيوانات البرية ، وحتى القطعان الأهلية التي يعتمد إنتاجها أصلا على تأمين الشروط المناخية المناسبة لحياتها ، كما يلاحظ تغير سلوك ونشاط القطعان البرية حسب تغير المناخ وتلجأ الطيور إلى الهجرة والرحيل لعشرات بل آلاف الكيلومترات بحثا عن مناخ أفضل لتتقي شر البرد والجوع والحر الشديد ، كما تسجل هجرات الحيوانات البرية بأعداد كبيرة بحثا عن الماء والغذاء رغم مخاطر الطريق والتعرض للاقتراس ، والغريب عودة هذه الأنواع المهاجرة وحتى صغارها إلى مواطنها الأصلية مهتدية بالشمس والنجوم والمجال المغناطيسي للأرض وكذلك بالتيارات الهوائية الأبدية التي تساعد على حمل الطيور كما تهتدي المجترات بالبرق والرعد والغيوم التي تدلها على الخير الوفير والمرعى النضر .

تساعد عناصر المناخ المعتدل في تحقيق التوازن الحراري في الجسم والذي يجب أن يبقى ثابتا في الإنسان وذوات الدم الحار والتي تتعرض للأذى بسبب الدرجات الحرارية المتطرفة مثلا ، لذلك يلجأ الدب القطبي مثلا للبيات الشتوي مثله مثل عدد من القوارض والمفترسات ، حتى الأسماك تهجر صبر المحيطات والأنهار بحثا عن الغذاء وكذلك تتأثر هجرتها بالتيارات البحرية التي تختلف حرارتها وسرعتها حسب الفصول وخطوط العرض والمناخ السائد .

كما أن تأثير المناخ على كافة أوجه النشاط البشري يكتسب صفة قطعية حتى قبل التاريخ وكان يتحكم بقيام الحضارات وإنشاء المدن والغزوات والاكتشافات الجغرافية ، ولا زال يؤثر في اختيار مواد البناء وتوجيه المساكن ، ومدى تعلق المزارع والصيد والكثايف بتغير المناخ واختيار الزراعة المناسبة واتجاه الرحلات ومواسم الصيد ، ولا بد من التأكيد أن تغير المناخ وتفاعل الإنسان معه كان أساس الحضارات البائدة والتي قد يعود سبب أفولها إلى الهفاف والحرائق والفيضانات وتلج التربة وغيرها من الكوارث التي عجز أهلها عن التصدي لها فكان الهروب والهجرة وترك الديار خرابا تدل على أمم وحضارات سادت ثم بادت .

المناخ والمياه : Climatologie et Hydrologie

يمكن تفسير مصير الهطول عامة في أي مكان بالمعادلة التالية : الهطول = الجريان وتبايناته + التبخر والتبخر نتح + استهلاك الأحياء + ماء التربة بكافة أشكاله + الماء الأرضي المتجدد ، وتشكل هذه المعادلة دون الدخول بالتفاصيل الدقيقة الميزان المائي للحوض .

هذا ويتوقف نظام الجريان المائي للأنهار والوديان على كميات الهطول ومواسمها ومصيرها ، ويتعلق كذلك بالثلوج الدائمة أو المؤقتة ، ودرجة ومواسم ذوبانها وإمكانية حدوث الفيضانات والتنبؤ بها للحد من أثارها المدمرة ، وتتأثر هذه المتغيرات بدرجات الحرارة وشدة الأشعة والرياح والتوجه وغيرها من العوامل الطبوغرافية وكذلك الغطاء النباتي ودوره في حفظ التربة والحد من السيول والفيضانات .

١ - تقدير متوسط سماكة الهطول ونوعه : يتم رصد وتسجيل كميات الهطول في محطات قياس الممطر Pluviometrique التي تنتشر في كل قطر على شكل شبكات متكاملة ، تؤخذ القيم المسجلة لحساب متوسطات الهطول الشهري والفصلي والسنوي ولعدة سنوات للدلالة على النظام المطري في المحطة المدروسة ، وتساعد هذه القراءات تحديد فترات الجفاف وكميات الهطول غير العادية والتي قد تسبب الفيضان La crue وتقدير صبيب الأنهار والوديان الدائم أو الفصلي ، لوضع الخطط المناسبة لتحديد حجم السدود وأماكن إنشائها ، ولا بد من تحليل بعض العناصر الأبعد ، دراسة الطقس العادية

Extra meteorologique والتي تعتمد على تسجيل كميات الأمطار لمدة ٥٠ - ٧٥ - ١٠٠ سنة لتدل على مختلف توقعات الهطول الممكنة في المحطة

كما تم اقتراح طريقة نظرية في أمريكا لتحديد الغيوم الممطرة في السماء فيزيائياً وذلك حسب رطوبة الهواء الجوى وسرعة الرياح وكثافة الهواء والضغط الجوى وتباينه حسب الارتفاع ، وبالتالي توقع الأمطار الفعلية الفصلية أو السنوية ومقارنتها بغيوم وأمطار السنوات السابقة ، مع التركيز على دور التضاريس في تغير الهطول ونوعيته وشدة ، و نشر Morlat عدداً من المؤلفات في التقانات المائية Hydrotechnique تتعلق بتأثير الطقس وتغير المناخ الدور على الهطول والجفاف والفيضانات وغيرها من العوامل المتعلقة بالإنتاج الزراعي .

وتفيد معطيات الأرصاد الجوية في تحديد مواعيد الأعسال الزراعية مثل الحصاد والبذر والتطاف ، كما تستخدم من قبل شركات التأمين لتحديد تعويض الأضرار وهي تعد أداة هامة في إدارة واستثمار المراعي والغابات ، ومراقبة الصد العامة والحد من الأوبئة ، وكذلك تخطيط المدن والمرافق والمطارات والطرق ، ومراقبة التلوث والمفاعلات النووية والبلاتكين وحركة الجيوش والمعارك الحربية والطيران الحربي والمدني .

شدة الهطول : Intensite des precipitations وتتم مراقبة كميات الأمطار القصوى التي تهطل خلال فترة زمنية محددة فوق مكان معين ، مثال تمت دراسة كمية الهطول فوق باريس منذ ١٨٩٧ وسجلت بحد أقصى خاصة بعد ١٩٢٧ وقد ثبت أن الهطول العاصفي يبلغ كل عام ٣٤ مم مطر خلال ٣٠ دقيقة وتزيد شدة الهطول عن ٦٨ مم / ساعة لفترات قصيرة جداً ، وقد ثبتت صحة الحسابات لمدة حوالي ١٠٠ سنة ، حسب مؤلفات Penmann و Robert و Rodier في القرن العشرين ، و نشرت تقديرات وقياسات مماثلة في معظم مدن العالم وذلك لوضع العامة في حالات الطقس المتوقعة خلال عشر السنين .

المناخ والطيران : Climatologie aeronautique تهتم شركات الطيران وإدارة المطارات بدراسات منهجية شبيهة مستمرة للعناصر التالية :

- درجة الرؤية : Visibilite لمسافة ٥٠ - ١٠٠ - ٥٠٠ م أو ١ - ٢ - ٤ - ١٠ - ٢٠ - ٥٠ كم

- سقف الرؤية : Plafond حتى ٥٠ - ١٠٠ - ٣٠٠ - ٦٠٠ - ١٠٠٠ - ٢٠٠٠ - ٢٥٠٠ م

- شكل قواعد الغيوم وتغيراتها وأثرها على الرؤية عبر بعض أنواع الغيوم جزئياً .

- الرياح السطحية والعلوية : Vents de surface et d altitude من عدة أمتار وحتى ٥٠٠ - ١٠٠٠ م

- خطوط تساوي الحرارة : Isotherme كل ٥ - ١٠ أو ٢٠ م

- الظواهر الجوية الخطيرة : Phenomenes dangereuses مثل العواصف الرعدية Orages والمجالات الحدية الخطيرة Points critiques

- سرعة الرياح : Vitesse de vent العادية بين ٥ - ٢٥ و ٢٥ - ٥٠ و ٥٠ - ٧٥ كم / ساعة والخطرة الأ تتجاوز ٧٥ كم / ساعة .

- اتجاه الرياح ومصدر هبوبها Direction ورسم وردة الرياح Rose de vent لبيان تكرار هبوب الرياح السا
المناخية والمعاكسة للطيران

المناخ الحيوي Bioclimatologie

يعرف المناخ الحيوي بأنه العلم الذي يدرس العلاقات التي تربط بين مجمل الظواهر الجوية وعناصر
المناخ وكافة النشاطات الحيوية ، وقد نشأ هذا العلم أساساً لتفسير أثر الوسط المحيط على صحة الإنسان
وتطور الأمراض التي تصيبه ، وقد تم تعميم ذلك على الحيوان والنبات ، وكان هذا المفهوم أساس
بدايات فلسفة الطب القديم منذ أبقراط الذي نشر مؤلفه الرياح والمياه والأماكن

Des aires des eaux et des lieux ، هذا ويهتم علم المناخ الحيوي بالعلاقات المتبادلة بين
الأحياء والوسط المحيط وعناصر البيئة التي تؤثر في حياة الكائنات مثل الجو والتربة والمياه ، ومحاولة
تفسير كافة الظواهر العديدة والمعقدة التي تخضع للتغيرات مستمرة وتتطلب تفاعل الأحياء واستجابتها
لأثارها المباشرة وغير المباشرة ، ومدى تأقلمها مع مثل هذه التغيرات غير العادية .

المناخ الحيوي النباتي : تعد النباتات من بين الأحياء الأكثر والأشد تعرضاً للمناخ وتغيراته ولا يمكنها
تفادي تأثيره المباشر ، لذلك وجد كل نوع نباتي وحيواني ضمن منطقة جغرافية ومناخية محددة وخضع
خلال تاريخه الطويل لكافة التغيرات والقيم المتطرفة من عوامل بيئية عامة ومناخية خاصة ، ولا يمكن
أن يستمر وجود أي نوع عندما تتجاوز هذه القيم المتطلبات الدنيا والعظمى لأي من العوامل المؤثرة في
حياته ، ويلاحظ نمو خطاء نباتي مميز في كل منطقة مناخية وهذا يفسر التوزيع الجغرافي النطاقي
للنبات والحيوان الذي يعتمد عليه ، ويطلق اسم الجغرافيا الحيوية على هذا التوزيع أو الانتشار الذي
يعطي الأنواع Chorologie حسب المناطق المناخية والجغرافية ، وتسمى بعض المناطق باسم النوع
المساند مثل إقليم البلان غرب دمشق وإقليم التفاح والخروب جنوب لبنان وإقليم الأرز في جبال بلاد
الشام وإقليم الزيتون الذي يدل على حوض البحر الأبيض المتوسط .

يؤثر الغطاء النباتي في المناخ خاصة تحت الغابات وفي مناطق الأحياء ويتشكل نتيجة هذا التأثير
المناخ المحلي Microclimat

وليه يلاحظ تغير ملموس في كمية الأشعة المارة عبر النبات ودرجات الحرارة وسرعة الرياح وكميات
الرطوبة وتركيز غاز الكربون وتغيراته حسب ساعات النهار نتيجة شدة التمثيل الضوئي وتغسل النبات
والحيوان داخل هذا المناخ المحلي ، وقد أثبتت الدراسات والتجارب الحقلية أن درجات الحرارة
والهطولات تبقى أهم العوامل التي تتحكم في بيئة النبات والأكثر تأثيراً في نمو الأشجار ونضج الثمار
وجودتها ، وغنتاج الخشب والحبوب وأغلاف المراعي وبالتالي تبين وجود علاقة طردية مع تزايد
المطر وزيادة الإنتاج النباتي عند اعتدال الحرارة ، وقد تم نتيجة هذه الأبحاث وضع دلائل مناخية
حيوية من قبل عدد من الباحثين تربط بعض التغيرات المناخية بالعمليات الحيوية ودور كل من هذه
العوامل في حياة الأحياء مثل ظهور الجراد والانتشار الأمراض وإنتاج العسل وعلاقته بوجود العلف
والمحاصيل المعيلة وتوفر مراعي التحل وغناها بالأزهار الرحيقية ، وجاء تعبير معادل الطقس حسب

Equivalent meteorologique (Azzi) ليندل على مثل هذا الارتباط بين عناصر الطقس
والأحياء واقترح Geslin تعبير المعقد الضوئي الحراري Complex photothermique ليؤكد
للتأثير الحراري للضوء وأثر الإضاءة على الأحياء من حيث العوامل الفيزيائية الفعالة Facteur
physique d'action وذلك باعتبار الحرارة المتوسطة والإشعاع الشمسي الإجمالي وتحديد عدد
الحريرات الواصلة على كل سم² من سطح الأرض وقد وجد أن الدليل البيئي لكل نوع نباتي يبقى ثابتاً
مهما اختلفت الظروف الجوية ، مثل حساب قيم استطالة أوراق القمح خلال ٢٤ ساعة وعلاقته بالحرارة
والرطوبة وتباين مواعيد الحصاد ونضج الثمار حسب تغيرات الأحوال الجوية من عام لآخر ، واقترح
Mather تعبير وحدة النمو Unité de croissance التي تعبر عن النمو النباتي خلال فترة زمنية
محددة وعلاقتها بكمية ماء النتج التي يحتاجها النبات خلال هذه الفترة ، كما تم اعتماد أكثر من دليل
حيوي يوضح ظاهرة حيوية ذات علاقة بأحد عناصر الطقس وتحديد مدى شدة الارتباط بين الطقس
والنبات ، كذلك وضعت معادلات التنبؤ وتقدير الإنتاج الزراعي حسب الغلة والمردود في سنوات صدة

وعلاقتها بواحد أو أكثر من عناصر المناخ ، فقد طبق Lehouerou معادلات عديدة لدراسة تغير إنتاج المراعي وأوجد علاقة ارتباط متوسطة مع أمطار الشهر الأول في بداية الموسم الزراعي .
المناخ الحيوي الحيواني : درس توزيع الأنواع الحيوانية حسب المناطق المناخية وقد اعتمدت خطوط تساوي الحرارة في معظم هذه الدراسات ، وتلعب وفرة أو ندرة الهطول دورا هاما في هذا المجال ، ويعتمد سلوك الحيوان ونشاطه وتكاثره على التغيرات الدورية وأحيانا المفاجئة التي تسبب تجمع القطعان وهجرة الطيور القصلية أو الموسمية ، وتحدد ظاهرة التشبية والتصنيف للتنبؤات ، وتلعب عناصر المناخ دورا رئيسا في تغير اللون ومساكة القراء والصوف وسقوط الشعر وتغيير الريش أو القش وهي حالات حسية

Stimuli sensoriel تستجيب لها الأنواع بدرجات متباينة .

وتستخدم في مجال تربية الحيوان Zootechnie تقانات متعددة تتطلب معرفة جيدة بعناصر المناخ ودراسة عوامله وتوفير المناخ المحلي المناسب لكل نوع وذلك بهدف الحصول على أفضل إنتاج حيواني سواء من المروك المحلية أو الأجنبية ويقع ضمن مجال المناخ الحيوي الفسيولوجيا المناخية وأثر المناخ على الجنس البشري والتوزيع الجغرافي للمروك وعادات وسلوك الشعوب وأثر المناخ على الحالة النفسية للأفراد Climatopsychologie وعلم المناخ المرضي Climatopathologie الذي يتابع دراسة المناخ وتغيراته وعلاقته بظهور وانتشار وتعاظم تأثير الأمراض والأوبئة على الإنسان والحيوانات مثل مرض أنفلونزا الطيور والبقرة المجنونة وانتشار الإيدز والكوليرا ومرض النوم والرشح والروماتيزم وغيرها ، وتزايد ظهور أمراض معينة في فصول محددة مثل الحساسية Allergie وزيادة عدد الوفيات بسبب الحر والبرد الشديد ، وتستمر هذه الدراسات لتعطي مؤشرات قد تساعد على التنبؤ الدقيق بظهور بعض الأمراض ذات العلاقة بالطقس Meteorotrope ، أما العلاج بالمناخ Climatotherapie فهو يستند إلى الاستفادة القصوى من عناصر المناخ الأكثر مناسبة للشفاء والحد من الإصابات وسرعة الشفاء ، وبناء على ذلك يتم بناء المنتجعات وأماكن العلاج الخاصة بأمراض مثل السل والربو والعلاج النفسي ، وقد دلت دراسات فريق Santenoise والمشاركين معه من عدة دول على كشف العلاقة بين الأمراض المحلية الشائعة ومكان العمل أو السكن ونوع العمل والغذاء والتلوث وعدد من عناصر المناخ ، وأوصى باستخدام مشافي بيئية مناخية خاصة مثل محطات المياه الكبريتية والساخنة والمعالجة بالطين والبرد أو حمامات الساونا ، والتأقلم Climatisme يعني بكل بساطة تطبيق مجمال التجارب والنتائج الناجحة والإجابة على مجمال الأسئلة المتعلقة باستخدام عناصر الطقس منفردة أو مجتمعة سواء في الوقاية (درهم وقاية خير من قنطار علاج) أو العلاج لعدد من الأمراض ، وكذلك توفير عدد من الشروط المناسبة وحتى المثالية في أماكن العمل والسكن والمدارس بهدف تأمين راحة ورغاية الإنسان وسعادته في حياته اليومية وعمله ومستقبل أطفاله وصحة العائلة .

التنظيم الحراري Homeothermie هو قدرة جسم الإنسان والحيوانات ذات الدم الحار على حفظ درجة حرارة الجسم عند حد معين مثال ٣٧ م عند البشر و ٤٠ م عند العصفور ، ولا بد لكل كائن أن يتأقلم مع تغير عناصر المناخ المستمر وقد حاول الإنسان منذ القدم التكيف مع هذه التغيرات بحيث لجأ إلى المغاور والكهوف وكان لا بد من بناء البيوت البدائية من مواد أولية متوفرة في البيئة المحلية وصولا إلى تطوير فن العمارة وبناء القصور والقلاع والحصون وقد شهد القرن الماضي نهضة عمرانية غير مسبوقة حيث انتشر التكيف والتدفئة المركزية بحيث يمكن العيش في مناطق تنخفض حرارتها شتاء حتى - ٤٠ م ومناطق أخرى ترتفع حرارتها حتى + ٤٠ م والتي كان من المتعذر بل من المستحيل العيش فيها قبل ذلك ، أما الحيوانات ذات الدم البارد فتبقى حرارة جسمها ثابتة وقد تزيد أو تنقص بحدود ١٠ م عن الوسط المحيط وتلجأ إلى التشبية والتصنيف هربا من البرد والحر .

المناخ الزراعي Agro climatologie

يبقى النشاط الزراعي بكافة مكوناته كما كان منذ القدم أكثر النشاطات الإنسانية والاقتصادية تعرضا لتقلبات الطقس وتغير المناخ

ويمكن باختصار دراسة هذا التعرض من النواحي التالية :

- ١ - تعتمد طرق الزراعة المختلفة على المناخ السائد وتؤثر حالة الطقس كذلك على مجمل العمليات الزراعية مثل البذر والفلاحة والحصاد والرعي وغيرها ، لذلك يتوقف نجاح معظم هذه العمليات على الطقس المناسب الذي يسمح بإجرائها بيسر ومروعة مناسبة
- يتوقف الإنتاج الزراعي عامة على عدة عوامل أكثرها مناخية أو مرتبطة بالمناخ مثل الهطول والجفاف والرياح والحرارة وغيرها
- ٢ - علاقة المتغيرات المناخية بوقاية النبات ومكافحة الآفات وانتشار الحشرات والأمراض التي تتحول إلى آفات خطيرة ومدمرة .
- ٣ - أثر المناخ على مواسم الحصاد وجني المحاصيل وتخزينها ونقلها وتجفيفها وكلفة هذه العمليات وتغيرها حسب المناخ السائد
- ٤ - أثر المناخ على انتشار الحيوون وتربية الأنواع المحلية والمستوردة وتحديد إنتاج المراعي ومحاصيل العلف ونشاط النحل والحشرات الناقعة واختيار الظروف المناسبة لنشاطها لتحقيق المكافحة الحيوية

Lutte Biologique

المناخ والإنسان Le climat et l'homme

يحاول الإنسان باستمرار تحسين حالة الطقس وظروف المناخ لتفجئة تصميمه وإرادته وتجاريه ، وذلك بهدف الحد من أخطار السيول والانجلاف والتلوث وزراعة مسدات الرياح التي تخفف من تأثيرها على الحقول والبساتين ، والزراعات المحمية والزراعة البيئية والحد من أخطار التلوث ومكافحة الصقيع والمطر الاصطناعي وتحسين وسائل الري والصرف الحديث ، وزرع الغيوم بجزئيات أليفة الرطوبة تساعد على التكاثف وهطول المطر من غيوم حاملة للمطر ، وقد ثبت بما لا يدع مجالاً للشك أن الزراعة تغير الوسط الطبيعي وتؤثر على المناخ والمناخ الموضعي بين النباتات كما تعدل درجة العاكسية ، وتساعد الأسمدة العضوية على زيادة امتصاص الحرارة وتدفع مراد البذور ، كما أن مناخ التجمعات السكانية يمثل بارتفاع حرارة الوسط بمعدل ١ - ٢ م° عن حرارة الضواحي الزراعية ، ويمكن رسم خطوط تساوي الحرارة في المدن الكبرى والمناطق الصناعية اعتباراً من المركز الأشد حرارة حتى الأطراف والضواحي والأرياف المجاورة ، ويلاحظ تأثير البيوت البلاستيكية على تعديل المناخ المحلي لحماية الزراعات اليكورية من الصقيع ، وقد جربت مدافع البرد Canon antigel للحد من الخسائر الناتجة عن العواصف الرعدية التي تعطي كميات من البرد بأحجام كبيرة ضارة بالمزروعات .

الحد المناخي : La trame climatique ومقاييس التصنيف : Echelles de classification

تكمن صعوبة تقسيم المناخ عالمياً في تعدد تعريفاته وعدم اعتماد معنى واحد أو مفاهيم متقاربة سواء من قبل العاملين في الأرصاد الجوية أو الجغرافيا الحيوية أو الزراعيين وعلماء الأحياء والبيئة ، وهكذا يفسر وجود حدائق نباتية سواء في باريس أو دمشق على أن المناخ مناسب لنمو الأشجار والفرق يكمن في أنواع الأشجار البيرة والمزروعة في هذه الحدائق والتي تكون متطلباتها المناخية متباينة أصلاً ، رغم أن وجود الأشجار الحراجية أو التزيينية أو المثمرة يشكل مناخاً محلياً خاصاً Particulier بكل نوع نباتي وهو يحدد بكل بساطة الأنواع التي تنمو تحت الشجر وتتحمل الظل بدرجات متفاوتة حيث يسود مناخ محلي حراجي Microclimat forestier ، وهو ما يعرف بالواحات Oasis التي تنتشر في معظم الصحاري وتشتهر بالنخيل وغيره من الأشجار ، كما أنه من المعروف لتأثير مناخ المدن والتجمعات السكانية على زيادة درجات الحرارة بمعدل ١ - ٢ م° مقارنة بالأرياف ، كذلك يقلل تلوث الهواء الجوي والغبار Aerosol فوق الأحياء المكتظة والمناطق الصناعية من وصول الأشعة الشمسية المباشرة ، ويسبب بدوره زيادة نويات التكاثف Noyeu de condensation الناتجة عن الغبار والدخان Smog ويشكل كل ما تقدم المناخ المحلي الحضري Microclimat urbain هذا وتؤثر التضاريس بدرجات متفاوتة في تحديد المناخ المحلي ويميز مناخ المنحدرات Microclimat de versant الذي يؤثر مباشرة على الأنواع النباتية الطبيعية أو المزروعة فوق المنحدرات الشمالية الباردة نسبياً والجنوبية الأكثر تعرضاً لأشعة الشمس ، وتهتم الدراسات النباتية

وتحديد المجتمعات بمناخ المحطة البيئية Station التي قد تمثل أسفل وسط أو أعلا المنحدر ، وتصنف هذه المناخات المحلية أو النقيضة والتي تتباين من مكان لآخر ضمن مناخ مناطقي أو موضعي Climat regional يقع ضمن محافظة أو منطقة بيئية تشكل جزءا من مناخ متوسط أو عام كالمناخ المتوسطي أو الصحراوي .

وكان لا بد من إيجاد حدود مناخية واضحة ثبت أنه من المؤكد استناد الأساس العالمي لتقسيم المناخ يعتمد عليها ، وذلك تطبيقا لمبدأ النطاقية Zonalite وهي تحدد مناخات قطبية وتحت قطبية وباردة ومعتدلة ومدارية واستوائية ، ويسجل تزايد تأثير السواحل والتضاريس وخاصة المرتفعات العالية في رسم حدود محلية متعرجة لا تخضع للخطوط العريضة التي يتبعها المناخ العام عادة وتزداد هذه الحدود تعقيدا وتصبح أقل وضوحا بسبب اختلاف نسب اليابسة والمحيطات وعلاقة الأرض بالبحر Terre mer ; ويؤدي ذلك إلى وضوح المناخات المحيطية على طول الواجهات الغربية للقارات ، وهي تتأثر بدرجات العرض كما يسجل تأثير واضح للحركة العامة للهواء الجوي ،

هذا ويلاحظ تزايد تأثير القارية Continentalite كلما ابتعدنا عن البحار عند كافة خطوط العرض ويبدو على شكل زيادة المدى الحراري Amplitude وتناقص نسب الرطوبة غير المنتظم وتباطؤ تدريجي وصولا إلى ضعف وتلاشي الحركة العامة النطاقية وندرة الاضطراب الجوي الناتج عن هذه الحركة ، وتضع الحدود المناخية الكبرى التي تتوافق مع خطوط العرض أصلا ليحل مكانها تركيب شبكي Grille غير منتظم نتيجة غياب أو تقطع الحدود المناخية البسيطة الملاحظة عامة ، فتظهر بعض المناخات الجافة على شكل مساحات أو جزر محدودة ضمن المناخ العام مثل الصحاري المحمية الواقعة خلف السلاسل الجبلية العالية .

حدود المناخات : Limites climatiques

من الدائر أن تكون الحدود المناخية واضحة وضوحا تاما لذلك يسجل وجود مناطق انتقالية Zone de transition بين السهول الشاسعة والتلال المتشابهة و تخضع لتأثير المناخين المتجاورين وتسمى حدود تدريجية Continuum حسب فصول السنة وجهة هبوب الرياح ، كما تختلف هذه التأثيرات بين عام وآخر مثل سهول اوكراتيا وغابات التايغا وعلاقتها بالتندرة وبين جبال القلمون وبادية الشام والجزيرة العربية وحتى الجبال السورية ، بينما تفرض الجبال والبحيرات حدودا مناخية فجائية Brutale أو حدود واضحة Ecoton مثال : جبل حرمون ارتفاع ٢٨١٤ م تلوج سنوية لمدة ٦ أشهر وقد تستمر طوال العام الأمطار ١٢٠٠ م

قطنا	ارتفاع ٨٠٠ م	أمطار سنوية ٣٥٠ مم	المسافة حوالي ٢٥ كم
دمشق	ارتفاع ٥٠٠ م	أمطار سنوية ٢٢٥ مم	المسافة حوالي ٥٠ كم
المطار	ارتفاع ٤٠٠ م	أمطار سنوية ١٥٠ مم	المسافة حوالي ٧٥ كم
القف	أمطار سنوية ١٠٠ مم	المسافة حوالي ١٥٠ كم	

يمتاز المناخ المتوسطي بشدة الإشعاع الشمسي وطول فترة الإشعاع السنوي ويؤدي ذلك إلى ارتفاع درجات الحرارة صيفا واعتدالها شتاء ، وتسمى الجبال المتوسطة الحقيقية بالجبال الجافة Xerother التي تخضع لفترات جفاف صيفي طويلة وحرارة مرتفعة عامة ، وذلك مقارنة بالجبال الأوروبية مثل البيرينيه والألب التي تطل على البحر المتوسط وتسمى جبال رطبة Hygrther كونها تتأثر بالمناخ المحيطي والهطول الصيفي الذي قد يفوق المطار الشتوية التي تسقط معظمها على شكل تلوج ويلاحظ في جبال الألب بعض الجليديات التي تملأ الوديان وتهدد القرى والمزارع وقد سجل نوبان غير طبيعي لبعض هذه الجليديات نتيجة ارتفاع حرارة الأرض ، وقد انفتحت معظم التقسيمات المناخية مع الغطاء النباتي Vegetation الذي ينتج بدوره عن التتابع النباتي الطبيعي Succession خلال آلاف السنين بتأثير المناخ والتراب التي ينمو فوقها ، وتحاول الدراسات المناخية باستمرار وضع دلائل مناخية

Indice climatique تسمح بكل سهولة تحديد السمات الرئيسية لكل مناخ والإمكانات Aptitude الحيوية والزراعية بهدف اختيار المحاصيل والأشجار المناسبة لكل منطقة مناخية ، وقد تم اعتماد درجات الحرارة المتوسطة الشهرية أو الفصلية أو السنوية غالبا ، مترافقة مع كميات الهطول لنفس

الفترات ولعدة سنوات حيث تزداد دقة التقسيم بازدياد السنوات وذلك في معظم المعادلات المناخية والتمثيل البياني للمناخ .

الجفاف والصحارى : Aridite et Deserts

يبدو تعريف المناخ الصحراوي والصحارى سهلا ظاهريا رغم أن حالة التصحر الطبيعي Desertisation تميز كافة البلاد شديدة الجفاف والقاحلة لدرجة تجعل الغطاء النباتي معدوما تماما والحيوانات الحيوانية نادرة وشديدة التأقلم للحياة الصحراوية مع ندرة المياه والحرارة القاتلة أحيانا ، أما التصحر Desertification فهو تحويل مناطق من العالم إلى صحارى بفعل الإنسان ونشاطه وخاصة نتيجة القضاء على الغطاء النباتي بالرعي الجائر والمستمر أو قطع الغابات وعدم تجديدها واستنزاف موارد التربة بالزراعات المتعددة والمجهدة للأرض ، وتلشد الصحراء الحقيقية Desert parfait جفافا يمتد عادة على مدى ١١ شهر سنويا وهي نادرة عملية وقد سجل توقف الهطول تماما في محطة عين صلاح بالصحراء الجزائرية لمدة ثلاث سنوات متتالية ، كما يندر هطول المطر في صحراء سونور في شيلي بأمريكا الجنوبية التي لم تسجل فيها هطولات تذكر منذ عشرات السنين لأنها صحراء محمية بسلسلة جبال الأنديز المرتفعة والتي تمتنع وصل الغيوم إليها ، وقد سجل هطول ٢٠ مم عام ٢٠٠٠ واكتمت أرجاء الصحراء ببساط أخضر دام شهرا واحدا ثم عاد القحط من جديد ، وقد يسقط المطر كل عشر سنوات أو أكثر ويعطي بعض النباتات قصيرة العمر Ephemere التي تزهر وتموت خلال أسابيع قليلة ، بصاف المناخ الصحراوي على جانبي المدارين ويمتاز بسيادة مرتفعات جوية حارة تؤدي إلى الجفاف الدائم والقحولة Aridite التي تتوافق مع ندرة الهطول ، فقد سجل في محطة عين صلاح في الصحراء الجزائرية سقوط ٥ مم مطر خلال الشهر الأكثر مطرا ، وترتبط شدة الحرارة بالإشعاع الشمسي من جهة وصفاء الجو الدائم Air limpide وضيق الرطوبة النسبية عامة ، تتوافق مع تباين حراري شديد Contraste فصلي ويومي ، كما يسجل احتمال حدوث الصقيع في الليل حتى بعد نهار شديد الحرارة ، ويمتد المناخ الصحراوي في الصحراء الكبرى شمال إفريقيا و صحراء مصر والسودان والجزيرة العربية و صحراء تار وكالاهاري جنوب إفريقيا وصولا إلى الصحراء الأسترالية والصحارى المحمية على امتداد الواجهات الغربية للقارات وكذلك الصحارى الباردة وتلشد الصحراء الكبرى Sahara هطولات متفرقة على شكل زخات

Averse يليها فترة نمو نباتي قصيرة من الأشجار Acheb تعطى مرعى صحراوي مؤقت وفقير يكاد يكفي القوارض والغزلان ، تتوافق هذه الفترات بفقس بيوض الجراد الصحراوي وتشكل أسراب من الحوريات الزاحفة تلتهم الأخضر واليابس قبل أن تبدأ الطيران عند بلوغها عمرا محددا وقد تحملها التيارات الهوائية بعيدا مئات الكيلومترات ، وقد شهد القرن الماضي وصول أسراب الجراد إلى جنوب أوروبا وفي عام ٢٠٠٦ ورغم المراقبة المستمرة لمناطق توالد الجراد فقد سجل انتشار أعداد هائلة منه اعتبارا من موريتانيا وغرب إفريقيا غطت معظم أقطار المغرب العربي وصولا إلى مصر والسودان وحتى جزيرة سيناء وشرق الأردن ولا زالت الجزيرة العربية تشكل مصدرا محتملا للجراد في السنوات الرطبة وقد بينت الأبحاث والتجارب الميدانية أن هطول ٢٠ مم من المطر تساعد على وضع البيض والفقس الذي ينتج عنه ملايين الحشرات الشرهة ولذلك لا يمكن اعتبار هذه الصحارى حقيقية ، لأنه بمجرد هطول المطر يظهر بفضل الحرارة العالية غطاء نباتي متنوع ومؤث تمتاز به أطراف الصحارى والوديان خاصة في الحماد Hamada والبادي Badia ، هذا وينعدم الجريان السطحي الدائم في معظم الصحارى بسبب شدة الجفاف وارتفاع الحرارة ، والموازنة المائية السلبية ورغم ذلك يسجل جريان بعض الأنهار والوديان المؤقتة التي تضيق تدريجيا في رمال الصحراء ، وهناك أودية عديدة Oued في الجزيرة العربية والصحراء الكبرى ومن أودية بادية الشام ما يبدأ من جبل العرب ليصل نهر الفرات ، ويشكل الفرات والنيل استثناء حيث يستمد الأول مياهه من الأمطار والثلوج في تركيا والثاني من الأمطار الموسمية في إفريقيا ، وقد سجل تبخر حقيقي من نهر النيل يصل حث ٤ م في سد أسوان وبحيرة جمال عبد الناصر ، وفي غياب الأنهار تعتمد الواحات على المياه الجوفية ذات نظام الجريان الداخلي Endoreique حيث تبقى المياه معزولة عن أي نهر أو بحر خارجي ، وتختلف أهميتها حسب الحوض الذي يغذيها مثل بحر آرل وبحيرة تشاد وبحيرة Eyre في أستراليا ،

وتماز معظم الواحات بينابيع دائمة وغالبا مؤقتة وآبار تقليدية ، لكن الخطر يكمن في حفر آبار عميقة تسبب خللا في النظام المائي التقليدي وقد حدث مثل هذا الخلل في واحة تدمر وتم منع حفر الآبار منعا باتا للحفاظ على الموارد المائية المحدودة واستمرار استثمارها بشكا عقالني ومستدام ، وقد ازدهرت حضارات كثيرة على أطراف الصحراء وأسست مدن وقلاع وحصون رغم محدودية الموارد المائية التي كانت تدار بكل حكمة وريّة وإن أي استنزاف لهذه الموارد يقضي على كافة أشكال الحياة ويسبب الهجرة والرحيل .

تعد غوطة دمشق من أقدم الواحات المأهولة ومدينة دمشق أقدم عاصمة مأهولة ، وكان نهر بردى بفروعه السبعة يروي غوطتها الغناء وقد تم استهلاك معظم مياهه في الشرب والاستعمال المنزلي والصناعية وقد أدى حفر الآبار إلى انخفاض مستوى الماء الأرضي وزيادة تملح التربة والمياه وزحف التصحر نحو أطراف الغوطين ، كما ساهم نهر الأعوج بري الغوطة الغربية وقد أدى حفر الآبار وتلوث المياه إلى ضعف الاعتماد على هذهي النهرين الأزليين وتهددهما بالجفاف والقضاء على ما تبقى من الغوطة اللهم إلا إذا تم اتخاذ الإجراءات المناسبة لإدارة الموارد المائية في حوض دمشق إدارة علمية ورشيّدة ومستدامة .

مقارنة المناخ : Comparaison de climat

يبقى الهدف الأساسي من الدراسات المناخية إعطاء وصف مختصر لأنواع المناخ وتغيراتها مع الزمن فوق منطقة معينة وذلك استنادا إلى تسجيل وقراءة وتحليل العوامل الجوية الهامة والرئيسة وخاصة علمي الحرارة والأمطار ، لم لهذه العوامل من تأثير هام ومباشر على راحة الإنسان وصحته وعمله وكذلك على حياة الكائنات النباتية والحيوانية وتوزيعها الزمني والمكاني ، كما أنها تحدد الزراعات وإنتاج الحيواني والنباتي ونمو الغابات والمراعي الطبيعية وحالة الأنهار وحدوث الفيضان والأعاصير المدمرة التي تتحكم ليس فقط في وجود الإنسان بل في مصيره وغذائه وكسائه ، يؤدي التنوع المناخي إلى تنوع حيوي مذهش يدل دلالة بيئية على سيادة عامل مناخي محدد لفترات طويلة تسبب بالضرورة سيادة أشكال حياة نباتية وحيوانية تميز كل منطقة مناخية فيقال نباتات صحراوية وحيوانات جبلية وسكان السهول وأسماك المياه العذبة وغيرها ، كما أن استمرار هذه النباتات حية وتكاثرها يدل على تأقلمها مع الظروف السائدة ومناسبة هذه الظروف لحياتها ، إن انتشار شجرة الزيتون البرية يدل على مناخ حوض البحر الأبيض المتوسط وتدل بعض الصبغيات على المناخ الصحراوي ، كذلك لا يمكن للأشجار أن تنمو عامة فوق خط الغابات في المناطق الجبلية وحدود التندرة القطبية التي تماز بالأعشاب والمراعي المشابهة للمروج الجبلية ، وتبدو الأنواع الحيوانية وخاصة سرعة الجري أقل تأثرا بالمناخ من النباتات ، ويمكن أن تتحاشى الظروف غير المواتية سواء بالهجرة أو التشتيت والتصيف ، ومع ذلك تبقى العلاقة وثيقة وأكيدة بين الحشرات والحيوانات الصغيرة والمناخ السائد في مجال انتشارها فتحدد توزيعها وعدد أجيالها ، وحتى تسهل مقارنة المناطق المناخية المختلفة يلجأ الباحثون إلى تمثيل المناخات بإحدى الطرق التالية :

المعادلات المناخية Formules climatiques

يمكن تمثيل المناخ الإجمالي بوساطة معادلات بسيطة تعطي فيما عامة نتيج عن حساب يمثل المعطيات المناخية المتوفرة وخاصة الحرارة والأمطار والتبخّر ، ونبين فيمايلي أهم هذه المعادلات :

١ - دليل الرطوبة (لترانسو ١٩٠٥) Indice d humidite (Transeau USA)

استخدم في حسابه متوسط كمية المطر الهاطلة منسوبة إلى كمية التبخّر ويجب قياس المطر والتبخّر لنفس المدة سواء لشهر أو فصل أو سنة كاملة ، وتكمن صعوبة العمل بهذا الدليل في عدم إمكانية قياس قيم التبخّر بسهولة واستمرار مثل قياس الهطول ، لذلك لا يمكن تطبيق قيم دليل الرطوبة (إلا في حال محطات الأرصاد الجوية المجهزة بقياس خاصة للتبخّر وإلا فلا بد من اللجوء إلى حساب كميات التبخّر بوساطة معادلات خاصة معقدة .

دليل الرطوبة = كمية الهطول مم / كمية التبخّر مم
Indice d humidite IH = Pmm / Emm

ويمكن استخدام هذا الدليل عند توفر جداول خاصة بقيم التبخر لفترات كافية .

٢ - معامل المطر (لانج ١٩١٥ للماتيا) (Lang) Facteur de Pluie

تحدد قيم معامل المطر بالعلاقة بين كمية الأمطار ومتوسط درجات الحرارة في المحطات المدروسة خلال فترات زمنية محددة ،

معامل المطر = كمية المطر مم / متوسط الحرارة م°

تقاس كمية المطر بمجموع الهطول الشهري أو السنوي لسنة أو عدة سنوات وتحسب درجات الحرارة بمتوسطاتها الشهرية أو السنوية أو العشرية وبالدرجات المئوية ، ويعتمد حساب قيم معامل المطر على العلاقة بين هذين العاملين وهما يعبران عن العوامل الجوية سهلة القياس ، إذ لا تخلو محطة أرصاد جوية من المقاييس الخاصة بالأمطار ودرجات الحرارة ، لذلك يبقى حساب معامل المطر من الطرق السهلة التي تعطي فكرة بسيطة وعامة عن المناخ ويمكن عن طريقها إجراء مقارنات مناخية بين عدة محطات ، لكن يتعدى استخدامها في حال وجود درجات حرارة سالبة ، وقد قسم لانج العالم إلى أربعة مناطق مناخية مميزة حسب معامل المطر :

قيمة معامل المطر المصنوية	المنطقة المناخية	
صفر -- ١٠	شديدة القارية	Tres continental
١٠ -- ٤٠	قارية	Continental
٤٠ -- ١٦٠	تحت رطبة	Sub humide
أكثر من ١٦٠	رطبة	Humide

دليل القارية (دومارتون) فرنسا (Indice d Aridite (de Martonne)

استند دومارتون في وضع معادلاته على نفس مبدأ طريقة لانج إلا أنه أضاف الرقم ١٠ إلى درجات الحرارة وذلك تحاشيا للأرقام السالبة الناتجة عن شح المطر ، وقد أمكنه نتيجة ذلك العمل على نطاق واسع وتطبيق معادلاته في أماكن لا تطبق فيها معادلة لانج ، وهكذا تصبح المعادلة على النحو التالي :
دليل القارية أو قريفة الجفاف = كمية الأمطار مم / للحرارة المتوسطة م° + ١٠

١٠ IA Pmm / Tco+

ويمكن حساب دليل القارية لشهر أو لفصل أو لسنة وحتى عدة سنوات ، وقد قام دومارتون بتجربة الدليل ومحاولة ربطه بالمناطق النباتية في أنحاء العالم ، وتوصل على تقسيم العالم إلى ستة مناطق مناخية تمتاز بغطاء نباتي فريد يتم في كل منطقة حسب الآتي :

قيمة دليل القارية	المنطقة النباتية	المناخ السائد
أقل من ٥	صحراوية	جاف جدا
٥ -- ١٠	سهوب صحراوية	جاف
١٠ -- ٢٠	زراعات بعلية	نصف جاف
٢٠ -- ٣٠	أعشاب وشجيرات	تحت رطب
٣٠ -- ٤٠	غابات متفرقة	رطب
أكثر من ٤٠	غابات كثيفة	رطب جدا

تمتاز طرق التصنيف السابقة بالبساطة والسهولة ضمن أرقام مناسبة كان من السهل حسابها يدويا قبل استعمال الآلات الحاسبة ، وقد تطور الأدوات العلمية المستخدمة حاليا وساهمت المعلوماتية والحواسيب في إحداث ثورة علمية غير مسبوقه في الإحصاء والتحليل الرياضي وتطبيق نظرية الاحتمالات وغيرها ، ولا بد من تسجيل وإيراد بعض الملاحظات حول استخدام الطرق السابقة رغم بساطتها وسهولة تنفيذها ويمكن إيجاز هذه الملاحظات على النحو التالي :

- أهمية مجموع الأمطار الهاطلة وتوزعها الفصلي والسنوي وتبايناتها وأثرها المباشر سواء على الغطاء النباتي الطبيعي خاصة المراعي والغابات ، وكذلك المحاصيل البعلية التي يتوقف غلتاجها كما ونوعا ليس فقط على كمية الهطل السنوي بل يعتمد اعتمادا مباشرا على توزع المطر حسب أطوار نمو هذه المحاصيل وصولا على النضج والحصاد ، وتتناسب كميات المحصول طردا مع كميات المطر بشرط سقوطه في الوقت المناسب ، مثال كان العام ٢٠٠٨

جافا بامتياز فقد انحبست الأمطار اعتبار من شباط وحتى نهاية العام ولم تتعد كمية المطر في الحسكة مثلاً ٢٥ مم ، كما أدى انحباس المطر في البادية إلى حرمان الأغنام من المرعى الطبيعي المجاني ، وقد تم بيع نصف قطيع الظلم أي حوالي ١٠ مليون رأس لإنقاذ النصف الباقي وهو يقع ضمن استراتيجيات المربين في المناطق الجافة في سنوات القحط والجفاف ، وكان إنتاج المحاصيل البعلية متدنياً بل معدوماً في بعض المحافظات ، وها يؤكد أهمية الأمطار السنوية ودورها الحاسم في توفير الرطوبة اللازمة لنمو المراعي والمحاصيل ومشاريع التحريج الاصطناعي .

لم يرد ذكر التوزيع الفصلي للأمطار أو طول فصل الجفاف في غياب المطر وتلغز الدراسات الحديثة إلى بيان عدد فصول السنة في كل عشيرة التي يقل أو يزيد الهطل فيها عن حد معين يؤثر بصراحة إلى فاعلية الهطول وتأثيره في الزراعة البعلية خاصة والمراعي الجافة التي يمكن تقدير إنتاجها حسب معادلة ارتباط تتعلق بكمية المطر الهطل في أول شهر من موسم الهطول ، وبناء على ذلك يمكن توقع إنتاج علقي تقريبي يتم استثماره في موسم الرعي . حسب كثافة المعادلات السابقة على أساس درجات الحرارة المتوسطة ، ورغم أن هذه المعادلات تعطي فكرة هامة عن درجات الحرارة لكنها لا تعبر بشكل واضح عن المدى الحراري بين أخفض وأعلى درجات حرارة مسجلة والتي تكون الأشد ضرراً سواء على الإنسان أو النبات أو الحيوان ، فقد تصبح عاملاً محدداً لكافة النشاطات الفسيولوجية وتحدد حتى وجود بعض الأحياء فتقضي عليها سواء بالبرد الشديد والزمهريرة أو الحر والقبط الحارق ، ولا بد التأكيد على أهمية درجتي الحرارة العظمى والصغرى اللتان تحددان خطوط انتشار الأنواع البرية ونجاح الأنواع المزروعة والمنزلة ، وكافة أوجه النشاط الإنساني وضرورات التدفئة والتبريد لتحقيق الحرارة المثلى أو المدى الرعي في المساكن والمدارس والمعامل والمطارات والجامعات وغيرها .

كذلك لا بد من عدم إغفال التباين الحراري أي الفرق بين درجتي الحرارة الدنيا والعظمى لم لهذا التباين وسرعة تغيره من تأثير على الأحياء والعمليات الحيوية التي تتطلب حرارة معتدلة عادة ، وذلك باستثناء الكائنات التي تعيش في الينابيع الحارة وتحمل درجات مرتفعة وحيوانات الصحاري الحارة التي تكيفت للعيش مع درجات حرارة متطرفة ومرتعة عامة ويمكن حساب متوسط درجات الحرارة والتباين الحراري على النحو التالي :

- المتوسط اليومي لدرجة الحرارة = درجة الحرارة الصغرى + العظمى / ٢
- المتوسط الشهري لدرجة الحرارة = مجموع المتوسطات الشهرية / عدد أيام الشهر
- المتوسط السنوي لدرجة الحرارة = مجموع المتوسطات الشهرية / ١٢
- التباين الحراري = درجة الحرارة العظمى - درجة الحرارة الصغرى

كما أن هناك عدد آخر من العوامل الجوية الهامة التي لم يرد ذكرها في المقارنات السابقة وهي ذات تأثير مباشر على الحياة فوق سطح الأرض ومن هذه العوامل نذكر : طول النهار - التبخر والنتح - الرياح - ورطوبة الهواء الجوي .

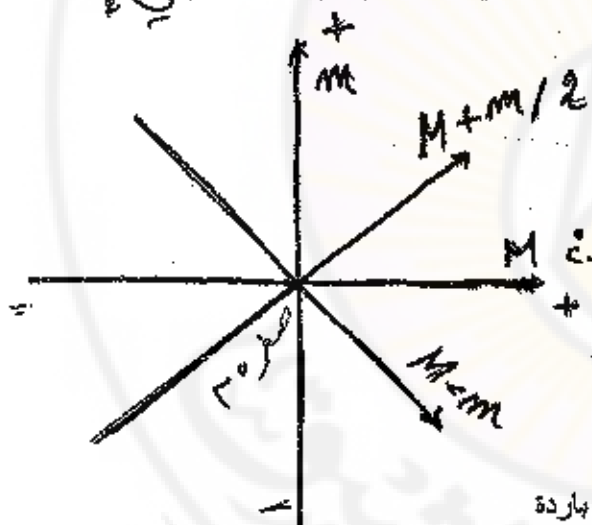
٤ - الدليل المناخي لفرنسيه فرنسا : Indice climatique , Vernet 1965 يعتمد هذا الدليل على العلاقة بين كميات الأمطار ومواسم هطولها ودرجات الحرارة المتوسطة في المحطات المدروسة :

الدليل المناخي = $100 \times \text{أمطار الموسم الرطب} - \text{أمطار الموسم الجاف} / \text{الأمطار السنوية } X$
 الحرارة المتوسطة / الأمطار الصيفية $IC = PH - PS / PA \times M / PE$
 يمكن أن تكون قيم هذا الدليل موجبة أو سالبة كما يمكن بواسطتها تمييز المناطق المناخية حسب القيم السابقة وتختصر نتائج هذه المعادلة بين - ٥ و + ٥ وتكون بحدود أقل من - ٣ في المناخات المتوسطة وبين صفر و - ٢ في المناطق التي يسودها مناخ محيطي وعندما تتعدى قيم الدليل + ٢ يصبح المناخ قارياً عامة .
 التمثيل البياني للمناخ :

تطورت الدراسات والأبحاث المناخية بسرعة فائقة في القرن العشرين لمتابعة تغيرات المناخ وآثاره المدمرة على السكان والزراعة والصناعة والمواصلات ، وتستمر هذه الجهود في الوقت الراهن بتشكيل فرق وطنية لمتابعة حالة المناخ وتغيراته لاتخاذ الإجراءات الكفيلة بالحد من آثاره وإيجاد السبل الكفيلة للاستفادة من المتغيرات المناخية مثل تخزين المياه في موسم الهطول للاستفادة منها في الشرب والري مثلا ، وقد فكر الأقنصون مليا بهذه الطرق حيث تم حفر آبار تجمع المياه القديمة حتى تحت كل بيت لتأمين الاكتفاء الذاتي من مياه الشرب طوال فصل الصيف ، وقد تم حفر مئات الآبار والحفر التي عفا عليها الزمن وإعادة استخدامها بشكل مرض ، كما قامت وزارتنا الزراعة والري بحفر آبار عديدة وتنظيف الآبار القديمة وبناء سدود سطحية لجمع المياه في البادية والمعمورة وقد أمكن تمثيل المناخ بيانيا بطرق سهلة تجعل استخدامها وقراءتها بمتناول الباحث والفلاح والمرشد الزراعي ، وتساعد الهواة بالتعرف على أحوال المناخ وتغيراتها خاصة بعد تعميم النشرات الجوية اليومية والزراعية الأسبوعية التي كانت في الماضي القريب عبارة عن أرقام يصعب على غير المختصين فك طلاسمها وفهم تغير المناخ ، ومن هذه التجارب نذكر :

١ - كليماغرام دويرخ المقياس : Climagramme de Brach 1953

تعتمد هذه الطريقة الميسرة على استخدام متوسطات درجات الحرارة العظمى (M) للأشهر الحارة ومتوسط درجات الحرارة الصغرى (m) للأشهر الباردة بحيث توضع الأولى على محور السينات والثانية على محور العيّنات ، كما يستخدم المتوسط السنوي ($M + m / 2$) والعتبين الحراري السنوي ($M - m$) على المحورين المتعامدين كما هو مبين في الشكل رقم - الثاني . ويمكن استنادا إلى العتبين الحراري السنوي تحديد المناخات التالية :



نوع المناخ السائد	قيم العتبين الحراري
مناخ الجزر	أقل من ١٥
مناخ السواحل	١٥ - ٢٥
مناخ نصف قاري	٢٥ - ٣٥
مناخ قاري	أكثر من ٣٥

كما وجد استنادا إلى قيم متوسطات درجات الحرارة ثلاثة مناخات تحاكي تصنيف الإغريق للمناخ وهي :

نوع المناخ	قيم متوسط درجات الحرارة السنوية
مناخ بارد	أقل من ١٥
مناخ معتدل	١٥ - ٢٠
مناخ حار	أكثر من ٢٠

ويمكن بهذه الطريقة تحديد ١٢ مناخ مختلف مثل جزر باردة وسواحل حارة ومناخ قاري معتدل أو بارد أو حار .

وتتميز هذه الطريقة بسهولة استخدامها وبساطتها رغم أنها تعتمد على درجات الحرارة فقط ولا تأخذ بعين الاعتبار العوامل المناخية الأخرى مثل الأمطار والرياح والتبخر والتي لا تقل أهمية عن درجات الحرارة بل تتفاعل معها لتعطي الصورة النهائية للمناخ .

٢ - كليماغرام كوبن المقياس : Climagramme Koppen ١٩٣٠

استعمل كوبن المطر السنوي (P) مقدرة بالمليمتر على محور العيّنات ودرجة الحرارة المتوسطة (t) على محور السينات ، وقد اعتبر الخط ($P = 2t$) هو الحد الفاصل بين مناطق الأعشاب وبين الغابات ، كما كان الخط ($P = t$) يشكل حدا فاصلا بين الصحراء ومناطق الأعشاب ، وقد تمت تجربة هذا المخطط بنجاح في المناطق المعتدلة بينما كان لا بد من تعديله حسب التجربة الميدانية وذلك بإضافة ٢٨ و ١٤ بالتتالي على المعادلتين السابقتين وذلك لضمان تطابق النظرية مع الواقع كما في الشكل ١٨

٣ - كليماغرام مونود ١٩٨٢ فرنسا : Climagramma Monod

عبارة عن خط بياني أو تمثيل بياني بسيط-توضع فيه درجات الحرارة المتوسطة الشهرية مقدرة بالدرجة المئوية على محور السينات بينما توضع كميات الهطول الشهرية المتوسطة على محور العيّنات ، وتبدأ بنقاط تمثل حرارة وأمطار كل شهر من ١ حتى ١٢ ثم يوصل بين النقاط المتتالية فتحصل على تمثيل بياني للمناخ ويمكن مقارنة أكثر من محطة أو أكثر من سنة أو عشرية بسهولة

٤ - كليماغرام أمبرجيه ١٩٥٥ فرنسا : Climagramme Emberger

ويعبر عنه بالمعادلة التالية :

$$\text{الأمطار} \times 1000 / \text{الحرارة للمتوسطة السنوية} \times \text{التباين الحراري السنوي} = M + 1/2 \times M - m$$

$$Q2 = 1000 P / m$$

وتحسب درجات الحرارة مهما كان مصدرها لاستخدامها في هذه المعادلة بالدرجة المطلقة حيث يعادل الصفر المطلق ٢٧٣ م°

يتم حساب قيم المعامل للمحطات المراد مقارنتها وتحمل هذه القيم على محور العيّنات بينما تحمل متوسطات درجات الحرارة الصغرى لأبرد شهر في السنة على محور السينات ، وقد تم اختبار معامل أمبرجيه بنجاح في دراسة حوض البحر الأبيض المتوسط واستمر العمل بهذا المعامل من قبل البروفيسور شارل سوفاج مدير معهد أمبرجيه وعدد كبير من الباحثين الفرنسيين والعرب في معهد أمبرجيه لدراسة الغطاء النباتي الطبيعي والبيئة المتوسطية وكان الأستاذ إبراهيم نحاس من الرواد في هذا المجال حيث نشر دراسة حول المناخ شرقي المتوسط منذ عدة عقود ، وتتراوح قيم المعامل بين صفر و ٢٠٠ وتوضع على محور العيّنات ، أما قيم الحرارة الدنيا للمتوسطة فهي تتباين بين - ١٢ و + ١٢ م° ونتيجة هذه القيم الدنيا ميز أمبرجيه المناخات التالية :

١ - مناطق ذات مناخ جليدي	Glacial	أقل من - ١٢ م°
٢ - مناطق ذات مناخ شديد البرودة	Ext: froid	من - ٩ إلى - ١٢ م°
٣ - مناطق ذات شتاء بارد جدا	Tres froid	من - ٩ إلى - ٧ م°
٤ - مناطق ذات شتاء مثل للبرودة	Froid	من - ٧ إلى - ٣ م°
٥ - مناطق ذات شتاء معتدل	Frais	من - ٣ إلى صفر م°
٦ - مناطق ذات شتاء دافئ	Tempere	من صفر إلى + ٣ م°
٧ - مناطق ذات شتاء لطيف	Doux	من + ٣ إلى + ٧ م°
٨ - مناطق ذات شتاء حار	Chaud	من + ٧ إلى + ٩ م°
٩ - مناطق ذات شتاء حار جدا	Tres chaud	من + ٩ إلى + ١٢ م°

وقد استعان أمبرجيه وسوفاج ومعاونيهما بالغطاء النباتي كما سيتم عرضه بالتفصيل لاحقا وخاصة الأنواع ذات الدلالة البيئية مثل اعتبار الزيتون البري Olea europea دليلا حيويا على رقعة امتداد المناخ المتوسطي ، وقد أمكن تقسيم حوض البحر الأبيض المتوسط إلى سبع مناطق مناخية إضافة إلى المناطق الاربعة سابقة الذكر حسب قيم Q2 وهي :

١ - مناطق ذات مناخ فوق رطب	Climat super Humide 170 %
٢ - مناطق ذات مناخ رطب	Climat Humide 100
٣ - مناطق ذات مناخ تحت رطب	Climat sub Humide 60
٤ - مناخ أعالي الجبال	Climat de Haute montagne 45
٥ - مناطق ذات مناخ نصف جاف علوي	Climat semi Aride Superieur 45
٦ - مناطق ذات مناخ نصف جاف سفلي	Climat semi aride inferieur 35
٧ - مناطق ذات مناخ جاف علوي	Climat Aride Superieur 20
٨ - مناطق ذات مناخ جاف سفلي	Climat aride inferieur 12
٩ - مناطق ذات مناخ صحراوي أسفل	Climat saharien inferieur 5
١٠ - مناطق ذات مناخ صحراوي أعلى	Climat saharien Superieur صفر

والشكل رقم ٢٠ يبين تطبيق كليماغرام أمبرجيه في حوض البحر المتوسط والمناخ المتوسطي

٥ - معامل الجفاف جاكوب ١٩٥٦ إيطاليا Indice d aridite Goacobbe

تابع البحث في معهد أمبرجيه وعمل على تحديد معامل الجفاف لكل فصل من فصول السنة نظرا لأهمية هذا المعامل في انحاء المتوسط وقد وضع المعادلة التالية : معامل الجفاف = $100 \times X$ كمية المطر مم

/ متوسط الحرارة العظمى X المدى الحراري نهارا $la = Pmm \ 100 / t M X Ata c$ ويمكن حساب هذا المعامل لشهر واحد أو فصل أو سنة كاملة وقد قسم جاكوب الفصول إلى خمسة درجات حسب قيم معامل الجفاف كما يلي : نوع المناخ قيمة معامل الجفاف الفصلي قيمة معامل الجفاف الشهري

أقل من ١	أقل من ١	جاف جدا
١ - ٣	١ - ٨	جاف
٣ - ٧	٨ - ٢٠	نصف جاف
٧ - ١٧	٢٠ - ٥٠	تحت رطب
أكثر من ١٧	أكثر من ٥٠	رطب

كما أوجد جاكوب علاقة هامة بين قيم معامل الجفاف الشهري وطول فترة توقف النباتات المعمرة عن النمو وفق الجدول التالي :

قيمة معامل الجفاف
(جاكوب)

مدة توقف النباتات المعمرة
عن النمو بالشهر

فوق ٣٠	صفر
٢٠ - ٣٠	١
١٢ - ٢٠	٢
٨ - ١٢	٣
٤ - ٨	٤
٣ - ٤	٥
أقل من ٣	٦

ملاحظات حول التقسيمات المناخية ومقارنتها المناخ :

اعتمدت طرق مقارنة المناخ على معادلات بسيطة مؤلفة من عامل واحد أو عاملين إثنين من العوامل الجوية الرئيسية ، وقد حاول واضعوها تجربة تطبيقها على مناطق جغرافية محددة ، كما امتد استخدام بعضها ليشمل دراسات ومقارنات عالمية واسعة المدى ، بحيث يسهل استخدامها في مناطق مناخية متنوعة ، وجاء التمثيل البياني للمناخ بطرق بسيطة وسهلة التطبيق تمكن من مقارنة عدة محطات مناخية وتحديد أهم الفروق الحرارية والمطرية بينها ، ومن أهم ميزات طرق مقارنة المناخ والتمثيل البياني نذكر :

- ١ - سهول التطبيق واعتمادها على معطيات مناخية متاحة في محطات الرصد الجوي التقليدية يمكن حسابها لعدة سنوات أو عقود .
- ٢ - تمايز طرق المقارنة بالمرونة وإمكانية بيان أوجه الشبه والاختلاف بين المحطات المدروسة مهما تباعدت المسافات بينها .
- ٣ - تستخدم أرقاما بسيطة يمكن حسابها بسرعة بالطرق التقليدية وقد زاد الحاسوب والمعلوماتية من إمكانية معالجة أرقام تراكمية .
- ٤ - اعتمدت أكثر الطرق السابقة على هاملي الحرارة والأمطار وذلك لتوفر المعطيات والبيانات الخاصة بهذين العاملين في كافة محطات الرصد الجوي لفترات طويلة تمتد منذ إنشائها ولأكثر من قرن من الزمن .

٥ - لم تنطبق معظم هذه المعادلات إلى تمثيل الغطاء النباتي إلا نادرا من قبل بعض الباحثين مثل كوين ودومارتون وأمبرجيه ، وذلك لصعوبة العمل في الطبيعة وضرورة تحقيق النتائج ميدانيا بهدف وضع حدود مناخية حيوية : **Limites Bioclimatiques** .

٦ - كانت بعض الطرق عامة وإجمالية تعتمد على المتوسطات ولعدة سنوات ثقل أو تزيد حسب الهدف من الدراسة ، بينما كان البعض الآخر تفصيليا ، واقتصرت بعض الطرق على دراسة مناطق مناخية بعينها مثل جاكوب وأمبرجيه والمناخ المتوسطي ، وحتى دراسات فصلية لمعاد على تحديد الشهر الجاف والفصل الجاف وعلاقتها بموسم نمو النبات مثل معامل جاكوب .

الجفاف ومعادلاته : **Sécheresse**

يعبر الجفاف بكل بساطة عن زيادة كميات المياه المتبخرة من مساحة معينة من الأرض عن كمية الأمطار الهاطلة فوق نفس المساحة ، وتتوقف شدته على ارتفاع درجات الحرارة وطول فصل الجفاف والرطوبة النسبية وسرعة الرياح ، وتزداد آثار الجفاف على الزراعة كلما زادت شدته ومدته ، وتعد الزراعات المطرية أحد الحلول لمقاومة الجفاف والاستفادة من مواسم المطر في تأمين نجاح هذه الزراعة وتحقيق إنتاج يتناسب مع الأمطار الهاطلة ، فيقال مثلا أن منطقة جافة هي إحدى عشيرة أي تعطي موسما ممتازا كل ١١ سنة ، وقد يكون الموسم جيدا لبضعة سنين لكنه يصبح أقل إنتاجا وصولا إلى المحل التام ، هذا ويؤدي الجفاف إلى الحد من كمية الماء الشعري الذي يملأ فراغ مسامات التربة وتقص كمية الماء الحر والماء المتاح الذي يفيد النباتات مباشرة ، بما يتفق مع دورة حياة المحاصيل اعتبارا من الإنبات فالنمو مروراً بمختلف مراحل التطور وصولا إلى التكاثر والإثمار وأخيرا النضج التام ، وبعد الشهر جافا في محطات الرصد الجوي إذا قلت كمية الهطول خلال هذا الشهر عن حد معين يختلف من بلد لآخر مثل ١ أو ٥ أو ١٠ مم بينما يختلف الأمر تماما من الناحية الحيوية لأن لكل نوع نباتي حد معين يعبر عنه بالحد المفيد للنبات فإذا قلت الأمطار عن هذا الحد كان الشهر جافا ، وبعد هذا الحد لا يمكن التعويض عن الفاقد عن طريق التبخر والتبخير نتح ، ويصبح الذبول أمرا واقعا وقد يكون مؤقتا يختفي تدريجيا بعد المطر أو الري كما يصبح دائما لا يصلحه الري بل تموت النباتات بعد الذبول الدائم .

تتعلق كمية المياه المتاحة للنبات بعدد من العوامل منها نوع التربة وقدرتها على حفظ الرطوبة لفترات متباعدة ، ودرجات الحرارة المائدة وتغطيتها قيمة تزداد تأثيرا على المياه وتبخرها ، وسرعة واتجاه وحرارة الرياح ومدى هبوبها ، والغطاء النباتي ومدى تكيفه مع نقص المياه وتحورات الأوراق وأعضاء التخزين وغيرها ، ويمكن اعتبار حدود الجفاف السنوي في الوطن العربي ٢٥ مم في الصحراء الحقيقية حيث لا زرع ولا ضرع ، و ٥٠ مم في الصحاري الحارة حيث تنبت بعض النباتات الصحراوية رغم شح المطر ، و ١٠٠ مم عند حدود الصحراء وبدء السهوب الصحراوية في البوادي في المشرق العربي والحد في بلاد المغرب رغم أن حدود الصحراء في بعض الدراسات والخرائط العالمية تبدأ عند حد ٣٠٠ مم وهذا يضع أكثر من ٩٠ % من البلاد العربية ضمن الصحاري .

أهم معادلات الجفاف :

١ - معادلة مال وأندرو **Maze et Andrews**

وتعبر عن الشهر الجاف إذا كان الناتج يساوي واحد أو أقل من واحد = الأمطار الشهرية مم / متوسط الحرارة الشهرية > ١

مثال يكون الشهر جافا حسب هذه المعادلة إذا كان متوسط درجة الحرارة ٢٥ - ٣٠ م° وكانت كمية المطر بين ٢٠ - ٣٠ مم

٢ - معادلة سكاليتا **Scalita** وتمثل المعادلة السابقة مع اعتبار القيمة ١,٦٦ الحد الفاصل بين الشهر الجاف وغير الجاف إذ أن كمية الأمطار في الشهر الجاف لا تزيد عن ٥٠ - ٦٠ مم غذا كان متوسط الحرارة بين ٢٠ و ٣٠ م° .

الأمطار الشهرية مم / متوسط الحرارة الشهرية > ١,٦٦

معامل أمبرجيه **Emberger** وتكون القيم الناتجة عن حساب هذه المعادلة أقل من ٧ في المناخ المتوسطي مقارنة مع غيره

معامل أمبرجيه للجفاف = الأمطار الهاطلة صيفا مم / درجة الحرارة العظمى لأحر شهر في السنة > ٧
٣ - معامل ليبف Debief ويعبر عن معامل جفاف دقيف بالتالي = الأمطار المفيدة مم / التبخر اليومي مم

$$D = P u / E_j$$

٤ - معامل ماير Mayer ويعبر عن الجفاف بحاصل قسمة المطر على فرق الإشباع = الأمطار / فرق الإشباع

٥ - معامل كابو راي Capot ; Rey = ١٠٠ X الأمطار السنوية مم / التبخر السنوي مم ١٢ X
أمطار الشهر الأكثر رطوبة / تبخر الشهر الأكثر رطوبة / ٢

٦ - دليل الجفاف لأمبرجيه : Indice de secheresse

وهو = متوسط حرارة الأشهر الحارة / متوسط أمطار أشهر الصيف الثلاث $S = M / E$
وقد تمت تجربة هذا الدليل في المناطق المتوسطية حول العالم بنجاح فإذا كانت قيم الدليل بين ٥ - ٧ يكون الصيف شبه جاف

وإذا قلت قيمته عن ٥ يكون الصيف جافا يعانى نقصا شديدا بالهطول ، بينما يكون المناخ محيطيا صيفي الهطل عند تجوز القيمة ٧

٧ - دليل القارية المطرية : Indice de continentalite pluviale

ويعبر عنه بالمعادلة التالية : كمية أمطار ستة أشهر نهار طويل صيفا / كمية أمطار ستة أشهر نهار قصير شتاء

أو $C = PE / PH$ ويكون المناخ مداريا إذا زادت قيم الدليل عن ١ بينما يكون محيطيا أو متوسطيا أو استوائيا إذا قلت عن ١

٨ - دليل القارية الشهرية لبيرو : Indice de continentalite mensuelle Birot

ويكتب وفق المعادلة التالية : كمية الهطول لأحر شهر X عند أيام الهطول لأحر شهر / درجة الحرارة المتوسطة لهذا الشهر

أو : $I = P X J / T$ وتهدف هذه المعادلة لدراسة التوزيع الجغرافي الحيوي ويكون الشهر جافا عندما تقل قيمة الدليل عن ١٠ وبالتالي فإن كل محطة في العروض تحت المدارية يثبت فيها وجود شهر جاف تكون متوسطية ، وهي صفة ببنية تبين بوضوح توزيع الغطاء النباتي المتوسطي وتدل على استوائه خارج حوض البحر الأبيض المتوسط أينما ثبت وجود شهر جاف على الأقل

٩ - تصنيف بايوس وجوسان حسب الحرارة والجفاف : Classification de Bagnouls et Gaussen selon T et P

اعتبر توزيع الأمطار ودرجات الحرارة المتوسطة أساس تصنيف المناخ وصولا إلى التصنيف الحيوي كما يلي :

١ - الأشهر الحارة : وتنقسم إلى ثلاثة مستويات حسب درجات الحرارة المتوسطة ومدى تشكل الصقيع عند صفر درجة مئوية :

حارة جدا : تزيد متوسط درجات الحرارة عن ٢٠ م ، ولا يحدث صقيعا مطلقا خلال هذه الأشهر مثل المناطق الاستوائية والمدارية .

أشهر حارة : وتتراوح قيم الحرارة المتوسط بين ١٥ و ٢٠ م ، يكون احتمال حدوث الجليد وتشكل الصقيع قليلا جدا أو نادر .

قليلة الحرارة : ينخفض متوسط درجات الحرارة دون ١٥ م ، وفي هذه الحالة يزداد احتمال حدوث الجليد وتشكل الصقيع عامة .

٢ - الأشهر الباردة : وتنقسم بدورها إلى ثلاثة مستويات حسب انخفاض الحرارة دون الصفر والمدى التي تصل إليه نتيجة ذلك .

قليلة البرودة : وهي الأشهر التي تنخفض فيها درجات الحرارة دون الصفر المنوي ، ويزداد نتيجة ذلك احتمال حدوث الصقيع .

متوسطة البرودة : ويستمر انخفاض درجات الحرارة المتوسطة حتى يصل - 10 م ويسجل حدوث صقيع متقطع لفترات طويلة .

شديدة البرودة : تستمر درجات الحرارة المتوسطة دون - 10 م ، وهي المناطق القطبية والجبلية ذات الجليد الدائم Permafrost

كما أكد الباحثان على أهمية الأمطار والرطوبة الجوية في تحديد المناخ واقتراحا تعابير دليل فترة الجفاف ودليل الجفاف كالاتي :

دليل فترة الجفاف : Indice de periode seche وهو يمثل مجموعة الأشهر الجافة في السنة أو الفصل مثلا ويمكن تمثيله بيانيا بوضع قيم الحرارة المتوسطة الشهرية لأشهر السنة ، توضع الولي على محور العينات بالدرجة المئوية و توضع مجموعات كميات الهطول الشهري لمتوسط عدة سنوات على نفس المحور المقابل بحيث توازي كل درجة مئوية 2 مم مطر ، وتحمل القيم خلال 12 شهر ، تظهر فترة الجفاف حيث تقل كمية المطر عن ضعف درجة الحرارة : $P > 2t$ كما في الشكل رقم

دليل الجفاف : Indice Xerothermique وهو عبارة عن عدد الأيام الجافة خلال فترة جفاف مستمرة يمكن حسابها سنويا أو متوسط عدة سنين حسب الهدف من البحث .

ومما كان الهدف من استخدام هذه المعادلات فإن غمكالت تعميمها تبقى محدودة ولا تنجح دائما في تحقيق الغرض المرجو لأنها تعطي عادة قيما عامة تكون أحيانا محلية ، وقد تصبح بعضها ذات تطبيقات عالمية مثل معادلات ثورنثويت الذي يعتبر مناخات موسكو وباريس واحدة رغم الفروق الواضحة بينها ، وتعتبر هذه المعادلات عادة عن محطة مناخية بعينها وضمن فترة زمنية تتفق ومدة الرصد وقد تم تطبيق بعضها بنجاح ضمن محاولات جريئة لتحقيق بعض الأهداف مثل الفيضانات وجريان الوديان والتهاير ' وتحديد مناطق مناخية وبيئية Zone ecologique ويتجه العمل ببعض المعادلات نحو مناطق مناخية محددة مثل المناخ المتوسطي أو المناخ القطبي أو المحيطي أو الاستوائي ، وهكذا يهتم الباحثون بالمناخ التطبيقي لدراسة أحوال الطقس وسمات المناخ ودورته كل 11 - 22 - 33 - أو 50 سنة ضمن المعطيات المسجلة منذ نحو قرن مضى و تتركز الدراسات التطبيقية حول الأمطار والمياه ، وعلوم الحياة النباتية والحيوانية سوار في المزارع المناخ الزراعي ، أو الطبيعة في البراري والغابات والصحاري والجبال وغيرها وتخدم الأبحاث المناخية والأرصاء كافة نواحي الحياة البشرية والنشاط الإنساني لتحقيق الأمن المائي والغذائي والطيران المدني والعسكري والملاحة البحرية والسياحة والصيد والاستجمام والتنوع الحيوي وصيانة الموارد الطبيعية المهددة والنادرة .

الفصل الثالث

تصنيف المناخ : Classification des climats

يقصد بمفهوم تصنيف المناخات دراسة المناخ على مستوى الكرة الأرضية وتقسيم سطح الأرض إلى مناطق مناخية مميزة متجانسة قدر الإمكان ، وتساهم الحركة العامة للهواء الجوي ونشوء ومسار الرياح في تحديد طبيعة المناخ السائد وتغيراته حسب فصول السنة وتزداد هذه التغيرات وضوحا في العروض الوسطى والعليا بينما يتناقص تأثيرها كلما اقتربنا من خط المدارين لتتعدم فوق المناطق الاستوائية ، وتبقى درجات الحرارة ومتوسطاتها وتغيراتها المعيار الأسهل قياسا والأكثر تعبيراً عن حالة المناخ ، وهي تتعلق بدرجات العرض كما تختلف حسب الارتفاع عن سطح البحر في المناطق الجبلية ، وتأتي كميات الهطول بالدرجة الثانية من حيث أهميتها في تحديد المناخ لتدل على مناخات جافة جدا وجافة وماطرة وتلجية ، ويمكن إيجاز أهم العوامل التي تحدد تغيرات الحرارة وتؤثر بالتالي على المناخات السائدة بما يلي :

- 1 - العلاقة بين خطوط العرض والحركة العامة للرياح والكتل الهوائية ومساراتها وتأثير كل ذلك على النظام الحراري الأرضي .
- 2 - يلاحظ أن التباين الحراري اليومي بين المدارين يكون أكبر من التباين الفصلي أو السنوي ويسجل العكس خارج المدارين .
- 3 - تعد الجبال وحدات بيئية مميزة تدرس وفق الارتفاع والتعرض وذلك نظرا لتأثير العاملين الأخيرين على الحرارة والمناخ .

٤ - تختلف المناخات القارية عن المناخ البحري لأن توزيع اليابسة والمياه يؤثر على خطوط تساوي الحرارة وارتباطها بالساحل .

٥ - كانت محطات الرصد محدودة ونادرة أحيانا لذلك تعتمد الدراسات الجادة على معطيات لفترات تمتد حتى ٣٠ - ٥٠ سنة أو أكثر ، ومن المعروف أن معظم القياسات تتأثر بموقع المحطة واختيار المكان المناسب بحيث تكون التأثيرات المحيطة محدودة جدا .
وقد تم اعتماد تصنيفين للمناخ خلال القرن الماضي هما :

- التصنيف الفيزيائي للمناخ الذي يعتمد على أرقام تمثل عناصر الجو من حرارة وأمطار وغيرها ،
والعلاقة الرياضية بين أهمها .

- التصنيف البيئي للمناخ وهو يعتمد كذلك على العلاقات الرياضية سابقة الذكر مع أخذ الجغرافيا الحيوية وتوزيع النبات والحيوان على وجه الأرض بعين الاعتبار ، وخاصة التشكلات النباتية الكبرى مثل المراعي والغابات والسهول والتندرة والصحاري وغيرها
التصنيف الفيزيائي للمناخ بالاعتماد على درجات الحرارة فقط :

١ - تصنيف كوبن ١٩٢٠ Classification de Koppen

تعتمد طريقة كوبن على درجات الحرارة المتوسطة وبناء على هذه الدرجات أمكن تقسيم نصف الكرة الأرضية إلى المناطق التالية :

- المنطقة الجافة : Aride ويرمز لها بالحرف B وتقسّم بدورها إلى : مناخ صحراوي BW ومناخ سهبي BS كما يتبعه :

مناخ ذو صيف جاف : Ete sec تتبعه السهوب والصحاري المتوسطة وتقل كمية أمطار الشتاء عن ثلاثة أمثال أمطار الصيف ،

مناخ ذو شتاء جاف : Hiver sec وفيه تزيد كمية أمطار الشهر الأكثر هطلا شتاء عن هطول فصل الصيف ، كما أمكن تمييز :

مناخ حار : Chaud تزيد الحرارة المتوسطة السنوية عن ١٠ م° .

مناخ بارد : Froid تقل الحرارة المتوسطة السنوية عن ١٠ م° .

مناخ ضبابي : Brumeux يمتاز بتواتر حدوث الضباب بالنظام .

- المنطقة الرطبة : Humide وقد ميز ضمنها المناخات التالية :

- المنطقة بين المدارية الرطبة : A وتكون فيها درجات الحرارة المتوسطة لأبرد شهر في السنة ١٨ م° على الأقل وتقسّم إلى :

- منطقة استوائية جافة : F تزيد كمية أمطار الشهر الأشد جفافا عن ٦٠ مم بالمتوسط ، ويكون التباين الحراري المطري ضئيلا .

- منطقة تحت استوائية : m ذات فصل جفاف قصير وتبقى الأمطار التي تسبق فصل الجفاف كافية لنمو غطاء سافانا شجرية مدارية

- المنطقة المدارية : W Tropicale وتكون كميات الهطول في الشهر الجاف أقل من ٦٠ مم ، وتمتاز بفترتي هطول وفترتي جفاف ، ولا يتجاوز المدى الحراري ٥ م° حيث تبقى درجات الحرارة مرتفعة في المنطقة المدارية طوال العام وفيها يزيد متوسط الحرارة عن ٢٠ م° دائما مع وجود فترتي حرارة عظمى عندما تكون الشمس عمودية على المدارين في فترتي الاعتدال .

- المنطقة تحت المدارية : Sub tropicale وتمتاز هذه المنطقة بأن عدد الأشهر التي يزيد متوسط الحرارة فيها عن ٢٠ م° إلى ثمانية أشهر سنويا ، علما أن فترة الحرارة العظمى تسجل في فصل الصيف مثل مناخ القاهرة بمصر وبومباي في الهند فوق ٣٠ م°

- المنطقة المعتدلة : Tempere وهي بعكس المنطقة تحت المدارية حيث يزيد عدد الأشهر التي تقل متوسط حرارتها عن ٢٠ م°

عن ثمانية أشهر أو أكثر وتقسّم بدورها إلى : مناطق صيفها حار مداري يزيد متوسط درجات الحرارة عن ٢٠ م° .

ومناطق ذات شتاء واضح تقارب درجات الحرارة الصفر بينما ترتفع صيفا فوق ٢٠ م . وعموما تتراوح درجات الحرارة المتوسطة لأبرد شهر بين + ١٨ و - ٣ م ، وتزيد الحرارة المتوسطة لأبرد شهر في السنة عن ١٠ م وقسمت إلى ثلاثة أقسام :

- ذات صيف حار : تزيد فيها الحرارة المتوسطة لأحر شهر عن ٢٢ م
- ذات صيف معتدل : تقل فيها درجات الحرارة المتوسطة عن ٢٢ م
- ذات صيف قصير : ترتفع الحرارة المتوسطة خلال أربعة أشهر فوق ١٠ م
- مناخات قليلة الحرارة : E وتنقسم بدورها إلى قسمين وتعود الغابات الصنوبرية في مناطق التايغا والجبال العالية حيث تغطي بالثلوج الدائمة أو شبه الدائمة وتبقى درجات الحرارة المتوسطة لأبرد شهر في السنة دون - ٣ م و بينما تزيد الحرارة المتوسطة لأحر شهر عن + ١٠ م وهي تمثل الحدود الطبيعية لانتشار الغابات
- المناطق الباردة : Froide وفيها يقصر فصل الصيف جدا وقد يلغى عند حدودها وفيها يسجل انخفاض الحرارة المتوسطة دون ١٠ م لمدة أربعة أشهر أو أكثر ، وتمثل مناخ التندرة أو المراعي تحت القطبية القطبية ET
- المنطقة القطبية EF : Polaire وتبقى الحرارة المتوسطة في المناطق القطبية أقل من ١٠ م دائما ويسود الجليد الدائم دون الصفر ، تصل درجات الحرارة دون - ٢٥ م وحتى - ٥٠ م في المناطق القارية الأشد برودة فوق سطح الأرض وهي تخلو تماما من الحياة النباتية والغابات بشكل خاص Asylvatique وتسكنها أقوام الأسكيمو وتمتاز باللب الأبيض وحياة حيوانية محدودة خلال فصل الصيف القصير جدا .

تصنيف دوبراخ : Classification de Brach

واعتمد تصنيفه على درجات الحرارة فقط. وأمكن تحديد ١٢ منطقة مناخية استنادا على المدى الحرارية والحرارة المتوسطة :

المدى الحراري M - m	المناخ السائد	الحرارة المتوسطة M + m	المناخ السائد
أقل من ١٥	مناخ الجذر	أقل من ١٥	مناخ
١٥ - ٢٥	مناخ السواحل	١٥ - ٢٠	مناخ
٢٥ - ٣٥	مناخ نصف قاري	أكثر من ٢٠	مناخ
أكثر من ٣٥	مناخ قاري		

تصنيف دومارتون : Classification de Martonne

وقد طور طريقة لانتج وذلك بإضافة + ١٠ لدرجات الحرارة المتوسطة تفاديا للأرقام السالبة في المناطق الحارة قليلة الهطول ، وقد ربط بين قيم معامل القارية والمناخ السائد في ستة مناطق مناخية متباينة وحدد الغطاء النباتي المميز لكل منطقة بحيث لا تزيد قيمة المعامل عن ٥ في المناطق الصحراوية ذات المناخ الجاف جدا ، وتتراوح بين ٥ و ١٠ في السهوب الصحراوية ذات المناخ الجاف ومن المعروف شكل وطبيعة الغطاء النباتي في مثل هذه المناطق ، كما كانت قيم المعامل بين ١٠ و ٢٠ في أراضي الزراعات البعلية التي تخضع للمناخ نصف الجاف ، وتتمو الأعشاب والشجيرات الشوكية عند سيادة مناخ تحت رطب وتكون قيم المعامل بين ٢٠ و ٣٠ وتصادف الغابات المتفرقة بوجود مناخ رطب تتراوح عنده قيم المعامل بين ٣٠ و ٤٠ بينما تسجل سيادة الغابات الكثيفة عند تجاوز قيم المعامل ٤٠ وذلك بوجود مناخ رطب جدا .

تصنيف رافنستين : Classification de Ravensten

استخدمت الرطوبة النسبية لأول مرة في هذا التصنيف بحيث تم تمييز أربعة مناخات حسب نسبة الرطوبة ، كما تم اعتماد درجات الحرارة المتوسطة لتحديد أربعة مناخات حرارية وهكذا يمكن الربط بين التصنيفين لتحديد ستة عشر مناخا يغطي كافة أرجاء الأرض اعتبارا من درجات الحرارة السالبة

دون الصفر حتى أكثر من ٣٠ م° ، وبدأ بدرجات الرطوبة المتدنية أقل من ٥٠ % وحتى درجات الرطوبة الشديدة التي تتجاوز ٨٠ % ، وتعد هذه الطريقة سهلة ومبسطة بحيث تكفي درجات الحرارة ومتوسطاتها مع نسب الرطوبة لتحديد المناخ السائد ، علما بأن الرطوبة تحدد أصلا بكميات الهطول وقد ثبت وجود علاقة وثيقة بين قيم الرطوبة والمطر ، وتبييت فيما يلي هذا التصنيف :

تصنيف المناخ على أساس درجات الحرارة	تصنيف المناخ على أساس الرطوبة النسبية
مناخ حار أكثر من ٣٠ م°	مناخ مرتفع الرطوبة أكثر من ٨٠ %
مناخ دافئ ١٥ - ٣٠ م°	مناخ رطب ٦٥ - ٨٠ %
مناخ مائل للبرودة صفر - ١٥ م°	مناخ متوسط الجفاف ٥٠ - ٦٥ %
مناخ بارد أقل من صفر	مناخ منخفض الرطوبة أقل من ٥٠ %

تصنيف كوبن : Classification de Koppen :

يعتمد هذا التصنيف على متوسط درجات الحرارة وكميات الأمطار الفصلية والسنوية ويخلص على تقسيم العالم إلى أربعة عشر منطقة مناخية كما هو مبين في الجدول التالي :

جدول رقم ١١ تصنيف كوبن للمناخ

الأمطار وتوزعها السنوي والفصلي	الأمطار شحيحة	الأمطار شتوية	أمطار صيفية	أمطار سنوية	درجات الحرارة المتوسطة
	B	AS	AW	AF	T1 > 18
	B	CS	CW	CF	T1 - 3 > 18 T12 > 10
	B	DS	DW	DF	T1 < 3 T12 > 10
مناخ التندرة		Tundra	T	E	0 < T12 < 10
مناخ الجليد الدائم		Permafrost	G	E	T12 < 0
المصطلحات : T1 = الحرارة المتوسطة لأبرد شهر في السنة					T12 = الحرارة المتوسطة لأحر شهر في السنة

المناخات : A = مناخ مداري رطب بدون فصل بارد
C = مناخ معتدل رطب حار -3 < m
D = مناخ معتدل رطب بارد
G = مناخ الجليد الدائم أو
T = مناخ تندرة أو مراعي قطبية

مناخ قطبي
الأمطار : S = مطر شتائي صيف حار +10 > M
F = أمطار ممكنة طوال العام
W = مطر صيفي شتاء جاف

وقد ميز المناخات التالية :

مناخات الجافة : B

مناخات الصحراوية : BW

مناخات السهوب : BS ويميز منها حسب فصل الجفاف : جفاف صيفي وأمطار شتوية فقط

جفاف شتوي وأمطار صيفية فقط

مناخات حارة : تكون درجات الحرارة المتوسطة السنوية فوق ٢٠ م°

مناخات معتدلة : تكون درجات الحرارة المتوسطة السنوية فوق ١٠ م°

مناخات باردة : تكون درجات الحرارة المتوسطة السنوية تحت ١٠ م°

مناخات رطبة : ويتبعها المناخات التالية :

مناخات رطبة مدارية : A لا تقل درجات الحرارة المتوسطة لأبرد شهر عن ١٨ م° ويتبعها :

مناخات استوائية : F أمطارها مستديمة لا يقل الهطول الشهري عن ٦٠ مم P min > 60 mm

ويسجل تباين خفيف في درجات الحرارة وكميات الهطول في الغابات المطيرة

مناخات بين مدارية : ولتمتاز بحدوث فصل جفاف قصير عادة

مناخات تحت استوائية : يبقى الهطل جيدا وكاف قبل حلول موسم جفاف قصير في الغابات تحت الاستوائية .

مناخات بين مدارية جافة : W يقل الهطول في أحد أشهر الشتاء عن ٦٠ مم $P_{min} < 60 \text{ mm}$ وتماز هذه المناخات بفترتي هطل مطري يفصل بينهما فصلا جفاف ، ويكون المدى الحراري ضئيلا لا يتجاوز ٥ م .

مناخات معتدلة : قد تكون رطبة C تغطي معظمها الغابات الطبيعية وتبقى درجات الحرارة المتوسطة لأبرد شهر دون ١٨ م ولا تقل عن ٣ م وتزيد درجة ٢٢٢ ويتبعها ثلاث مناخات فرعية هي :

مناخ دون فصل جفاف وفيه يبقى الفرق بين الشهر الرطب والشهر الجاف محدودا حيث يزيد هطل الشهر الجاف عن ٣٠ مم صيفا ، مناخ ذو فصل جفاف شتوي : ويهطل فيه خلال الشهر الأكثر مطرا ثلاثة أضعاف مطر الشهر الجاف والذي يتلقى أقل من ٣٠ مم ، ومناخ ذو جفاف صيفي : قد يكون فصل الصيف قصيرا لا تزيد درجة الحرارة المتوسطة للشهر الحار عن ٢٢ م ، ومناخ ذو صيف معتدل : تكون درجة حرارة الشهر الحار المتوسطة أقل من ٢٢ م .

مناخات غير واضحة المعالم : وفيها يكون المدى الحراري أقل من ٥ م .
مناخات باردة : D قد تكون باردة ثلجية مثل غابات التايغا ومراعي التندرة وتبقى درجات الحرارة المتوسطة لأبرد شهر ٣ - ولأحر شهر ١٠ م وتقع عندها حدود الغابات $Timber line$ وتصانف كذلك في أعلى الجبال حيث تشاهد الأشجار القزمية والوسادية ، ويلاحظ في الجبال عامة تدرج مناخي وطوبق بيومناحية تتفق مع تقسيمات المناخ C

مناخات قطبية : E تقل حرارة الشهر الحار عن ١٠ م دائما وتزيد عن الصفر وتقسم بدورها إلى مناخ التندرة تحت القطبي ومناخ قطبي جليدي دائم EF وهذه المناخات تنعدم فيها الغابات $Asylvatique$ سواء في القطب الشمالي أو أعالي الجبال .

التصنيف الحيوي للمناخ : Classification de bioclimat :

يستند التصنيف الحيوي للمناخ على الأسس والملاحظات التالية :

- ١ - التمييز الواضح بين المناخات الصحراوية والمناخات غير الصحراوية كما في تصنيف أمبرجيه .
- ٢ - أخذ طول الفترة الضوئية $Photoperiode$ وتناوب الليل والنهار بعين الاعتبار حسب خطوط العرض .
- ٣ - التباينات الفصلية وحتى اليومية بين درجات الحرارة والمدى الحراري والدرجات المتطرفة الدنيا والعظمى .
- ٤ - الجفاف وطول الفصل الجاف وموعده ووجود فصلي جفاف وأثر ذلك على الأحياء والمياه وأنشطة الإنسان .
- ٥ - شدة الجفاف وتصنيف المناخات حسب درجة الجفاف وطول الموسم الجاف سنوي ، فصلي أو فصلي جفاف .
- ٦ - أثر درجات الحرارة المتطرفة في تحديد مناخات شديدة البرودة أو شديدة الحرارة وتكيف الأحياء معها .
- ٧ - تحديد الحرارة المتوسطة لأبرد شهر m ولأحر شهر M في السنة لتسمية شفاء بارد وصيف حار (تصنيف أمبرجيه) .
- ٨ - تأثير الرياح المحلية والموسمية والدائمة على الحرارة والرطوبة وأشكال الهطول على المناخات المتوسطة والمحلية .

٩ - أثر التضاريس والارتفاع عن سطح البحر على تغيرات الحرارة والضغط الجوي كما في المناخ المتوسط في الجبال .

ويبدأ طابق الضباب Etage de brouillard في الجبال الأوروبية بعد ارتفاع ٨٠٠ م وذلك نتيجة تكاثف بخار الماء في الهواء الصاعد ويعرف هذا الطابق باسم طابق أشجار الزان Fagus spp التي تتألف تماماً مع وجود الضباب رغم قلة المطر مقارنة بالطوابق الأخرى ، ويلاحظ تلاشي الضباب تدريجياً بعد عبور الجبال وانزلاق الكتل الهوائية على المنح الآخر ، ويسجل تزايد ضغط بخار الماء المذبل PS بتزايد درجات الحرارة وفق الجدول التالي :

الحرارة م°	٢٠	١٥	١٠	٥	صفر	٤	٨	١٢	١٦	٢٠	٢٤	٢٨	+
	٢٢	٢٦	٣٠	٣٤	٣٨	٤٢	٤٦	٥٠	٥٤	٥٨	٦٢	٦٦	
الضغط ممب	١٠٣	٩٨	٩٣	٨٨	٨٣	٧٨	٧٣	٦٨	٦٣	٥٨	٥٣	٤٨	
	١٨	١٦	١٤	١٢	١٠	٨	٦	٤	٢	٠	٢	٤	
	١٨	١٦	١٤	١٢	١٠	٨	٦	٤	٢	٠	٢	٤	

مثال : بعد اختيار الكتلة الهوائية ارتفاع ١٥٠٠ م وعند حرارة ١٦ م° يصبح الهواء مشبعاً بالرطوبة وضغط بخار الماء وتصل نسبة الرطوبة ١٠٠ % وعلى السفح المقابل يسفن الهواء تدريجياً لتصبح حرارته ٢٢ م° والرطوبة النسبية ٧٠ % .

كان دوكاندول De candolle قد وضع عام ١٨٧٦ تصنيفاً نهائياً يستند إلى الأقاليم المناخية المعروفة في حينه على النحو التالي :

- ١ - الأقاليم الحارة الممطرة : وينمو تحتها جميع الأنواع النباتية التي تحتاج إلى حرارة مرتفعة وأمطار غزيرة مثل الغابات الاستوائية .
- ٢ - الأقاليم الجافة : وتتطلب أنواعها النباتية درجات حرارة مرتفعة وأمطار قليلة مثل مناطق الأعشاب وحدود الصحاري كالأبدية .
- ٣ - الأقاليم المعتدلة الدافئة الممطرة : تمتاز بفصل أمطار غزيرة وفصل جفاف طويل مثل مناخ البحر الأبيض المتوسط وامتداده .
- ٤ - الأقاليم الرطبة الباردة : مثل غابات التايغا والغابات الصنوبرية عامة .
- ٥ - الأقاليم القطبية وتحت القطبية : مثل مراعي التندرة تحت القطبية ومناطق الثلوج الدائمة وأعلى الجبال والجليديات الجبلية .

ومن أهم التصنيفات العالمية للمناخ خلال القرن العشرين نذكر الآتي :

١ - تصنيف ثورنثوايت : Classification de Thornthwait

وضع تصنيفاً عالمياً للمناخ عام ١٩٤١ استناداً إلى الحرارة والهطول المتوسطات لعدة سنوات وذلك بحساب كفاءة هذين العاملين الأكثر تسجيلاً وقياساً في محطات الرصد الجوي والتي مضي على تأسيس بعضها أكثر من قرن من الزمن ويزيد عمر معظمها عن نصف قرن ، وهي مدد كافية للحصول على متوسطات تمثل كافة الاحتمالات والتقلبات قصيرة ومتوسطة وطويلة الأمد أما التغيرات الأشد والأطول سابقة الذكر فلا بد من الرجوع إلى التاريخ والجيولوجيا وعلم الطلع المستحاث Paléontologie لمتابعة آثار هذه التغيرات على الأحياء والإنسان والحضارات الغابرة ، فقد ذكر أحد مؤرخي العصر المسيحي المبكر تعرض مصر لأمطار مدارية وسيول وفيضانات أدت إلى كوارث كبيرة وتعد هذه الحادثة شذوذاً مناخياً نادراً علماً بأن كميات الهطول في مصر بحدود ٥٠ - ١٠٠ مم / سنة ، إن توفر معدلات مناخية موثقة لفترات طويلة تعطي بدقة عالية صورة حقيقية عن المناخ على الأقل خلال فترة الدراسة سواء قصيرة أم طالت ، وبعد الغطاء النباتي والأنواع الحيوانية المتوطنة والأبدية صورة حية تعكس المناخ السائد إذ أن نمو شجرة ما عرّها مئات السنين أو مجموعة أشجار نخل بما لا يدع مجالاً للشك أن هذه الأشجار قد تعرضت خلال عمرها العديد لكافة عناصر الطقس وتقلبات المناخ ويمكن الاستدلال على ذلك بعمل مقطع عرضي في المساق ودراسة حلقات النمو والتعرف على حالة المناخ من خلال الخشب الربيعي الفاتح والذي نما في ظروف رطوبة والخشب الصيفي الغامق الذي يدل على فصل الجفاف

ويبدل عدد الحلقات على عمر الأشجار ، وقد اهتم الباحث على دليل كفاءة الهطول : **Precipitation efficiency index**

وهو يساوي : متوسط الهطول الشهري بالإنش / متوسط درجة الحرارة الشهرية - ١٠ X ١٠ / ٩
وعند استخدام كميات الهطول بالمم ودرجات الحرارة المئوية تصبح المعادلة على النحو التالي :
كفاءة الطول = ١٦٥ X ٠٠ / متوسط الهطول الشهري مم / متوسط الحرارة الشهرية م + ١٢٠٢ X ٩ / ١٠

ولقد أوجد ثورنثويت خمسة مناخات مميزة استنادا إلى قيم كفاءة الهطول وحدد الغطاء النباتي في كل من المناخات المقترحة :

اسم المنطق المناخية	قيمة كفاءة الهطول	نوع الغطاء النباتي
Super humide مناخ رطب جدا	أكثر من ١٢٨	غابات مطيرة
Humide مناخ رطب	١٢٨ - ٦٤	غابات
Sub humide مناخ تحت رطب	٦٤ - ٣٢	أعشاب
Semi aride مناخ شبه جاف	٣٢ - ١٦	سهوب
Aride مناخ جاف	أقل من ١٦	صحارى

كما وضع دليل كفاءة الحرارة : **Temperatue efficiency index** وفق المعادلة التالية :
كفاءة الحرارة = متوسط درجات الحرارة الشهرية مجموعة لأشهر السنة - ٣٢ / ٤ في حال درجات الحرارة فهرنهايت F

وعند قياسها بالدرجة المئوية تصبح المعادلة : ٩ X المتوسط الشهري م / ٢٠
وتم تقسيم المناخ وفقا لهذا الدليل إلى ستة مناطق مناخية تتفق الثلاثة الأولى مع تصنيف الإغريق منذ أكثر من ألفي عام خلت وهي :

نوع المناخ	قيمة دليل كفاءة الحرارة
Macrothermal مناخ شديد الحرارة	أكثر من ١٢٨
Mesothermal مناخ متوسط الحرارة	١٢٨ - ٦٤
Microthermal مناخ قليل الحرارة	٦٤ - ٣٢
Taiga مناخ التايغا	٣٢ - ١٦
Tundra مناخ التندرة	١٦ - صفر
Perpetual frost مناخ جليدي دائم	أقل من صفر

التايغا : هي مناطق قريبة من القطب تنتشر فيها الغابات المخروطية وتغطيها الثلوج لفترات طويلة من العام لتصبح أشجارها قزمية قرب خط انتشار الغابات الذي يحدد بدرجات الحرارة الصغرى وطول موسم النمو ،

التندرة : أو المراعي القطبية وتغطيها الثلوج لفترات أطول بحيث لا يتجاوز طول موسم النمو ثلاثة أشهر تنو فيها بعض الشجيرات القزمية وأعشاب متنوعة وطحاب ترعاها قطعان الرنة أو الأيل الشمالي بعد ذوبان الثلج . وقد أمكن رسم الخريطة المناخية للعالم حسب هذا التقسيم على النحو التالي :

مناخ رطب بارد	منطقة الثلوج الدائمة	Permafrost	مناخ رطب	مناخ تحت رطب	مناخ شبه جاف	مناخ جاف
التندرة	Tundra					
التايغا	Taiga					
مناخ فوق رطب	مناخ رطب	مناخ تحت رطب	مناخ شبه جاف	مناخ جاف		
Super humid	Humid	Sub humid	Semi arid	Arid		
غابات مطيرة	غابات	أعشاب طويلة	أعشاب قصيرة	أنجم صحراوية		
رطب حار	١٢٨	٦٤	٣٢	١٦ جاف		
حار						

شكل رقم ١٠ رسم توضيحي يبين توزيع مناخات العالم

*٢ - تصنيف أمبرجيه : Classification d'Emberger :

عرف أمبرجيه المناخ المتوسطي بأنه مناخ خارج مداري Extratropical يكون الصيف فيه الفصل الأقل مطرا وبالتالي فهو يشكل فصل الجفاف ، وقد سبق ذكر دليل الجفاف ضمن معادلات الجفاف والذي يميز المناخ المتوسطي عن المناخات المجاورة له ، وقد اقترح لتحديد هذا المناخ المعامل المطري الحراري : Quotien pluviothermique والذي مكنه وتلاميذه من تحديد الطوابق البيومناخية والنباتية المتوسطة اعتبارا من سطح البحر وصولا على أعالي الجبال ويساوي حاصل قسمة الأمطار المتوسطة السنوية / مربع درجات الحرارة العظمى المتوسطة لأحر شهر - مربع درجات الحرارة الصغرى المتوسطة لأبرد شهر محسوبتان بالدرجة المطلقة التي تساوي الدرجة المئوية + ٢٧٣،٢ وأمكن تحويل هذه المعادلة باستخدام درجات الحرارة المئوية على النحو التالي

$$Q2 = 2000P / M2 - m2 \text{ أو } Q2 = 1111$$

وقد قسم المناخ المتوسطي بموجب قيم هذا المعامل إلى عشرة طوابق بيومناخية ونباتية مميزة هي :

Etage	الطابق البيومناخي والنباتي	قيمة المعامل
Super aride inferieure	الصحراوي الحقيقي أو شديد الجفاف الأسفل	٢
Super aride moyen	الصحراوي الأسفل أو شديد الجفاف المتوسط	٥
Super aride superieure	الصحراوي الأعلى أو شديد الجفاف الأعلى	١٢
Arde inferieure	الطابق الجاف الأسفل	٢٠
Arde superieure	الطابق الجاف الأعلى	٣٢
Semi aride inferieure	طابق نصف جاف أسفل	٤٥
Semi aride superieure	طابق نصف جاف أعلى	٦٥
Sub humide	طابق تحت رطب	٩٠
Humide	طابق رطب	١٧٠
Super humide	طابق فوق رطب	٢٠٠

قانون التوزيع النطاقي : Loi de zonalite :

تؤكد قوانين وأبحاث علوم الحياة والبيئة على أن التربة الناتجة عن الصخور الأم في كل منطقة مناخية من العالم فوق سطح القارات تصل نتيجة التطور الطبيعي إلى حالة توازن مع المناخ السائد وتشجع نمو مجتمعات نباتية مميزة لهذه المنطقة ، ويؤدي استمرار تطور هذا الغطاء النباتي تدريجيا إلى الأوج المناخي Climax climacique الذي يعكس الصورة الحية لهذا المناخ مثل الغابات والتشكلات الحية الكبرى وهي مناطق الأعشاب المعروفة اعتبارا من المراعي القطبية في التندرة وصولا إلى المروج الجبلية والبراري والساافانا والبوادي وكذلك الحماد المحيط بالصحاري ذات الغطاء النباتي الصحراوي المميز ، ويلاحظ دائما سيادة عدد معين من الأنواع النباتية وتكون قليلة عادة Oligosecifaue مثل السنوبريات أو وحيدة النوع نادرا Monospecific مثل غابات الكينا أو المنغروف و قد أثبت هذا المبدأ الباحث الروسي Dokutchaiiev منذ أكثر من قرن مضى وأيد صحته الباحث

Sibistzev استنادا إلى التصنيف الروسي للأراضي وفق التوزيع النطاقي Zonal والذي يتفق تماما مع التوزيع النطاقي النباتي ويشذ عن القاعدة العامة هذه هبوب الرياح الشديدة وقصر موسم النمو وسماكة الثلج وكذلك تغير التضاريس ونسب الرطوبة والجيولوجيا المحلية Orohydrographique et Geologique وهذه العوامل الأخيرة تؤخر تطور التربة وتسبب ظهور التربة اللانطاقية بدلا من التربة الناضجة ، مثال منطقة التندرة تحت القطبية ذات الأعشاب القصيرة والطحالب والأشن النامية بفضل الرطوبة العالية ، والشجيرات القزمة التي تلمو جنوبه والتي لا تثبت أن تتحول تدريجيا بفضل طول موسم النمو وذوبان الثلوج إلى مناطق التايغا أو الغابات المخروطية الكثيف والتي تكاد تخلو من الأعشاب بتأثير حموضة التربة والظلال الكثيفة تحت الأشجار الباسقة ، وتشبه نباتات أعالي الجبال نباتات التندرة نظرا للقارب المناخيين كما تبدو نباتات جبال لبنان الشرقية وأعلى القلمون والحرمون والتي تكاد تخلو من الأشجار قريبة من النباتات الصحراوية نظرا لقصر موسم النمو وسقوط معظم

الأمطار بفترة سكون النباتات الجبلية ، كما تبقى نباتات السهوب والبادي والمراعي عامة عشبية بسبب عدم كفاية المطر لنمو الأشجار فوقها ، ويسجل نمو أشجار متفرقة من جنس أكاسيا *Acacia* في أطراف الصحاري شرط توفر ماء أرضي كاف لاستمرار حياتها وكذلك الأمر في السافانا الشجرية *Savane arbore* ويسجل غياب الغطاء النباتي تماما في الصحاري الرملية والحقيقية باستثناء الواحات الصحراوية الشهيرة مثل واحة تدمر بشرط تأمين المياه لري بساتين الدخيل والزيتون وحتى زراعة الخضار بكميات محدودة ، وقد تبين أن الملوذ النباتية *Type de vegetation* السائدة التي تغطي ٧٥ % من القارات تخضع لقانون التوزيع النطاقي ، ويميز ضمنها الغابات التي تم القضاء على معظم مساحاتها في العالم القديم ، وتهديد المساحات الباقية في غابات الأمازون وتخضع غابات أمريكا الشمالية للقطع الدوري كل ٤٠ سنة وهكذا تتم مراقبة الغابة وضمان إنتاجها الخشبي في الوقت المناسب ، وفي النطاقات المدارية حيث تسود أعشاب السافانا المعمرة تخضع المراع للحرق الدوري *Feu de brousse* وخاصة في إفريقيا جنوب الصحراء الكبرى وعند تدهور الأنواع المعمرة نتيجة الرعي الجائر والحرق العشوائي تظهر أنواع حولية أقل إنتاجا وقيمة علفية ، وتسبب المجاعة وهجرة القطعان البرية وموت المواشي ، وقد تناقصت مساحات مثل هذه المراعي في أمريكا الجنوبية وتسمى بامبا *Pampas* وتنمو بعض الأشجار بينها وهي مهددة بالرعي الجائر والحرق والفلاحة مما يقلل المساحات المتاحة ويزيد شدة الرعي ،

وقد تناقصت مساحات البراري في نصف الكرة الشمالي وحلت مكانها الحبوب والمحاصيل الاقتصادية ، ولا بد من تسميدها وبذرها وتغيير طبيعة تركيبها النباتي لتستمر بالإنتاج الرعوي المناسب قبل تحويله إلى حقول ومزارع ، وقد تمت تجربة زراعة البراري العظمى في الغرب الأمريكي الأوسط منذ عدة عقود شابت إثارة عواصف ترابية غير معهودة ، وصدر قرار بإعادتها مراع طبيعية ومنع فلاحتها وعاد غطاؤها النباتي للاستقرار بعد بذر أنواع محسنة وتنظيم الرعي وإدارة القطعان فيها ، وبالتالي يتحكم المناخ السائد وتغيراته الدورية في حالة وتركيب وكثافة وإنتاجية الغطاء النباتي الطبيعي سواء كان من الغابات أو المراعي الطبيعية ، وهو يحدد إنتاجية الخشب والإنتاج العلفي ، وفرة أو ندرة الحياة البرية التي تعتمد في غذائها وبقائها على النبات .

حاول أمبرجيه أن يحدد الوسط الطبيعي استنادا إلى المناخ السائد فوق منطقة معينة وأكد على دراسة المناخ الحيوي *Bioclimat*

ومكونات الغلاف الحيوي *Biosphere* الذي يتضمن النبات *Flore* والوحش *Faune* ويكتب على شكل قائمة الأنواع النباتية والحيوانية سواء كانت سائدة أم نادرة ، حيث ثبت وجود دلالة بيئية لمختلف الأنواع في موقع الدراسة أو المنطقة المناخية الحيوية .

وذكر لأول مرة ضرورة أخذ الارتفاع بعين الاعتبار والتباينات التي تطرأ على درجات الحرارة والضغط الجوي والإشعاع الشمسي

وقد أوجد ضمن المناخات الجبلية الاختلافات التالية :

- الجبال الأوروبية وتمثل بجبال الألب والبرنتيه وتهطل فوقها الأمطار الصيفية تحت تأثير المناخ المحيطي السائد .
- الجبال الأفريقية الشمالية مثل جبال الأطلس المغربية وجبال بلاد الشام وتهطل أمطارها شتاء بتأثير المناخ المتوسطي .
- الجبال المدارية مثل جبل كلمنجاور وفيه يسجل هطول المطر والثلج طوال العام .

كان لتوزيع الأمطار خلال فصول السنة أهمية خاصة عند اعتماد هذا التصنيف ، كما لوحظ تأثير طول فترة الإضاءة *Photoperiode* وعلاقته الوثيقة بالفترة الحرارية *Thermoperiode* فوق صفر النمو لم لهذين العاملين من تأثير على توزيع الغطاء النباتي بكل خاص ضمن الغلاف الحيوي .

قام أمبرجيه بتقسيم العالم حسب التصنيف المناخي الحيوي إلى الأقسام التالية :

١ - مناخات صحراوية : *Climats desertiques*

عبارة عن مناخات تمتاز بتوزيع غير منتظم للأمطار مع ملاحظة شح الهطول وندرته في بعض الفصول وحتى بعض السنوات فقد يحدث مرور سنة أو أكثر دون أي كميات هطول تذكر مثال أقل من ٢٥ مم / سنة في الصحراء الحقيقية وذلك بالمتوسط ، وتقسّم إلى

- ١ - مناخات صحراوية استوائية : **Climats desertiques equatoriaux** : يتساوى طول الليل والنهار في هذه الصحاري وبسود الطقس الحار إجمالاً مثل صحراء البليرو .
- ١ - ٢ مناخات صحراوية مدارية : **Climats desertiques tropicaux** : يسودها مياه مداري حار عامة ويسجل تباين حراري وضوئي والفصول مثل شمال شيلي وأستراليا وموريتانيا والجزيرة العربية .

١ - ٣ مناخات صحراوية ذات فصول مميزة حرارية وضوئية تحت مدارية : **Climat desertiques sub tropicaux** ويميز منها

- ١ - مناخات صحراوية يسودها شتاء دافئ مثل كاليفورنيا .
- ٢ - مناخات صحراوية ذات شتاء معتدل مثل غربي الصحراء الكبرى .
- ٣ - مناخات صحراوية ذات شتاء بارد مثل صحاري آسيا الوسطى من إيران وتركمانستان وحتى الصين .

٢ - مناخات غير صحراوية : **Climats non desertiques** : يتوزع الهطول في هذه المناخات بشكل منتظم على مدار السنة ، وتقسّم إلى قسمين هما بين المدارين وخارج المدارين .

٢ - ١ مناخات ذات حرارة ثابتة **T: Constante** يتساوى فيها طول الليل والنهار تقريبا وتقسّم بدورها إلى :

- ١ - مناخات مدارية ليس فيها موسم جفاف .
- ٢ - مناخات تحت مدارية فيها فصل جفاف واحد سنوياً
- ٢ مناخات معتدلة تميل نحو ظهور تباينات حرارية فصلية وتسجيل اختلافات طفيفة بين طول الليل والنهار وأمطارها صيفية .

٣ - مناخات خارج المدارين : **Climats extratropicaux** : تتباين درجات الحرارة وساعات الليل والنهار في هذه المناخات تباينات فصلية واضحة وتشمل مناطق واسعة من العالم ومنها :

- ٣ - ١ مناخات محيطية : **Climats oceaniques** ليس فيها فصل جفاف مميز نتيجة توزع الأمطار توزعاً حقيقياً طوال العام .
- ٣ - ٢ مناخات قارية : **Climats continentaux** أمطارها متباينة الكمية سيئة التوزيع يحدث الجفاف في فصل الصيف عادة .
- ٣ - ٣ مناخات متوسطة : **Climats mediterraneens** أمطارها سيئة التوزيع كمياتها متباينة تمتاز بفصل جفاف صيفي .

- ٤ - مناخات شمس منتصف الليل : **Climats a soleil a minuit** وتقسّم بدورها إلى قسمين :
- ٤ - ١ مناخات تحت قطبية : **Climats arctiques** بحث فيها عدم توازن بين الليل والنهار واختلاف بين الصيف والشتاء .
- ٤ - ٢ مناخات قطبية : **Climats polaires** يدوم ليلها ستة أشهر يليه نهار يمتد لستة أشهر متصلة بحيث تصبح الحياة مستحيلة .

تصنيف بايوس وغوسن : **Classification de Bagnouls et Gaussen**

١. تم وضع هذا التصنيف استناداً إلى توزيع الهطول المطري ودرجات الحرارة المتوسطة .
- ومقارنة المحطات المناخية المختلفة حسب قيمها المتوسطة لعدة سنوات ١٠ - ٢٠ - ٣٠ سنة أو أكثر ، وأكد الباحثان على أهمية الجفاف لذلك تعد مواضيع الجفاف ذات

العلاقة بالمطر ، وكذلك الحرارة المتوسطة من أهم المؤشرات المدروسة ، وقد تم اقتراح التقسيمات التالية :

- الأشهر الحارة : Mois chauds وتقسم بدورها إلى ثلاثة أقسام :
- ١ - أشهر شديدة الحرارة : Tres chauds وتبقى درجات الحرارة المتوسطة خلالها أكثر من ٢٠ م ، ولا يحدث الصقيع عادة .
 - ٢ - أشهر متوسطة الحرارة : Chauds يتراوح متوسط درجات الحرارة فيها بين ١٥ و ٢٠ م ، يسجل فيها حدوث قليل من الجليد
 - ٣ - أشهر معتدلة الحرارة : Temperes يكون متوسط درجات الحرارة دون ١٥ م ويزداد فيها احتمال تشكل الجليد .

الأشهر الباردة : Mois froids كما تقسم إلى ثلاثة أقسام :

- ٤ - أشهر قليلة البرودة : Frais تبقى درجات الحرارة المتوسطة دون الصفر ويزداد احتمال تشكل الصقيع .

٥ - أشهر باردة : Froids يتراوح متوسط درجات الحرارة بين صفر و - ١٥ م ويسجل حدوث فترات جليد طويلة متقطعة سنويا .

٦ - أشهر شديدة البرودة : Glacials تبقى متوسط درجات الحرارة دون - ١٥ م مناطق الثلوج والجليد الدائم

الأشهر الجافة : Mois secs وفيها تكون كمية الهطول الشهرية مقدرة بالمليمتر أقل من ضعف درجات الحرارة المتوسطة بالدرجة المئوية $P < 2t$

دليل فترة الجفاف : Indice de la periode seche وهو عبارة عن مجموع الأشهر الجافة حسب التعريف السابق خلال سنة أو فصل سنوي أو متوسط عدة سنوات

ويمكن تمثيل هذا الدليل بيانيا كما في الشكل رقم

دليل الجفاف : Index Xerothermique هو عدد الأيام الجافة خلال فترة جفاف مستمرة و هو يكتسب أهمية خاصة في تقدير إنتاج المحاصيل البعلية والمراعي الطبيعية وعلاقتها بكمية المطر وطول فترة الجفاف .

وقد قسمت منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط حسب هذا التصنيف ، واستنادا إلى قيم دليل الجفاف إلى الآتي

المناخ والناطق المناخية
دليل الجفاف

جاف حار متوسطي : Xerothermomediterrannien مناخ مراكش - ١٥٠ -

حار متوسطي : Thermomediterrannien مناخ تونس - ١٠٠ -

متوسط متوسطي : Mesomediterrannien مناخ روما ومرسيليا - ٤٠ -

نحت متوسطي : Submediterrannien مناخ تولوز المحيطي أقل من ٤٠ يوم

وقد أمكن تقسيم العالم حسب هذا التصنيف إلى اثنتي عشر منطقة مناخية موزعة ضمن ثلاث مجموعات رئيسية :

١ - المناخات الحارة ومعتدلة الحرارة : Climats thermiques et Mesothermiques وتكون درجات الحرارة ضمن هذه المناخات دائما موجبة وتقسم بدورها إلى سبعة مناخات مختلفة هي :

المنطقة المناخية دليل فترة الجفاف دليل الجفاف

١ - صحراوية حارة : Eremique	١٢ شهرا	أكثر من ٣٠٠ يوم /
٢ - شبه صحراوية : Hemieremique	٩ - ١١ شهر	٢٠٠ - ٣٠٠ يوم
٣ - نهار طويل جاف : Xerothermique	١ - ٨ أشهر	صفر - ٢٠٠ يوم
٤ - نهار قصير جاف : Xerochimérique	١ - ٨ أشهر	صفر - ٢٠٠ يوم
٥ - ذات فترتي جفاف : Bixerique	فترتي جفاف	١٠٠ يوم - ١٠٠ يوم
٦ - جافة معتدلة : Thermoxerique	الحرارة المتوسطة أكثر من + ١٥ م°	
٧ - شديدة البرودة : Mesaxerique	الحرارة المتوسطة أقل من + ١٥ م°	
II - المناخات الباردة ومعتدلة البرودة : Climats psychriques et Mesopsychriques		
وقد تنخفض درجات الحرارة دون الصفر النوي في بعض أشهر السنة في هذه المناخات ومنها ميزا :		
٨ - صحراوية باردة : Ceremique	١١ - ١٢ شهر	أكثر من ٣٠٠ يوم
٩ - شبه صحراوية باردة : Hemiceremique	٩ - ١٠ أشهر	٢٠٠ - ٣٠٠ يوم
١٠ - نهار طويل جاف : Xerothermique	١ - ٨ أشهر	صفر - ٢٠٠ يوم
١١ - غير جافة : Axerique	صفر	صفر
III - المناخات القطبية ذات الجليد الدائم : Climats Cryomeriques		
ويستمر الجليد الدائم طوال العام في هذه المناطق		
والشكل رقم ٢٢ يبين تغيرات الحرارة المتوسطة السنوية في المجموعات الثلاث سابقة الذكر .		

التصنيفات المناخية الحديثة : Classification moderne des climats :

اعتمد التصنيف التقليدي للمناخ على عوامل قليلة محدودة كان قياسها متاحا في المحطات المناخية التقليدية مثل درجات الحرارة وكميات الهطول المطري حصرا و وقد استُخدمت بعض التصنيفات نسب الرطوبة أو التبخر ، لكن الانتشار الواسع لمحطات الرصد الجوي الذي غطى معظم أرجاء اليابسة ، ساهم مع محطات الرصد في المحيطات سواء فوق سفن متخصصة أو سفن تجارية وحتى ناقلات النفط ، في إعطاء صورة شاملة لحالات الطقس وتغيراتها ، فوق القارات والمحيطات وعلاقتها ببعضها البعض و كما تم رصد الجو عن طريق الرادار والراديو سوند والبالونات التي تقيس وتحدد سرعة واتجاه الرياح والحالة العامة للجو فوق محطات الرصد ، وتزايدت الحاجة لمراقبة حالة الجو ومدى ثباتها وتغيراتها لضمان سلامة الطيران والرحلات الجوية وطرق الملاحة والتنبؤ بحالة الطقس لعدة أيام وحتى أسبوع ولعشرة أيام في التنبؤات الجوية الزراعية ، وكان لإطلاق أقمار صناعية متخصصة بدراسة المناخ الفضل الأكبر في دراسة أعالي الجو في طبقاته المختلفة ، ومتابعة التغير وأنواع الغيوم والعواصف والأعاصير الجوية التي تهب على اليابسة من المحيطات الحارة ، فقد خصص كذلك عدد من السفن لمراقبة نشوء الإعصار وتطوره واتجاهه ، وموعد وصوله إلى الشاطئ

وفوته والأضرار التي يحتمل أن يسببها ، وضولا على الإنذار المبكر لإجلاء السكان والحد من الخسائر قدر الإمكان ، لكل ما تقدم تتجه الأبحاث المناخية الحديثة نحو استخدام الكم الهائل من المعطيات المناخية والتي تم تسجيلها في العقود الماضية حتى فوق القطبين والمناطق المتجمدة و استخدام أهم هذه المعطيات وأشدها تأثيرا على المناخات مثل الحرارة الدنيا والعواصف والأعاصير الجوية والغبارية ، وعدد أيام الثلج وسماكته ، والظاقت المناخية وتقسيماتها الفرعية ، ودرجة الحرارة الدنيا التي تسمح بنمو النبات أو صفر النمو ومدة استمرارها التي تساعد على نمو عشبي أو شجري أو زراعي إن أمكن ، وبالتالي أصبح من المفيد تتبع المناخ الحيوي الذي يؤثر على الإنسان وجوده ونشاطه وعلى الحيوان والنباتات البرية والمزروعة ، مثل حدود انتشار القمح مثلا والأغنام وغيرها .

La notion d'Aridite et climats desertiques : مفهوم الجفاف والمناخات الصحراوية :

إن تطبيق معادلة دومارتون أو دليل القارية يعطي فكرة محددة حول الصحراء :

قيمة الدليل	المناخ السائد	
أقل من صفر	شديد القارية جاف جدا	Hyperaride
٥ - ١٠	جاف صحراوي	Aride
١٠ - ٢٠	نصف جاف شبه صحراوي	Semi aride

لكن هذا التصنيف لا يأخذ توزع الهطول الفصلي بعين الاعتبار ومثل واقعي :

أسوان جنوب مصر $10 + 21 / 25 = 10.8$ جاف جدا

بسكرة الجزائر $10 + 22 / 144 = 5$ جاف

قابس تونس $10 + 19 / 183 = 16$ نصف جاف وذلك دون النظر إلى توزع المطر

الفصلي

ويمكن استنادا إلى تطبيق معادلات الجفاف وطرق أمبرجيه وغوسان وثورنثويت وغيرهم تحديد المناخات الجافة

وقد أكد تصنيف غوسان على تحديد عد الأيام الجافة بيولوجيا بدون هطول يذكر أو غير كاف لترطيب سطح التربة ، وحساب طول فترة الجفاف والأشهر الجافة وتناسبها مع موسم هطول المطر .

تم وصف نباتات جبال لبنان الشرقية في القلمون وجبل الحرمون والزيدي بأنها تشبه إلى حد بعيد نباتات السهوب والبادي وحتى الصحاري نظرا لوجود أنواع قصيرة العمر . وأخرى شوكية ، ويعود سبب ذلك إلى هطول معظم المطار وكل الثلوج في فصل الشتاء البارد حيث تنخفض الحرارة دون الصفر لفترات طويلة تترافق مع موسم سكون النباتات المعمرة وموت الحولييات وبالتالي تكون استفادة النبات من المطر عند توفره معدومة تماما ويستفيد فقط من الماء الأرضي الذي تحتفظ به التربة الجبلية التي تكون سطحية وقليلة العمق ، لذلك يلاحظ جفاف سطح الترب المبكر وموت الحولييات تحت تأثير الرياح التي تساعد على جفاف سطح التربة .

تغطي المناخات الجافة ونصف الجافة مساحات واسعة من اليابسة تغارب ثلاث مساحات القارات الخمس ، ويلاحظ توزعها على عروض مختلفة ، وتعود أسباب الجفاف الشديد وظهور الصحاري لتأثيرات عديدة مختلفة حسب المنطقة الجغرافية ، وتلخص حسب شدة التصحر بالمناطق التالية :

- جنوب ولاية كاليفورنيا الأمريكية وبعد سبب تصحرها وجود سلاسل الجبال الصخرية Rocky mountain

التي تحجز الرياح الغربية الرطبة وتلقى المطار والثلوج لتصل هذه الرياح شبه جافة فوق صحاري تمتد حتى شمال المكسيك ، وتمتد صحراء محمية .

- الصحراء الكبرى : le desert تبدأ من أقصى الغرب العربي في الصحراء الغربية وموريتانيا ، لتنتهي ببحراء مصر والسودان ، وهي تتأثر بالمناخ تحت المداري الحار قليل الرطوبة والمطر .

- شبه الجزيرة العربية كـ L arabie وتغطي القسم الأكبر من المشرق العربي اعتبارا من صحراء سيناء مروراً بالأردن وبادية الشام والعراق على حدود هذه الصحراء في المناخات نصف الجافة .

- صحراء كالاهاري Kalahari في جنوب أفريقيا وتخضع أيضا للمناخ تحت المداري وهي صحراء حارة .

- السهول الوسطى والسفلى لحوض الهندوس Indus التي تقع على نفس خطوط العرض .
صحاري آسيا الوسطى : وتقع على العروض المتوسطة والعليا في جنوب روسيا وتركمانستان الصينية وهضبة التبت وصحراء غوبي Gobi وجزء من منغوليا .
- شريط صحراوي ضيق ومتطاوّل يمتد بمحاذاة جبال الأنديز Andes بداية من غرب بيرو حتى صحراء باتاغونيا Patagonie وصولا إلى شمال شرق البرازيل .
- الصحراء الأسترالية : Desert austral تغطي الصحراء ثلثي مساحة قارة أستراليا ، ماعدا المنطقة الشرقية وشريط ساحلي منقطع ، وهكذا نجد عدة أشكال صحراوية ومناخات متباينة خاصة بدرجات الحرارة التي تختلف أصلا حسب خط العرض ، والهطول المطري الشتوي عادة في الصحاري الحارة والصيفي في الصحاري الباردة و كما تختلف مساحة الصحراء بين صحاري قارية شامخة تكاد تغطي قارة بأكملها مثل أستراليا أو جزء من قارة مثل الصحراء الكبرى أو بلدا وحتى عدة أقطار مثل الصحراء العربية . بينما تكون الصحاري المحمية محدودة المساحة عادة ، وأقل منها اتساعا الصحاري الساحلية التي تمتد على طول الشريط الساحلي أينما كانت الظروف مناسبة لحلول الجفاف وحتى تشكل الكثبان الرملية ، وقد تم تثبيت آلاف الهكتارات من صحراء اللاند Lande على شواطئ الأطلسي الفرنسية بغرس ملايين شجيرات الصنوبر البروتي نظرا لتوفر الهطول الصيفي ، وقد سببت العواصف الشديدة والرياح العاتية عامي ٢٠٠٦ و ٢٠٠٨ إلى اقتلاع آلاف الأشجار نظرا لعدم قدرة الرمل على تثبيتها ، وهذا يفسر صعوبة تشجير الصحاري ووقف زحف الكثبان الرملية سواء بسبب الجفاف أو الرياح أو فقر التربة وكذلك عدم توفر النواع المناسبة لتحمل الشروط المناخية القاسية وصعوبة إكثارها والعناية بها في عمرها المبكر .

الصحراء التقليدية : Le desert classique

هي الصحاري الحارة التي تمتد على جانبي المدارين وتتأثر أساسا بالضغط الجوي المرتفع تحت المداري شبه الدائم ، وتبدأ من الصحراء الكبرى في شمال إفريقيا ومعظم أقطار المغرب العربي ، حتى صحراء وادي النيل في مصر والسودان ، وصولا إلى الجزيرة العربية ، ويقابلها صحراء كالاهاري في جنوب غرب إفريقيا ، وتمتاز الصحراء التقليدية عموما بالصفات التالية :

- الاستقرار : Subsidence ويتمثل باستقرار جوي شديد جدا يؤدي نتيجة استمراره إلى جفاف منقطع النظير معظم أيام السنة مع هطولات نادرة أو خفيفة متفرقة و حرارة عالية سائدة .
- الإشعاع الشمسي : Insolation تصل شدة الإشعاع حتى ٩٠ % من الشدة النظرية القصوى ، وهي تعادل ٣٥٠٠ - ٤٠٠٠ ساعة / سنة ، وذلك نتيجة غياب الجبال العالية وقلة التقييم بل لدرته طوال العام ، مما يجعل الحياة مستحيلة بغياب مصدر مائي دائم و تكيف بعض الأحياء .
- الحرارة : Temperature تستمر درجات الحرارة مرتفعة وتتراوح بين ٢٥ - ٣٠ م مع تباين حراري Contrast واضح جدا و يتجلى بمدى نهاري يتزايد ليصل بسرعة إلى ٣٠ م نتيجة تزايد شدة الإشعاع الشمسي ، وقوة الإشعاع الأرضي نحو غلاف جوي شديد النفاذية نتيجة قلة الرطوبة الجوية ، ويكون التباين اليومي أشد من التباين الفصلي عادة ، مع وجود بعض الشذوذ عن هذه القاعدة يظهر في جبال الهكاز : Huggar في الصحراء الجزائرية ، كما تسجل درجات حرارة متطرفة : Extreme قد تنخفض عن الصفر شتاء بتأثير الليالي الصافية ، وتصل حتى ٥٠ م صيفا نتيجة استمرار تسخين الجو والكثبان الرملية المترامية الأطراف والتي قد تصل حرارة سطحها إلى ٧٠ م .
- الانقلاب الحراري : Inversion قد يحصل انقلاب حراري أحيانا في بعض أرجاء الصحراء الحقيقية ، يؤدي إلى تشكل الصقيع نتيجة هذا الانقلاب في طبقة الجو السفلى ، حيث سجل في محطة ارساد توهورت في الصحراء الجزائرية حدوث خمسة أيام جليد تحت الوقاء Abri وسجل فترات جليد أطول في محطة تمرست ، كما لوحظت إمكانية حدوث الصقيع في عين صلاح وسط الصحراء

الجزائرية ، كذلك سجلت درجات حرارة مثالية وصلت إلى - ٧ م ° في الرياض عاصمة المملكة العربية السعودية .

الرياح : Vents تكون الرياح ضعيفة عادة مع وصول هبات متقطعة من الرياح التجارية من حين لآخر ، والتي يكون تأثيرها محدودا على هذه المساحة الشاسعة من الكثبان الرملية ، والتي ترحف ببطء وثبات مع تغير اتجاه الريح و ذلك رغم أن تشكلها يعود لعصور جيولوجية غابرة ، وتصبح الرياح عامة أشد وأعنف على حدود المناطق شبه الصحراوية والمعتلة ، وتترافق مع عواصف رملية : Vent de sable تدل على المنخفضات والاضطراب الجوي ، وتسمى مدن الشرق وخاصة الواقعة على أطراف الصحاري بمدن الغبار : Ville de possiere .

الهطول : Precipitation تبقى الهطولات المطرية نادرة وغير منتظمة ، وقد يسجل هطولا واهلا Averse قويا يؤدي إلى تشكل السيول أحيانا لذلك لا ينصب أهالي الصحراء خيامهم في بطن الأودية خوفا من غضب الطبيعة وجريان السيول الجارفة التي يروى عن الأقدمين أنها أهلكتهم من وجدته في طريقها ، وتبقى الهطولات السائدة خفيفة ومتقطعة ومحدودة الكمية ، قد تتبخر قبل ملاصقة الرمال وقد تؤدي إلى نمو عشب رهيف قصير العمر Ephemere لا يعيش سوى بضعة أسابيع ، أما في الصحاري شديدة الجفاف Hyperaride فلا يتجاوز الهطل ٥ مم / سنة مثل جنوب ليبيا ، وقد يغيب المطر تماما لعدة سنوات متتالية ٣ سنوا مثلا في محطة عين صلاح بالجزائر ، وقد تتلقى بعض أرجاء الصحاري هطولا مفيدا بدء الأدنى بين ٥ - ٢٥ مم / سنة لمدة عشر سنوات متتالية .

المناطق الانتقالية : Zones de transition وتشاهد هذه المناطق على حدود الصحراء الكبرى الجنوبية والشمالية والصحراء الأسترالية وأطراف جبال هوكار وتيمستي في الجزائر حيث يسجل تزايد كمية المطر مع استمرار سيادة المناخ الجاف ، حيث لا يتجاوز عدد أيام الهطل ٢٥ يوم / سنة على مرتفعات وتلال جبال الأطلس المغربي و ١٤ يوم م سنة في تممرست و ٤ يوم / سنة في عين صلاح في قلب الصحراء الجزائرية ، و يوم واحد / سنة في جنوبي مصر عند أسوان ، وقد سجل في أواسط القرن العشرين هطول مطري مفيد بحدود ٥ مم في المحطات والمرات التالية :

٩ مرات / سنة محطة بسكرة بالجزائر

مرتين / سنة في محطة تممرست بالجزائر

مرة كل سنتين في عين صلاح بالجزائر

هذا ويصبح الهطول صيفيا كلما اتجهنا نحو المدارين بينما يكون الهطول شتويا وربيعيا باتجاه المناطق المعتدلة المتوسطة في الصحراء الكبرى .

أما في قلب الصحراء الكبرى والصحراء الأسترالية فإن هطول المطر يمكن أن يرتبط أساسا بموجات الرياح القطبية الباردة شتاء أو للرياح الاستوائية والمدارية صيفا ، وقد أكد Dubief أن معظم الأمطار تتركز بصورة خاصة غربي ووسط الصحراء الكبرى ويعود مصدرها الأهم إلى اضطرابات جوية مدارية تتجه نحو الشمال مثل الاضطراب السوداني الساحلي غربي أفريقيا ، بينما يؤدي غياب هذه الاضطرابات وضعف تأثيرها شرقي الصحراء في ليبيا ومصر والسودان إلى جفاف شديد يسيطر على هذه الأجزاء .

بينما يؤدي تزايد الهطول تدريجيا وانتظام توزيعه الفصلي إلى تلاشي تدريجي لمناخ الصحراء ، وذلك على طول الحدود الجنوبية والشرقية للمناخ المتوسطي حيث تسود مناطق انتقالية تجاه الصحراء الكبرى ، ويحدث نفس التطور على أطراف الصحراء الأسترالية ، ونتيجة هذا الانتقال التدريجي تبدو الفروق طفيفة بين المناخين ، حيث يسجل وصول الجفاف إلى شاطئ البحر المتوسط في كل من ليبيا ومصر ، كما تسود مناطق جافة جدا في الأردن وبادية الشام وحتى جنوب العراق وصولا إلى الصحراء الإيرانية ، حيث يصادف شتاء يزداد برودة كلما اتجهنا نحو الشمال مع بقاء الصيف حار وحتى شديد الحرارة ، كما أن جبال بادية الشام وجبال زاغروس تخضع لنفس هذه التغيرات لكن بدرجات متفاوتة ، كذلك تمتاز الصحاري الحارة بالقارية وتزداد تباينا من اتساع القارات ، ولا تلاحظ هذه المناطق الانتقالية على السواحل الشرقية للقارات شرقي آسيا وأمريكا وشرقي أفريقيا .

صحاري ساحلية مدارية وتحت مدارية : Deserts cotiers Tropicaux et sub tropicaux

يبدو وجود واستمرار هذه الصحارى مرتبطا بهبوب التيارات البحرية على طول السواحل الغربية والشواطئ الساحلية الباردة ، والتي تبقى تحت تأثير مرور هذه التيارات الباردة التي تنشأ أصلا من العروض العليا وذلك نتيجة صعود مياه المحيطات العميقة ، وتبدو هذه الظاهرة بوضوح على طول السواحل الغربية لأستراليا ، وينتج عنها مناخات فريدة Individuel تنحصر فوق شريط ساحلي ضيق تليه سلاسل جبلية ، تعمل على تبريد الكتل الهوائية القارية عند ملامسة المياه الباردة ، وهكذا يبقى الهواء الحار في الطبقات العليا فوقها مما يؤدي إلى استقرار جوي يمنع حصول أي هطول مما يؤدي إلى القارية الشديدة والتي قد تمتد أحيانا لعدة سنوات ، مثل صحراء شمال الشيلي حيث سجل هطول مطري خفيف مرتين فقط بين ١٩٥١ و ١٩٦٠

وبهطل المطر في مثل هذه الحالات النادرة نتيجة تباطؤ التيار البارد المستمر أو توقفه وانحرافه أحيانا بسبب ارتفاع الحرارة والانقلاب الحراري وحتى الاضطراب الجوي ، كما يحدث على سواحل بيرو حيث تستمر فترات الجفاف المستمر لأكثر من عقد من الزمن ، وقد سجل هطول أمطار فجائية غزيرة غير متوقعة فقد هطل في ليما العاصمة ١٥٠٠ مم عام ١٩٢٥ بينما لا يتجاوز المتوسط السنوي ٣٦ مم ويترافق هذا الهطول مع توقف غير معمول للتيارات الشمالية الباردة مثل تيار Humboldt ليحل مكانه تيارات حارة تدفعها رياح شمالية شرقية تشكل ظاهرة الوليد نينون El nino ، ومع ذلك يبقى جو هذه الصحارى مشبعاً بالرطوبة الدائمة تقريبا بعكس الصحارى القارية البعيدة عن تأثير الرياح البحرية ، ويزداد عدد ساعات الضباب السنوية كلما اقتربنا من البحار ، ويزداد تواتر حدوث الندى وكمياته ، يؤدي هذا المناخ المحلي إلى نمو غطاء نباتي خفيف رغم ندرة هطول المطر ، كما تخضع لتباينات حرارية فصلية طفيفة تختلف حسب درجة العرض ، وتخضع لتورات منتظمة مع تباين يومي طفيف . تسود هذه الصحارى على طول سواحل كاليفورنيا والبيرو وشيلي وجنوب المغرب وموريتانيا وغرب إفريقيا حتى أنغولا ومن الصعب مقارنتها مع مناخ جنوب الصومال الخاص ، وغن أوضح مثال لها يصادف في سواحل بوليفيا وشمال شيلي ، حيث تسود شروط مناخية متجانسة تخضع لتباينات تدريجية منتظمة حسب خط العرض .

Le desert d abri : الصحراء المحمية :

مساحات صحراوية غير مرتبطة بالضرورة بالمناخ المداري ، تمتد على شكل سهول تقع بين السلاسل الجبلية التي تحميها من تأثير التيارات الرطبة والتي تهب على شكل رياح فوهن Fohn أو رياح ونسيم الجبال والمرتفعات ، مثال الحوض الداخلي الممتد بوازة الجبال الصخرية في أمريكا الشمالية ومرتفعات الأنديز Andes في أمريكا الجنوبية وكذلك الصحارى المحمية بين جبال التبت والهمالايا التي تضم حوالي ٤٠ قمة يزيد ارتفاعها عن مائة ألف متر وهي تخضع لتأثير الرياح الموسمية خلف جبال الهمالايا الشاهقة ، وكذلك صحارى الهضبة الإيرانية الأفغانية اعتبارا من جبال طوروس وحتى آراوات وقسمها الشاهقة ، وتعرض هذه الصحارى للرياح Sous le vent السائدة الدائمة أو الموسمية ، والتي تعبر السلاسل الجبلية العالية ، وهي عبارة عن صحارى معتدلة Tempere ذات فصول حرارية متباينة تقع خلف الجبال عامة ، تمتاز بمناخات نصف جافة خلف الجبال الصخرية وقد تصل حتى الجفاف التام خلف جبال الأنديز في الأرجنتين ، وذلك نتيجة تزايد التباين الحرارية وتلوع نسب الجفاف في الجبال والهضاب المحيطة بها

Le desert froid : الصحراء الباردة :

تتمتاز الصحارى الباردة ببعدها الشاسع عن المحيطات وحتى البحار ، وتختلف عن سابقتها بتوضعها في العروض المعتدلة ، ونتيجة بعدها وحمايتها من تأثير الرياح الرطبة يبقى هطولها خفيف ، كما أن الاضطراب الجوي يتناقص عادة لبتلاشي تدريجيا ويصل ضعيفا جدا فوق هذه الصحارى ، وقد يحصل عواصف رملية ورياحا متقلبة ونادرا ما يسبب هطولا شديدا ، وتسود مرتفعات جوية شبه دائمة فوق صحارى آسيا الوسطى ، تكون أقل عمقا وعمدة من المرتفع السيبيري ، كما يسجل هبوب رياح بحرية مدارية معتدلة صيفا قليلة الفاعلية نوعا ما قد يصل تأثيرها حتى صحراء تركمانستان .

يسيطر على معظم أرجاء هذه الصحاري نظام حراري معتدل قاري يزيد شدة جفاف الجو الدائم ، مع فصل شتاء بارد ليصبح شديد البرودة كلما اقتربنا من الجبال ، يمتد فصل الشتاء لفترات طويلة مع هطول الثلوج بكميات متباينة حسب الارتفاع ودرجات الحرارة ، بينما يكون فصل الصيف حارا جدا مع تباين حراري شديد ، ويصل المدى الحراري السنوي إلى ٣٠ - ٤٠ م° وهو يتجاوز التباين اليومي ، وقد سجل أعلا تباين سنوي بين أعلا درجة حرارة صيفية وأدنى درجة حرارة شتوية وهو ٩٠ م° . هذا ويبقى الهطول ضعيفا عادة وغير منتظم ويمكن أن يسجل سقوط المطر في أي فصل من فصول السنة ، يلاحظ سيادة أمطار شتوية على شواطئ بحر الخزر ومرور عواصف ربيعية أو صيفية قارية في الداخل ، ورغم برودة الشتاء يبقى الهطول الثلجي محدودا و ويندر سقوطه في بعض المواقع ، وهو يذوب بسرعة تحت تأثير شمس الربيع ويغذي بعض النباتات والأنهار والمياه الجوفية في الواحات المجاورة .

مناخات العروض العليا : Climats de hautes latitudes

تغطي مناخات المناطق القطبية وتحت القطبية وأعلى الجبال المشابهة ، مساحات شاسعة من الكرة الأرضية ، ويبدو من الصعب جدا تحديد المناطق القطبية **Arctique** وتمييزها عن تحت القطبية **Sub arctique** وخاصة في نصف الكرة الشمالي ويعتمد الباحثون في التمييز على : الحرارة وانخفاضها ونهاياتها وحدوث الجليد **Gele** ، وتعتمد معظم الدراسات المناخية على قيم درجات الحرارة المتوسطة السنوية للهواء الجوي على ارتفاع متر أو أكثر لتحديد هذه المناخات وهي تدل على التباين الحار بين درجات الحرارة الموجبة والسالبة والمدى الحراري السنوي والفصلي أحيانا ، وتحديد الميزان الحراري السنوي ، سهولة قياس حرارة الهواء ووجود علاقة أكيدة بين حرارة الهواء المتوسطة وحرارة التربة السطحية وحتى أصاق محددة تبقى الحرارة بعدها ثابتة لا تتأثر بالتغير الفصلي و تبقى التربة متجمدة بصورة كاملة ودائمة **Permafrost**

ولا بد لاستمرار حدوث الجليد الدائم من انخفاض الحرارة دون الصفر بحيث لا يتعدى متوسط الحرارة السنوية - ٥ م° وقد قدرها بعض الباحثين بحدود - ٨ م° لذلك فإن خرائط تساوي الحرارة

Isotherme تتفق في نصف الكرة الشمالي مع حدود مناطق الجليد والثلوج الدائمة إجمالا . وهي تصل حتى حدود الغابات في شرق سيبيريا وشمال غرب كندا ، وأواسط ألاسكا ، وتزداد الصورة تعقيدا نتيجة وجود ثلوج مستحالة يعود عمرها لآلاف السنين ، وهكذا يزداد تقدم الجليد الدائم فوق القارات عامة وشرقها بصورة خاصة ، أما فوق المحيطات فيتراجع الجليد تجاه العروض الشمالية وينوب جزء منه صيفا وتنتقطع أوصال الجبال الجليدية العائمة التي يظهر قسم بسيط منها فوق سطح الماء ويبقى معظمها مغمورا تحت مياه البحر ، وهي تذوب تدريجيا كلما توغلت في المياه المعتدلة والحرارة ، وبخشي الحرارة والمسافرون أخطار الاصطدام بها وقد سجلت حوادث مؤسفة أدت على خرق سفن عديدة أشهرها سفينة تيتانيك **Titanic** وركابها .

تعود بعض الجبال للتجمد مع قنوم فصل الخريف والشتاء التالي وذلك بسبب قصر الصيف وعدم وضوحه والذي يمكن أن يكون أشد تأثيرا فوق اليابسة عند حدود الأشجار **Limites des arbres**

حيث تكتسب حرارة الصيف أهمية خاصة تساهم في تحديد مدى انتشار الأشجار المستديمة التي يتأثر غزاتها ونموها وإزهارها بدرجات الحرارة ، حيث لا تكون الرطوبة عاملا محددا ، وفي هذا المجال يكون حساب عدد الأيام دون جليد أو تجمد في فصل الصيف وحتى الربيع مؤشرا هاما على حيوية ونشاط الشجر بعكس عدد أيام الصقيع والجليد السنوية أو الفصلية التي تعني توقف نشاط الأشجار خاصة ومعظم أشكال الحياة عامة ، وقد أثبتت الدراسات الميدانية أن ٦٠ يوم بلا جليد و ٣٠٠ يوم جليدي / سنة هو خط حدود انتشار الغابات ، يبدو هذا التحديد مناسباً لشمال أمريكا ومطابقا للمواقع الجغرافية الحيوية في أصقاع كندا وألاسكا والنرويج ، لكنه أقل تعبيراً وواقعية في أماكن وقارات أخرى

، مثل شمال سيبيريا القاري حيث تختلط الأشجار في غابات التايغا مع الشجيرات القزمية في مراعي التندرة القطبية وخاصة جنوبها ، وقد تم اعتماد خط تساوي الحرارة المتوسطة $+ 10^{\circ} \text{م}$ والذي يدل على حرارة الشهر الأقل برودة في العام لتحديد مجال انتشار الغابات في سيبيريا ، وكان كوبن قد استخدم هذا الدليل لرسم حدود المناخات الباردة E ضمن تصنيفه و كما استخدمه عدد من الباحثين لمهولة حسابه واستخدمه على مستوى العالم خاصة في نصف الكرة الشمالي ، لفصل بين غابات التايغا الصنوبرية ومراعي التندرة تحت القطبية وشجيرات القزمية .

يستمر امتداد هذا الخط فوق المحيطات جنوب الدائرة القطبية Cercle polaire فوق المحيطات وهو يتوافق إلى حد ما مع امتداد خط العرض 70° شمالا فوق القارات في نصف الكرة الشمالي ،

ويتفق مع أواسط قارة أوروبا ، ويمتد بين خطي العرض $50^{\circ} - 55^{\circ}$ جنوب خط الاستواء ويبدو تأثيره واضحا على قارة أوقيانوسيا وبعض الجزر القريبة من أستراليا ، وهكذا يبقى هذا الخط المؤشر الأهم وأحد عناصر المناخ الرئيسية لتحديد المناخ الحيوي القطبي .

وقد ذهب بعض الباحثين نحو اقتراح عدد الأشهر التي تكون الحرارة المتوسطة فيها سالبة كدليل على المناخ القطبي وتمييزه عن المناخ تحت القطبي ، وهو مؤشر سهل الحساب شرط توفر محطات مناخية لم تكن كثيرة سابقا ذات سجلات موثوقة لفترات $10^{\circ} - 30^{\circ}$ سنة على الأقل ، كما تعتمد بعض الأبحاث على درجات الحرارة المتوسطة لأبرد شهر في السنة حسب تصنيف كوبن لأنها ذات تأثير مباشر وأكيد على وجود ونمو ونشاط النبات وكافة الأحياء على حدود الغابات وفي الجزر والسواحل القطبية وتحت القطبية : $EF =$ تدل على الشهر البارد حرارته > 0 صفر

وبين هذا الخط وخط $+ 10^{\circ}$ تقع مناطق التندرة وهي تنبأين كثيرا سواء في هطولاتها أو ثلوجها وطول مواسم النمو النباتي في أطرافها المتفرامية ، وبالتالي الأنواع النباتية السائدة هنا وهناك .

ورغم الاختلاف في حدود المناطق القطبية وتحت القطبية الانتقالية Continuum فإن أحدث الدراسات تدل على أنها تغطي خمس مساحة الكرة الأرضية ، وتبقى معظم أرجائها عوالم مجهولة وغير مأهولة النظم إلا من قبائل الأسكيمو الذي يعيشون على الصيد وتربية الأيل الشمالي نصف البري ، وقد أصبحت حياتهم مهتدة بالتلوث والصيد الجائر وزحف المدينة وحفر آبار البترول وارتفاع حرارة الأرض وذوبان الثلوج الدائمة ، وتشبه حياتهم نمط البداوة بحيث يلجأون آثار قطعان الرنة بحثا عن المرعى الصيفي والشتوي ، ويستفيدون من خيرات البحر عند عدم تجمده و يبنون بيوتهم من الجليد والجلود ، وكانوا إلى عهد قريب أكلة لحوم أسماك وتديبات ، وقد وصلت إليهم المنتجات النباتية بفضل الطيران الحديث .

الصقيع : Le froid .

يسود الجو البارد عامة فوق مناخات العروض العليا ويصبح شديد البرودة Tyranique بعيدا عن المسطحات المائية والمحيطات تحت تأثير القارية Continentalite ويصل على درجات تقف حاجزا منيعا أما كل نشاط إنساني ويشكل عقبة كأداء في وجه الحياة بكافة أشكالها ، لأن استمرار هذا الانخفاض إلى مستويات متدنية يحد من النشاط الحيوي والفسولوجي ويحول إلى القضاء التام على كافة أشكال الحياة بشكل دائم أو مؤقت خاصة عندما يترافق مع رياح شديدة عاصفة Vent violent تعيق حتى مستكشفي القطبين الذين يلجؤون إلى الخيام بانتظار هدوء هذه الرياح وانخفاض شدتها المدمرة والمجمدة .

من المؤكد علميا وتجريبيا تناقص شدة الإشعاع الشمسي الواصل إلى هذه الأصقاع الباردة رغم صفاء الجو عادة ، وذلك بسبب زيادة سماكة الغلاف الجوي الذي تخترقه الأشعة المائلة الواردة ، إضافة إلى قيم العاكسية المرتفعة Albido فوق السطوح الثلجية المستدامة أو التي تغطي الأرض لعدة أشهر سنويا في المناطق تحت القطبية Sub polaire .

شدة البرد : Intensite du froid

تختلف شدة البرودة حسب فصول السنة وخط العرض والارتفاع عن سطح البحر و والبعد عن المحيطات داخل القارات ومدى تأثير القارية و تغطي المناطق الباردة وشديدة البرودة مناطق واسعة في الأصقاع الشمالية والجنوبية النائية والتي تكاد تخلو من الحياة ، وقد تم اعتبار الحرارة المتوسطة السنوية

ومدى انخفاضه دليلاً فعالاً لتعريف هذه المناخات ، وهي من البساطة بحيث تساعد على رسم صورة إجمالية ومقارنات مناخية جديدة خاصة بعد انتشار عدد كبير من محطات الرصد الآلي في أنحاء متباعدة من هذه المناطق ، تختص بعضها بدراسة حرارة سطح الأرض العارية أحياناً وحرارة الجليد السطحية ، وحتى أعماق متباعدة ومختلفة حسب الهدف من البحث

وقد تبين أن الحرارة المتوسطة السنوية على سطح الثلج تعادل درجة الحرارة على عمق ٨ - ١٠ م داخل الغطاء الثلجي Manteau neigeu .

يشذ عن هذه القاعدة التوزيع الحراري الفصلي والسنوي في المناطق تحت القطبية والمحيطية التي تقع تحت تأثير التيارات البحرية غربلي غرونلانده وشمال أيسلنده والنرويج ، ويسجل نفس التأثير جنوب القارة المريكية وبعض جزر جنوبي أستراليا ، حيث تسجل درجات حرارة متوسطة موجبة كلما اقتربنا من المحيط أو تأثير التيارات المحيطية اللطيفة و تبدأ متوسطات درجات الحرارة بالتناقص مع البعد وتصبح سالبة تتراوح بين ٣ - و ٣٠ م أقصاها في أواسط غرونلانده ، وذلك بسبب البعد عن البحر واستمرار تراكم الثلوج الدائمة فوقها .

أما في نصف الكرة الجنوبي وقرب القطب فقد سجلت أخفض درجات حرارة فوق القارة المتجمدة الجنوبية ، باستثناء السواحل الضيقة التي تكون معتدلة نسبياً بتأثير المياه و وصلت - ٢٥ م وانخفضت حتى - ٥٠ م حول القطب الجنوبي والمرتفعات المحيطة به ، وقد سجلت أخفض حرارة متوسطة سنوية في محطة فوستوك الروسية وتراوح بين - ٥٥ و - ٥٨ م .

علماً بأن هذه القيم المتوسطة لا تدل أبداً على شدة برودة الشتاء والرقم القياسي المسجلة في المناطق القطبية وقد ثبت أن درجات الحرارة الأدنى في القطب الشمالي لم تسجل قرب القطب حيث الهواء القطبي لكنها سجلت في أواسط القارات الباردة الشاسعة بعيداً عن القطب ، حيث وصلت درجة الحرارة الدنيا المطلقة إلى - ٧٠ م وذلك في محطو جليد الشمال North ice في غرونلانده ، على خط العرض ٧٨ شمالاً وهو رقم قياسي في نصف الكرة الشمالي ، وهذه الدرجة تزيد عن ضعف درجات الحرارة الدنيا المسجلة في سيبيريا وآلاسكا وكندا والتي تتراوح بين - ٣٠ و - ٢٣ م ، كما تبقى بحدود - ١٠ إلى - ١٢ م في المناطق الساحلية تحت القطبية .

وقد سجلت قيم أدنى من ذلك في نصف الكرة الجنوبي كانت أقل بحوالي ١٠ - ١٥ م عند نفس خطوط العرض تقريباً ، وكان متوسط الحرارة لشهر تموز في القارة المتجمدة الجنوبية يتراوح بين - ٣٠ و - ٤٠ م وخاصة فوق الجزء الغربي منها وبينما تجاوزت - ٤٠ إلى - ٧٠ م في الجزء الشرقي ، كما وصلت درجات الحرارة إلى أرقام قياسية خيالية فقد سجل خلال عشر سنوات - ٩٠ م ثلاث مرات ، وبلغت أدنى درجة حرارة سجلت على سطح اليابسة - ٩٤,٥ م عام ١٩٤٥ على ارتفاع ٢٨٠٠ م سجلت لأول مرة في تاريخ الأرصاد الجوية ، كما تابعت محطات البعثات القطبية الدولية المنتشرة في القطب الجنوبي تسجيل درجات حرارة دون - ٤٠ م لمدة ١٥٩ يوم متتالية طوال فصل الشتاء القطبي مع شهر من الربيع وشهر من الخريف .

استمرار البرد : La persistance du froid

يمثل طول فترة البرد المستمرة أو المتقطعة أحد أهم العناصر الأساسية في المناخات القطبية الباردة وشديدة البرودة ، مثال : سجلت أخفض درجات حرارة خارج المناخ القطبي الشمالي في محطة Yukon في أواسط كندا وغربها ، ومع ذلك لوحظ أن كمية الوقود اللازمة لحفظ درجة الحرارة فوق + ١٢ م في محطات أخرى تزيد مرتين عن الوقود اللازم لنفس درجة التدفئة في هذه المحطة ، ويعود هذا للتباين إلى استمرار البرد لفترات أطول في باقي المحطات المقارنة ، ويمكن التعبير عن البرد بعدد الأيام أو الساعات التي تنخفض فيها الحرارة دون حد معين يختلف من محطة لأخرى وقد يستمر شهراً كاملاً في القارات الباردة كما سبق ذكره ، كما يسجل تردد درجات الحرارة المنخفضة ونسبتها السنوية مثال : تم تسجيل ٦٠ % من درجات الحرارة بين - ٥٠ و - ٦٠ م خلال شهر آذار في القطب الجنوبي ، أما في شهر تشرين الثاني الذي يصافى بداية الصيف هناك فكان ٩٠ % من درجات الحرارة يتراوح بين - ٢٣ و - ٢٤ م وفي جزيرة كركلين وجد أن ٧٥ % من درجات الحرارة

خلال شهر حزيران و ٧٠ % من درجات حرارة شهر أيلول تقع بين صفر و + ٥ م° وتصل + ١٠ م° في الصيف .

هذا ويمثل تجمد الماء الفوري واستمرار الجليد الدائم Banquise دليلا مناسباً جداً يكتسب أهمية عملية وتطبيقات فيزيائية وهيدرولوجية ، خاصة فيما يتعلق بتجمد مياه الأنهار في سيبيريا وباقي المناطق تحت القطبية وحتى البحر والممرات، المائية و لمدة تتراوح بين ٥٠ إلى ٢٥٠ يوم / سنة ويلاحظ على حدود المناخ القطبي فوق خط العرض ٦٠° استمرار الجليد عادة حتى شهر تموز وقد يذوب تدريجياً في الصيف لأسابيع قليلة ويعود للتجمد سريعاً مع حلول الخريف وقصر النهار .

ويكتسب تباين أعداد أيام الجليد أهمية خاصة تحدد خصائص المناخات الباردة وشديدة البرودة كما المناخات في أعالي الجبال ذات الثلوج الدائمة في هيمالايا على سبيل المثال ، ويسجل حدوث التجمد لأكثر من ٣٠٠ يوم / سنة وحتى طوال العام باستثناء المناطق القطبية المحيطية التي تقل فيها فترات التجمد إلى النصف تقريباً ، يسود الجليد الدائم شمال كندا ويشكل استمراره وذوبانه ثم عودة التجمد المتقطع أعظم التحديات التي تواجه الإنسان في تلك المناطق ، وتحدد التنوع الحيوي النباتي والحيواني وخاصة الأنواع ساكنة الثلج Nevicole و كما أن عودة للتجمد عدة مرات في السنة يصبح أشد خطراً على الإنسان وحتى الحيوان والنباتات المحلية ، ويسجل تناقص تدريجي ومنظم لتناقص عدد أيام الصقيع باتجاه الجنوب وسواحل البحار والمحيطات ، كما يلاحظ تزايد هذه الأيام سنوياً كالم اتجهنا نحو القطبين وابتعدنا عن المحيطات نحو اقاصي القارات وأعالي الجبال الشاهقة .

التباينات اليومية والفصلية : Amplitude saisonniere

يسجل تزايد المدى الحراري السنوي شدة مع الاتجاه نحو القطبين و بينما لا يبدو ذلك بوضوح في الاختلاف اليومي Ecart ومع ذلك لم تثبت فعلياً بصورة أكيدة أن المناطق القطبية تسجل أشد التباينات الحرارية الفصلية عالمياً ، لأن تغير درجات الحرارة اليومية يبقى طفيفاً عامة ، ولا يمكن الخلط بين عدد الأيام التي تسجل درجات حرارة موجبة فوق الصفر مقارنة بأيام التجمد دون الصفر ، أو عدد أيام الصقيع والتي تتراوح عامة بين ٦٠ و ٩٠ يوم / سنة في المناطق القطبية شمال كندا ، ومن المؤكد أن المناخ القطبي وتحت القطبي يمتاز بمدى حراري سنوي يفوق المدى اليومي بخمس مرات عامة ، مع تسجيل تباين ملحوظ من مكان لآخر ، قد يصل لعشر مرات ، مع ملاحظة

أن التباينات البحرية والرياح المحيطية المعتدلة تساهم إلى حد بعيد في تقليل التباينات اليومية و ذلك حسب فصول السنة ، ويبدو الاختلاف Contrast الحراري واضحاً جداً خلال الشتاء وقد سجلت فروق تصل حتى ٣٠ و ٤٠ م° بين المحطات المختلفة لمتوسطات الأشهر الأشد برودة ، بين المناطق المحيطية والمحطات القارية البعيدة عن تأثير المحيط ، ويزداد انعكاس الحرارة والانقلاب الحراري على السواحل بينما تزداد شدة البرودة فوق القارات وأعالي الجبال ، وقد سجل على سبيل المثال في محط فوستوك الروسية مدى حراري يتجاوز ١٠٠ درجة بين + ٣٨ و - ٧٨ م° عند مستوى سطح الأرض و - ٤٠ م° على ارتفاع ٣٥٠ م° ، ويقل التباين الحراري في المناطق القطبية خلال فصل الصيف وتبقى الحرارة المتوسطة قريبة من الصفر وقد تصل + ٢ م° في بعض محطات القطب الجنوبي ، بينما تتراوح درجات الحرارة الدنيا في معظم هذه المحطات شتاء بين - ٥٠ و - ٧٥ م° .

الرياح : Les vents

تشهد المناطق القارية تحت القطبية الباردة شتاء طويلاً ، وتهب على القطبين رياح قوية ، تسجل سرعة رياح متوسطة دائمة تقريباً في القطب الشمالي حول ٥ م / ثا وتختلف الرياح القطبية بتواترها Frequence وشدها Intensite ويسجل هبوب رياح معتدلة نادراً ما تزداد شدتها في شمال غروتلانده وشمال شرق كندا وشمال سيبيريا ، بينما تعرض إيسلنده وبعض الجزر القطبية لهبوب رياح شديدة تتراوح سرعتها بين ١٠ - ٢٠ م / ثا و تشهد السواحل القطبية وتحت القطبية هبوب رياح عاصفة تصل سرعتها القصوى ٧٨ م / ثا وقد تتجاوز ٢٠٠ كم / سا وهذا رقم عالمي لسرعة الرياح Record .

يبقى تسجيل هبوب الرياح وتواتر حدوثها وخاصة الرياح الشديدة العاصفة التي تمتاز بها الأعاصير الشمالية صعباً جداً ويعتمد على محطات رصد جوي كانت محدودة إلى عهد قريب ، ويتعلق بشكل

خاص بالجغرافيا والزمان والمكان ، وخاصة عندما يزداد أثره على الثلوج الدائمة والحديثة ، وتغيير شكل الغطاء الثلجي **Manteau neigeux** ، لكن تأثيرها يبقى محدودا على الغطاء النباتي الطبيعي نظرا لغياب الأشجار العالية وحتى الشجيرات القزمية في التندرة ، لكن هذه الرياح تشكل عائقا هاما أمام أي نشاط إنساني سواء للصيد أو الرحلات الاستكشافية أو للسكن والصناعة والطيران ، والتي تؤخذ بعين الاعتبار ليس فقط لمرورها لكن لمدة هبوبها وإمكانية تزايد تأثيرها مع انخفاض درجات الحرارة لتؤدي إلى تجمد كل شيء ، وأخطر هذه الرياح تلك التي تسجل قيمة تتجاوز رقم ٨ على سلم بوفورت **Beaufort** ولحسن الحظ تتناقص سرعة الرياح كلما اتجهنا نحو سواحل المحيطات لذلك يتركز النشاط البشري في الموانئ ويعتمد على الصيد بالدرجة الأولى ، كما تشير أحدث الدراسات أن الرياح القوية نادرة فوق القارة المتجمدة الجنوبية ومع ذلك فهي خالية من السكان نظرا لبعدها عن المعمورة والقارات المأهولة ، وقد تم إنشاء مراكز بحوث قطبية لعدة دول فوق هذه القارة يهتمون بالبحث فيها فقط أثناء صيف القطب الجنوبي

صفات الرياح القطبية : **Caracters des vents**

تميز الرياح بمصدرها أو الاتجاه الذي تهب منه **Direction** وتهب على غرولانده رياح مصدرها الثلوج الدائمة **Galotte Glaciere** لتتخرف بعد ذلك بقوة كوريوليس ، وهي بعكس الرياح العادية فإن اتجاهها يبقى ثابتا تقريبا ، كما وجد نتيجة رصد الرياح في أربع محطات ساحلية شرقي الجزيرة ، ووجد أن ٩٣ % من الرياح تهب من الجنوب ومن الشرق وهي رياح سطحية لا تتجاوز عدة مئات من الأمتار سماكة ، وهي تتأثر حكما بالطبوغرافيا والتضاريس وتنتج خاصة الوديان والمنحدرات الشديدة نظرا لبرودتها ، وتتخرف على أطراف اليابسة نحو اليسار لتأخذ اتجاه جنوب شرقي ، تترافق هذه الرياح مع انقلاب حراري **Inversion** وتكون باردة أصلا حسب مصدرها الذي يؤثر في برودتها ، ويقل تأثيرها على السواحل بحيث تنوب الثلوج رغم سماكتها في الصيف تحت تأثير الشمس والنهار الطويل .

تكون هذه الرياح معتدلة السرعة فوق الثلوج وتزداد شدة فوق السواحل مع تباين الميل والانحدار وتسجل أعلا سرعة للرياح على حدود الثلوج الدائمة ، ويستمر هبوبها لعدة كيلومترات فوق المحيط لتتناقص سرعتها بعد ذلك ، هذا وتختلف سرعتها حسب فصول السنة وتزداد شتاء بفعل الفروق الحرارية ، وتشكل فاعلية متباينة ونشاطا ملحوظا قد يؤدي إلى بداية تشكل أحاسير محلية فوق المياه قد تزداد شدة وتأثيرا حسب مصدرها ومسيرها ، وقد تتلاقى الرياح القارية والبحرية أو تهب كلاهما بنفس الاتجاه والسرعة ، وينتج عن ذلك هطول شديد **Rafale** لا يتعدى فترة قصيرة من الزمن ويتوقف بعد ذلك فجأة .

آلية هبوب الرياح : **Mecanisme des vents**

يعود أصل الرياح القارية **Infandisme** التي تهب فوق اليابسة وفق تفاعل شروط جغرافية خاصة فوق القطبين الباريدين بفعل الضياع الحراري **Deperdition** والإشعاع وفقد الطاقة المستمر معظم أيام السنة ، وتحت نفس الظاهرة فوق المناطق المعتدلة في الليالي الصافية ، وهي تؤدي إلى تطبيق واستقرار الهواء **Subsidence** وحدوث انقلاب حراري واضح ، ويصبح فوق القارات ظاهرة مستمرة ومستقرة طوال فصل الشتاء ، وليل القطب الطويل الذي يستمر ستة أشهر ، وتأثير هذه الطبقة الرقيقة من الهواء الساكن بحركة الرياح الخفيفة ، وتتحرف بفعل المرتفع الجوي **Anticyclone** ذي الأصل الحراري ، والذي يتحرك تحت تأثير الطبوغرافيا والثلوج المتراكمة وينزل تدريجيا بشكل أو بآخر نحو القارات بتأثير الجاذبية وتسمى رياح الجاذبية **Vent de gravite** أو رياح الاستقطاب **Vent catabalique** تزداد شدة على سواحل القارات مع زيادة الانحدار ، تكون هذه الرياح شبه دائمة ومنظمة الهبوب على السواحل ، وقد يزداد تأثيرها على شواطئها تكون أكثر تعرضا من غيرها ، أما رياح الاستقطاب فتهب بسمكة محدودة مع نسائم قطبية وتحت قطبية أقل تأثيرا بالطبوغرافيا وتشكل الجزء السفلي من الجو المضطرب غالبا ، وتشكل المحرك الخلفي الذي يدفع أمامه سلسلة اضطرابات جوية متتالية **Famille de perturbation** ويمكن إيجاز الموصفات العامة للرياح والغلاف الجوي بالآتي :

- تنحصر رياح الجاذبية بالطبقة السفلى من الجو المضطرب وتتشكل العلامة الفارقة للرياح القارية مهما اختلف مصدرها وأصلها وتساهم في الحركة العامة للغلاف الجوي .
- من المؤكد أن ضياع الحرارة والإشعاع المستمر من المناطق القطبية يجعل الميزان الإشعاعي سالبا دائما وهو يؤدي حتما إلى حركة تعويض Compensation حراري دائمة على طول خطوط الطول ، مترافقة مع ظاهرة حمل حراري Advection في الطبقات المتوسطة والعليا من الجو المضطرب ، أكثر وضوحا واستمرارا وشدة مما يحدث في مناطق مناخية أخرى على سطح الأرض ، كما تتطلب متابعة دراسة حركة الرياح تسجيل تغيرات الحرارة حسب الارتفاع عن سطح البحر وتغير شدة الإشعاع الشمسي ، ويستخدم الراصد الحراري عن بعد Radiosonde في هذا المجال خاصة وأنه يرسل نتائج نحو محطات الرصد القريبة أليا ، ويبقى تعميم هذه التقنية على كافة المناطق القطبية وفي كافة الفصول غير متيسر نظرا لكلفته العالية .

القطب الشمالي : L arctique

يسيطر المناخ شديدة البرودة الشمالي على مساحات واسعة من قارتي أوراسيا وصولا إلى كندا والاسكا ، ويمتاز شتاءه بسيادة مرتفعات جوية عميقة تشكل حواجز قوية فوق غرونلانده وسيبيريا على وجه الخصوص ، تكون هذه المرتفعات الجوية الحرارية قليلة السماكة تشكل رقائق Pellicule تنطوي كافة العروض العليا ، تتناقص قيم الضغط فيها لتصل ٥٠٠ - ٧٠٠ مليبار فوق الدائرة القطبية ، تساهم في تشكل حركة هوائية نطاقية غربية المنشأ ، يمكن أن تتداخل أحيانا مع اضطرابات سطحية قد تؤدي إلى موجات من الهطول فوق القارات .

وقد تم مراقبة وتسجيل بعض بعض المسارات التقليدية لأهم المنخفضات المعروفة وأشهرها تلك التي تمر جنوب غرونلانده حتى حدود أيسلندة ، وتنتج عادة نحو النروج ، لتتصطم مع الرياح المعتدلة المساعدة فوق التيارات المحيطية ، ويلاحظ تشكل منخفض جوي شبه دائم فوق أيسلندة بشكل منحدر جويا ضمن الرياح الغربية السائدة .

وتتشكل الجبهة القطبية الأطلسية Front atlantique التي تفصل بين الطبقة السطحية شديدة البرودة القادمة فوق الثلوج الدائمة وبين الكتل الهوائية المعتدلة الرطبة البحرية ، تزداد هذه الجبهة فاعلية وتأثيرا خلال فصل الشتاء بسبب تزايد الفروق الحرارية وتباين الرطوبة والضغط الجوي ، وتنتج نتيجة ذلك رياح غربية ومنخفضات متوسطة واضطراب جوي يؤدي لسيادة طقس معتدل يؤدي على تلطيف الجو عامة وجو السواحل خاصة .

جبهة المحيط الهادي : Front pacifique

تمتد هذه الجبهة الواسعة من الاسكا حتى شمال روسيا وسيبيريا وهي تشبه الجبهات الأطلسية بينما تختلف شدتها حسب الفصول ، ويسجل تناقص الضغط مع تباين ملحوظ خلال فصل الصيف ، وتعود نتيجة ذلك مرتفعات جوية قطبية وتحت قطبية فوق الثلوج الدائمة ، يرتفع فوقها انقلاب حراري ضعيف ومنقطع بسبب تشكل الضباب والشايرة فوق معظم المناطق ، كما يسجل اضطراب جوي صيفي على حدود المنطقة تحت القطبية خاصة في الصيف .

القطب الجنوبي : Le pôle sud

يمكن التمييز بين القطب الشمالي Arctique والقطب الجنوبي Antarctique
تمتاز الحركة العامة للهواء فوق القارة القطبية الجنوبية بالقوة والبساطة ، مقارنة مع تعقيدات القطب الشمالي ، بسبب اتساع هذه القارة مقارنة مع سيادة المحيط المتجمد الشمالي في معظم المناخات القطبية الشمالية ، ويسجل حصول تصادم واضح ومستمر بين الهواء السطحي شديد البرودة الذي يهب فوق القفار المتجمدة القارية الشاسعة والهواء المحيطي المعتدل الرطب الذي يهب من فوق المحيط ، لذلك يستمر المرتفع الجوي شبه المستمر فوق اليابسة وحلقات متباينة من المنخفضات التي تدور حولها على سواحل المحيطات ، ويعود دوران هذه المنخفضات إلى الحركة الدورانية للطرود المركزي Centrifuge للهواء السطحي ، تقابلها حركة دورانية معاكسة Convergente وانقلاب حراري واضح يترافق مع استمرار تدفق الهواء البحري المعتدل والرطب ، وتشكل الجبهة القطبية نتيجة سيادة

وتتقدم الهواء البارد حتى فوق مياه المحيطات المجاورة ، تزداد شدة وقاعلية حسب الفصل وحتى من
عن آخر .

وقد أمكن رصد حلقات منخفضة جوية تزداد قاعلية بتأثير الارتفاع وذلك اعتباراً من جنوب خط
العرض ٤٥° وحتى حدود القارة القطبية عند مستوى سطح البحر ، لتتحرف هذه المنخفضات عند خط
العرض ٦٥° ، وتحاذي حدود القارة ويستمر تأثيرها فوق اليابسة لعمق معين ، وأمكن تحديد نشوء
منخفضات فوق بحر Ross نتيجة الفروق الحرارية بين اليابسة والمياه ، وهبوب الرياح وحركتها
العامة من الغرب نحو الشرق ، كما يستقر مرتفع جوي دائم فوق اليابسة غالباً يؤدي إلى هبوب رياح
شبه دائمة من الجنوب والجنوب الغربي و تتناقص قاعلية المرتفع تدريجياً اعتباراً من ٧٠٠ مليوناً شتاء
و ٥٠٠ مليوناً صيفاً ، ويبدأ تشكل منخفض علوي وسط القارة في الطبقة العليا من الجو المضطرب ،
يرافق مع هبوب رياح علوية تصل سرعتها إلى ٣٠ كم / ساعة .

والخلاصة : إن الدراسات المناخية في القطبين تتطلب المزيد من الرصد والمتابعة وتحليل الصور
الجوية ، لمزيد من التحليل والبحث وصولاً إلى تصور أشمل للمناخات القطبية ، ورغم الاستقرار
النسبي فوق الدائرتين القطبيتين ، وسيادة مرتفع جوي بارد جداً ، فإن الاضطراب الجوي يسود غالباً ،
هذا وتختلف شدته من فصل لآخر نتيجة هبوب رياح حارة بحرية أو مدارية باتجاه القطبين .

٤ - الهطول : Precipitation : قياسه والنظام المطري : Hauteur et Regime de pluie
يصعب قياس كافة أنواع الهطول خاصة الأشكال الصلبة المختلفة منها وذلك بسبب استمرار هبوب
الرياح الباردة ، هذا ويمكن تقدير أشكاله بطرق غير مباشرة باستخدام التطبيق الفصلي أو السنوي
Stratification للغطاء الثلجي وما يرافقه من بقايا عضوية تدل على مصدر الرياح القارية مثلاً أو
ملحية تدل على مصدر الرياح البحرية وشدتها ، يسقط فوق معظم مناطق العروض العليا هطول سنوي
خفيف لا يتجاوز ٢٥٠ مم / سنة ومتفاوت Diversoire من عام لآخر ومن مكان لآخر ، ويبدو هذا
الأمر غير مفاجئ نتيجة انخفاض درجات الحرارة الدائم وضعف التبخر لقلة قدرة الهواء على حمل
الرطوبة ، وقد تم حساب هذه القدرة نظرياً في القطب الجنوبي وكانت قيمها ١٠ آلاف مرة أقل من
مثيلتها فوق خط الاستواء .

هذا وإضافة إلى كافة الاعتبارات السابقة فإن كمية الهطل يمكن أن تختلف من مكان لآخر حسب أهمية
التباينات والتي تتراوح بين ١ إلى ٢٠ ضعف و فيسجل هطولات غزيرة في المناطق تحت القطبية
المنخفضة تصل إلى ١٠٠٠ مم / سنة أقصى جنوب غرونلاند وشمال غرب أيسلاند وشمال النرويج ،
وفوق بعض جزر أستراليا القطبية ، كما يمتد الهطل على فترات طويلة سنوياً دون تسجيل فصل جفاف
معين ، لكن المطر يزداد شدة واستمرار خلال فصل البرد ، مثال سجل هطول مطري يتعدى ٦٠ مم /
شهر وعدد أيام المطر ١٣٩ يوم / سنة ، وبلغ المتوسط السنوي ١١٢٨ مم في جنوب غرونلاند بين
أعوام ١٨٧٦ و ١٩٢٥ خلال خمسين سنة ، وهي أرقام ذات دلالة إحصائية ومناخية موثوقة لأنها تمثل
خمسمة عقود على الأقل ، وكانت هطولات أيلول والتشرينين تتجاوز ١٠٠ مم لكل شهر عامة ، بينما لا
يزيد متوسط الهطول في غرونلاند عامة عن ١٥٠ مم / سنة ، وقد تنخفض حتى ٥٠ مم / سنة في
المناطق الأشد جفافاً .

ومن الغريب أن تكون المناطق الباردة هي الأشد جفافاً بنفس الوقت وذلك في العروض العليا فوق
القارات وحتى على طول الشواطئ التي تسود فوقها وتستقر مرتفعات جوية تدوم معظم الشتاء ، لذلك
يصبح الهطل في الأسفح الشمالية الباردة والجافة نادراً وقد يختلف من فصل لآخر ، يسقط معظمه في
الفصل البارد شتاء ، وقد سجل في أقصى شمال كندا سقوط ٦٠ % من المطر في فصل الخريف وأن
برودة الشتاء الشديدة تحد من الهطول كثيراً بكافة أشكاله حتى الثلجية ،

كما سجل ثناء رحلة استكشافية للقطب الشمالي سقوط ٥٠ سم من الثلج تعادل ٥٠ مم مطر ينزل منها
٥٨ % أثناء الشتاء .

التلوج : Les neiges

يتزايد الهطول الثلجي مع تقدم الاتجاه نحو القطبين لكنه لا يمثل الصفة الوحيدة التي تسترعي الانتباه في
أحلام متفرقة من المناطق القطبية وتحت القطبية وحتى الجبلية ، فقد سجل على سبيل المثال وصول

نصف الهطل السنوي على شكل ثلجي أو يرد جنوب غرونلانده وشمال النروج ، وتصل نسبة الثلج إلى أكثر من ثلاثة أرباع الهطل السنوي فوق العروض الأعلى ، وقد تتعدى ٩٥ % في بعض المحطات مثل أرض أديل Terra adeliه ويصل ١٠٠ % في فوستوك في القطب الجنوبي ، كما يكون الهطل ثلجيا صرفا على ارتفاع ٢٠٠٠ م وبعد ٥٠ كم عن الساحل في غرونلانده ، أما فوق خط العرض ٨٠ وما بعده بجوار القطب فقد لا يكون الهطل ثلجيا بالكامل حيث يسجل سقوط بعض المطار الصيفية المتفرقة .

يعتمد هطول الثلوج على نوع الطقس السائد وتساعد رياح الحمل القطبية البحرية الرطبة على سقوط الثلج خلال فصل الشتاء الطويل البارد ، ويسجل هطول الأمطار في الصيف عادة .

الغطاء الثلجي : Le manteau neigeux

رغم قلة الهطول الثلجي وعدم انتظامه فإن كل أشكال الهطل السائل مهما كان نوعها وكميتها تتجمد تحت تأثير الحرارة المنخفضة ، وهذا يفسر استمرار الثلج الدائم في هذه المناطق ، رغم اختلاف سماكته من منطقة لأخرى ، ويزداد الغطاء الثلجي سماكة باستمرار في المناطق التالية :

١ - في المناطق تحت القطبية المحيطية حيث يبدأ سقوط الثلج اعتبارا من الخريف ويتكرر مرارا لكنه يصل إلى النويان مع ارتفاع حرارة سطح الأرض ولا يستمر تراكمه إلا لمدة ٣ - ٦ أشهر خلال فصل الشتاء عادة ، رغم تجاوز سماكته ١ م ويصل عند أيام الثلج إلى ١٠٠ - ٢٠٠ يوم / سنة في جنوب غرينلانده .

٢ - في المناطق الداخلية شديدة البرودة قليلة الثلج والهطول عامة حيث يصادف الثلج الدائم La neige eternelle يتوضع تدريجيا على شكل طبقات رقيقة رغم استمرار الهطول سنويا ٣٠٠ يوم فهو لا يتعدى ٥٠ سم تعادل ٥٠ مم مطر / سنة .

٣ - حدود الثلوج الدائمة : Les limites des neiges persistantes

لا يمكن رسم حدود ثابتة لهذه الثلوج وهي تبدو واضحة في الصور الجوية ومعروفة من قبل مستكشفي القطبين ، وسكان المناطق المجاورة من قبائل الأسكيمو الذي يعيشون تحت وطأة تقدمها شتاءا ويفرحون بتراجعها صيفا ، رغم أن هذه الحركة ومداها تختلف من عام لآخر بل من قرن لآخر ، نظرا لاختلاف مرعة نوبانها فوق البحار والمياه وتباطؤ تجمد هذه المناطق في الخريف والذي يطلق عليه خريف الهنود الحمر في كندا في شهري تشرين L'ete indien معتدل الحرارة نسبيا والذي يسمح للإنسان ببعض الحركة والنشاط قبل حلول فصل شتاء طويل

٤ - أنواع المناخات : Les types des climats

يمكن تمييز أنواع عديدة ضمن المناخات القطبية وتحت القطبية حسب خصائصها المناخية :

١ - مناخ تحت قطبي محيطي : Climats sub polaire oceanique

يقع تحت مسار منخفضات جوية تتكرر باستمرار تحت تأثير التيارات البحرية المعتدلة الرطبة التي تؤدي إلى جو مضطرب عامة ورياح متقلبة تصبح شديدة السرعة ، قد تؤدي إلى ارتفاع درجات الحرارة بشكل ملحوظ من آن لآخر ، لهذا يكون فصل الشتاء معتدلا ولطيفا نسبيا ، مع استمرار احتمال حدوث الصقيع شهريا ، وبقاء درجة الحرارة المتوسطة السنوية موجبة تزيد عن + ٥ م بينما تبقى درجة حرارة أبرد شهر دون - ٥ م ، ويمتاز فصل الصيف بالاعتدال مع مناخ منعش Frais قد يتعرض للصقيع والبرودة الشديدة أحيانا .

ويزداد الهطول شدة مع قدوم فترة نشاط المنخفضات الجوية اعتبارا من الخريف وحتى الشتاء ، مع هطول ثلوج غزيرة ، ويستمر بشكل متقطع في معظم فصول السنة ، هذا ويسجل ذويان معظم الثلوج في الصيف عادة ، ويبقى الربيع باردا وجافا ، بينما تسبجحرار الصيف ذويان التربة المتجمدة التي تخضع للتجمد عدة مرات سنويا ، وتبقى أعماقها متجمدة دائما Permafrost .

يسود المناخ تحت القطبي شمالي المحيط الأطلسي وعلى طول الساحل الشمالي للنروج وجنوب غرونلانده وشمال أيسلنده ، ويمتد على شكل شريط على طول خط العرض ٦٠ شمالا وبين خطي العرض ٥٠ و ٦٠ جنوبا .

٢ - مناخ قطبي محيطي : Climat polaire oceanique

يسود فوق المناطق القطبية المحيطية شتاء قاس جدا Rude يتصف بالبرد القارس وانخفاض الحرارة حتى - ١٠ م بشكل متقطع ، كما يصانف الجليد الدائم والتربة مستمرة التجمد الأبدي Pergelisoï ، ويسجل تأثر هذا المناخ بمرور اضطرابات جوية تختلف شدة حسب فصول السنة واتجاه الرياح ، وقد تزداد تعمقا وفاعلية لتعطي طقسا مضطربا مع تباين في قيم الضغط الجوي ، يرافقه انخفاض الحرارة الناتج عن تلاقي الكتل الهوائية القطبية وتحت القطبية و تخضع كذلك لهبوب رياح عاصفة من حين لآخر على حدود اليابسة وحول الجزر وهي تختلط مع رياح الجاذبية Vent de gravite التي تهب على شكل نسيم من الجبال والوديان والبحر والبر.

تكون كميات الهطول أقل وفرة ومضاهة من هطول المناخ السابق وهي تتراوح بين ٣٠٠ - ٥٠٠ مم / سنة ، تتوزع على الفصول ، بحيث تتلقى هطلا صيفيا خفيفا يكون سائلا عادة وهطول ثلجي شتوي تحت تأثير البرودة والذي رغم قلة سماكته قد يتحول على غطاء ثلجي دائم عادة يذوب جزء من في فصل الصيف وقد يستمر على القمم والمنحدرات الشمالية قليلة التعرض للشمس وعسوما تسجل سيادة مناخ رطب بارد وقاسي Severe يؤثر مباشرة على كل نشاط إنساني ، رغم عدم الانخفاض الشديد لدرجات الحرارة و يبدو انتشار هذا المناخ أكثر وضوحا في نصف الكرة الشمالي في الاسكا وشمال كندا وسيبيريا وأقل وضوحا في نصفها الجنوبي .

٣ - مناخ قطبي قاري : Climat arctique continental

يقتصر انتشار هذا المناخ حصرا على نصف الكرة الشمالي ، وهو يتفرع عن المناخ القاري البارد ، مع تسجيل ارتفاع حرارة أقل شدة في فصل الصيف وعدم استقرار جوي ملحوظ في فصل الشتاء ، ويمتاز عن باقي المناخات الشمالية القطبية وتحت القطبية بتباين حراري شديد ، بين فصلين غير متوازنين ، ويفصل بينهما قتران انتقالية قصيرة جدا ، حيث يبدأ الشتاء الطويل القاسي باكرا منذ الخريف ويمتد ٨ - ٩ أشهر وتكون درجات الحرارة المتوسطة خلاله دون الصفر دائما ، بينما يبدأ الصيف القصير بارتفاع الحرارة تدريجيا في أواخر أشهر الربيع العادية ويستمر خطر الصقيع أحيانا في الصيف ، كما يسجل ازدياد الهطول المطري في هذا الفصل ، ويستمر الغطاء الثلجي طوال الشتاء رغم قلة كمياته ، ويعود هذا المناخ إلى سيادة المرتفعات الجوية شبه الدائمة واستمرار الجوّ صافيا ، كذلك قد يسجل أحيانا مرور منخفضات جوية قليلة الفاعلية والعمق تسبب ضعف الرؤية وتؤدي إلى هبوب رياح معتدلة أحيانا وخفيفة أحيانا أخرى

يسود هذا المناخ على حدود وشواطئ المحيط المتجمد الشمالي وصولا إلى وسط سيبيريا وشرقها و مروراً بشمال كندا وحتى خليج هسنون الذي غالبا ما يتجمد شتاء تحت تأثير الرياح الشمالية الباردة .

٤ - مناخ قطبي محير (متقلب) : Climat polaire contraste

بشكل هذا المناخ مرحلة انتقالية يمتاز عن المناخات السابقة بسيادة شتاء قاس وطويل وصيف حار نسبيا وهطول شحيح ، يسقط معظم المطر صيفا بين ١٥ حزيران و ١٥ أيلول ، نتيجة عدد كبير من المنخفضات وحدوث عدم استقرار جوي ، وعواصف واضطراب تسببها هذه المنخفضات ويسبقها هبوب رياح تنذر بقومها بعد الهدوء التام الذي يسبق العاصفة ، تبقى درجات الحرارة المتوسطة أقل من - ١٠ م° وقد سجلت درجات قصوى وصلت - ٦٠ م° ، ويسود هذا المناخ فوق المناطق المتجمدة تحت القطبية الشمالية بوضوح ، كما يسجل وجود مناخ مماثل يسود فوق حدود القارة المتجمدة الجليدية ويمتاز برياح شديدة باردة جدا تدرأ الثلوج الناعمة Poudriere والتي تشبه الدقيق أو البودرة ، وتعيق الرؤية وتعزل السير في مثل هذه الحالات لذلك يضطر الرحالة إلى التقلبين التوقف والاحتماء خوفا من التجمد أو الضياع .

٥ - مناخ مركز القارات : Climat d'Iniansis

وهو يمثل المناخ الأشد برودة على سطح الأرض فوق العروض العليا والثلوج الدائمة التي يزيد سمكها عن آلاف الأمتار ، وهي تنتج عن هذا المناخ وتؤثر فيه بالضرورة لأنها عبارة عن ثلاثة عالمية هائلة تختزن الثلج من ملايين السنين ، وهذا لا يمكن تصور وجود فصل صيف بأي شكل من الأشكال ، لعدم تسجيل أية درجة حرارة متوسطة موجبة شهرية أو فصلية أو سنوية طبعها ، ولا تلوب الثلوج أبدا فوق ارتفاع + ٢٠٠٠ م وهي منامت الجليد الدائم Permafrost حتى الأشهر الأقل برودة لا تزيد درجة

حرارتها المتوسطة عن + 11 م أما في غرونلانده فهي بحدود - 30 م وقد تقل عن ذلك ، وتسجل سيادة قيم ضغط جوي مستقر تقريبا ووجود مرتفع جوي قاعلي دائم مسيطر بسبب صفاء الجو وقلة الهطول ، تكون الرياح قليلة التغير ضعيفة السرعة ،

مع انقلاب حراري علوي سائد في 50 % من الحالات ، وتسود هذه الحالة المناخية رغم وصول مدة الإشعاع الشمسي السنوي إلى قيم تقارب مثله في أواسط أوروبا ، وذلك تحت تأثير عاكسية الثلج الشديدة ، وتسجل درجات الحرارة المتوسطة الدنيا في النيلي القطبية الطويلة ، ويشهد شهر أيار ارتفاعا مفاجئا لدرجات الحرارة والتي تعود لتتخف من جديد في شهر أيلول وبداية الشتاء وقصر النهار ، هذا ويقتصر الهطول على تساقط الثلوج وبكميات قليلة عادة ، وتختلف سماكة الثلج من مكان لآخر ، وهي تزداد بفعل الرياح البحرية الرطبة والاضطراب الجوي الفعّال ، ويمتد هذا المناخ ليغطي مساحات واسعة من غرونلانده واجزاء شرقي القارة القطبية الجنوبية .

المناخات المعتدلة : Les climats temperes :

1- معطيات عامة : Donnees generales :

تسيطر على هذه المناخات في المناطق المعتدلة رياح غربية نطاقية فوق العروض المتوسطة ، ويحدها من جهة المدارين خلايا الضغط الجوي المرتفع المدارية و بدرجات متفاوتة من الوضوح ، أما من جهة القطب فتبقى الحدود المناخية غير واضحة المعالم Flous ، هذا وتختلف مسارات وأثار التيارات الغربية حسب فصول السنة فهي تنحرف تجاه القطب صيفا بينما تقترب نحو المدار شتاءا ، وذلك بين خطي العرض 40 - 45 شمالا وجنوبا حيث تستمر الرياح طوال العام في هذه العروض ، بينما تخضع لتباين فصلي هام خارج هذين الخطين ، ويصل تأثير الرياح إلى حوض البحر الأبيض المتوسط في فصل الشتاء حول خط العرض 35 ° ، وفي فصل الصيف يسجل هبوب رياح تصل حتى خط العرض 45 ° مدفوعة بالمرتفعات المدارية حيث يستمر تأثير الرياح فوق شريط ضيق ويزداد أثرها عند مستوى سطح الأرض نتيجة تبدل الضغط ونشوء الاضطراب الجوي الذي تحمله الرياح بالنظام فوق المسطوح المائية الواسعة في نصف الكرة الجنوبي ، وأما في شتاء المناطق المعتدلة الشمالية فتتلبس نسب اليابسة والمياه وتداخلها دورا عظيما في تغير حالات المناخ ، حيث يؤدي تبريد الهواء المار فوق كندا وأمريكا الشمالية والتي تعبر فوق المحيط الأطلسي الأقل برودة إلى تشكل منخفضات متتالية وسريعة فوق غرب أوروبا وغربي المتوسط ، ويساهم تيار الخليج Golf streem الشهير في دفع تيارات مائية دافئة من المناطق المدارية على طول السواحل الغربية لأوروبا ، كذلك يزداد تأثير المنخفضات الجوية والجهبات القطبية الباردة لتشمل معظم أوروبا وتصل حتى جنوب وشرق المتوسط ونادرا ما تؤثر على أطراف الصحراء الكبرى ، يهب على شرقي المتوسط حوالي 150 منخفض شتوي يصل 50 منها إلى بلاد الشام ثلثها يمتاز بفاعلية عالية تزداد شدة مع تصادمها بجهة قطبية سيبيرية باردة أدت عام 1992 إلى تغطية تركيا وبلاد الشام وحتى شمال الجزيرة العربية بالثلوج والتي لم يسجل لها مثيل منذ أكثر من قرن تاريخ بدء الرصد الجوي الحديث .

أنشكال أو حالات الطقس السائد : Type de temps :

يعرف الطقس بأنه التعبير عن حالة الجو والغلاف الجوي قرب سطح الأرض وتغيراته خلال فترات قصيرة مثل ملقس اليوم أو الأسبوع ، وتعتبر هذه النشرة الزراعية لمدة عشرة أيام ، ويعتبر الطقس لتغيرات مستمرة كما يلي

- طقس متقلب يخضع لتغيرات لحظية وفجائية قد لا تستمر سوى لفترات تطول أو تقصر يوميا ولعدة ساعات .
- اضطراب مستمر ناتج عن هبوب رياح غربية شديدة وهطولات مطرية متباعدة من ساعة لأخرى عامة .
- ملقس بارد وبارد جدا بسببه وصول جهبات شمالية قطبية وباردة ورياح عاصفة تؤدي لهطول الثلوج والبرد .
- طقس مستقر عموما وجو صاف تماما يستمر طويلا كما في الصيف بسبب الاستقرار والهدوء القاري والمحيطي

جـ جو صيف مضطرب نتيجة قديم منخفضات جوية بحرية أو قارية مع هبوب عواصف محلية وأمطار محدودة .

- تشكل مختلف هذه الحالات جزءا هاما من المناخ العام السائد ويختلف مدى تردها وتكرار حدوثها أو ندرتها وتأثيرها في المناخ العام ، وذلك حسب الموقع الجغرافي والقرب من البحار وتأثير حركة للرياح وفصول السنة .

ويميز ضمن هذا المناخ عدة مستويات هي :

Climat tempere moyen : مناخ معتدل متوسط :

مثل مناخ بريطانيا وإيرلنده وفرنسا ويلاحظ فيها سيادة ظواهر مناخية لا نطاقية مع استمرار سيادة الجبهات القطبية الشتوية ، وتميز فصلين رئيسيين وفصلين ثانويين سنويا ، مع احتمال تغيرات ملحوظة في حالات الطقس ضمن كل فصل ، مثل احتمال حدوث فصل صيف حار وشتاء جاف ، أو صيف لطيف رطب شتاء شديد البرودة أحيانا .

Climat tempere chaud : مناخ معتدل حار :

ويبدو واضحا في المناخ المتوسطي ذو التدرج اللطافي الواضح ، والتي يمتاز بتباين حراري فصلي يتجلى خاصة بانخفاض حرارة الشتاء مقارنة بحرارة الصيف المرتفعة ، كما يتخلل فصل الشتاء المعتدل عادة موجات برد شديد تحمل بعضها رياح المسترال الشمالية ورياح البورا ، هذا إضافة للجبهات القطبية ويبدو ذلك وفق نظام حراري شبه متكرر ، إن اعتبار المناخ المتوسطي امتدادا للمناخ المعتدل لا ينفي تمتعه بصفات خاصة تميز الهطول السنوي حيث تهطل معظم الأمطار شتاء مع تسجيل تباين كبير في كميات المطر من منطقة لأخرى ، ويكون فصل الصيف طويلا جافا وحارا وذلك نتيجة تأثير المرتفعات الجوية تحت المدارية المستمرة تقريبا ، وضعف المنخفضات وقلة فاعلية المنخفضات الجبهية صيفا .

وإذا كان من السهولة بمكان وضع حد قاصد للمناخات المعتدلة من جهة القطب فإن هذه الحدود تبدو أقل وضوحا ويصيح رسمها أشد صعوبة مع المناطق الصحراوية وتحت القطبية لأن المناخ المتوسطي يظهر تدريجيا دون تغير كبير وغير محسوس **Insensible** نحو المناخ الصحراوي الجاف ، ويحدث الاختلاف خاصة على خطوط العرض تجاه الواجهات الشرقية .

٢ - مناخ محيطي : **Le climat oceanique**

تمتد المناخات المحيطية الحقيقية لتغطي المناطق الواقعة بين خطي العرض ٤٠ - ٦٠ في أمريكا وبين ٤٢ - ٦٥ في غرب أوروبا وكذلك بين ٣٧ - ٥٥ في سواحل الشيلي ، كما يقتصر تأثيرها حصرا على المناطق الساحلية ، ومن أهم ميزاتها والخصائص التي تميز مدى تأثيرها بالرياح البحرية السائدة والرطوبة العالية مايلي :

١ - استمرار تشكل منخفضات ذات منشأ محيطي تصل السواحل وتشكل فاعلية جوية متزايدة وشلالات مطرية .

٢ - يؤدي استمرار هبوب الرياح ووصول التيارات البحرية المائية المعتدلة إلى الحد من تأثير الجبهات الباردة .

٣ - يبقى المدى الحراري محدودا وضيقا وغير ذي بال في هذه المناخات عادة لضعف التباين الفصلي .

٤ - قد تسجل في العروض الأعلى درجات حرارة دنيا منخفضة تصل أحيانا إلى ١٠ و ١٥ م تحت الصفر .

٥ - يسود عامة طقس مضطرب ومتقلب أحيانا حسب ساعات النهار والليل مثل تناوب الصحو والمطر .

٦ - تزداد سرعة الرياح تدريجيا من حين لآخر وتكون بين ٥٠ و ١٠٠ كم / ساعة حسب الاتجاه .

٧ - تبقى نسبة الرطوبة عالية إجمالا تحت تأثير الرياح المحيطية السائدة ، وتنخفض مع هبوب رياح معاكسة .

٨ - تختلف كميات الهطول السنوية بين ٢ - ٣ م وتصل حتى ٤ م جنوب الشيلي و ٥ م / سنة في جبال التروج ولا تتجاوز ١ م / سنة في معظم المناطق الساحلية السهلية .

٩ - تهطل معظم الأمطار في فصلي الخريف والشتاء ويكون فصل الصيف القصير جافا أو الأقل مطرا عادة .

١٠ - قد يكون الهطول الصيفي شحيحا أو نادرا علما أن بعض المحطات تتلقى حتى ٢٠٠ مم خلال هذا الفصل .

١١ - يبقى المناخ المحيطي من أكثر المناخات هطولا ، ويتراوح عدد أيام المطر بين ٢٠٠ - ٣٠٠ يوم / سنة .

الإشعاع الشمسي : Insolation

يتراوح طول مدة السطوع الشمسي بين ١٠٠٠ - ٢٠٠٠ ساعة / سنة ، ويعود هذا التباين إلى شدة التخفيف التي تختلف من مكان لآخر وتشكل الضباب الذي يعيق الرؤية ويؤثر على الملاحة البحرية .

الضباب : Le brouillard

يتشكل الضباب عادة ويزداد كثافة وتواترا قرب السواحل و الخلجان والمخاضات و الجبال المطلية على البحر .

النظام الحراري : Le regime thermique

يسجل عامة تباين حراري ضعيف نسبيا يتراوح بين ١٠ - ١٥ م ويتراوح درجات الحرارة بين صفر و ٢٠ م ونادرا ما تنخفض حتى - ١٠ أو - ٢٠ م ، هذا ويتراوح عدد أيام الصقيع بين ٥ - ٢٠ يوم / سنة وقد يزيد عن ذلك في المناطق الشمالية والجبالية ، ويسجل سقوط الثلج أحيانا في هذه المناطق نتيجة البرودة الزائدة ، ويكون المناخ المحيطي أشد برودة في جنوب ألaska وإيسلندة ونيوزيلندة حيث لا تتجاوز درجة حرارة أبرد شهر في السنة + ٥ م ، وبينما يسود المناخ المحيطي الحقيقي في الجزر البريطانية وإيرلندة وغرب فرنسا في منطقة نورماندي ، كما يلاحظ تزايد الجفاف في الداخل كلما ابتعدنا عن المحيطات ، وتشهد جبال البيرينيه وجبال الألب وخاصة بعد ارتفاع محدد تغير المناخ المحيطي الذي يؤثر على الهضاب المحيطة بها ، وسيادة مناخ جبلي ينكر بخصائص المناخات القطبية حيث تسقط الثلوج ثنائه وتبقى في الثلجات الدائمة Glaciere والتي شهدت ذوبان أجزاء منها في العقود القليلة الماضية ، وكذلك زحف بعضها في الوديان لننصر كلما يعترض طريقها ، وهي خير دليل على ارتفاع حرارة الأرض مثل الجليديات القطبية التي تنقطع أوصالها وتحملها التيارات البحرية لتذوب تدريجيا .

الحدود المحيطية : Les marges oceaniques

تشكل هذه الحدود أو الحواشي مرحلة انتقالية كلما تقدمنا تجاه المناخ القاري الداخلي حيث يصبح فصل الصيف أطول وأشد حرارة تتراوح بين ١٥ و ٢٠ م بالمتوسط ، بينما يغدو الشتاء أشد برودة بحوالي ١٠ م عن السواحل البحرية ، كما يسجل تزايد تشكل الضباب الإشعاعي خاصة خلال فصل الشتاء حيث يتحول تدريجيا ليشكل الجليد الأبيض Givre blanc ، كذلك تزايد كميات الهطول المطري تدريجيا خاصة فوق الهضاب والجبال ، وتتجاوز درجات حرارة الصيف ٢٥ م في المناطق القارية الداخلية مثل وسط وشرقي أوروبا .

٤ - مناخات معتدلة قارية : Les climats temperes continentaux

تغطي هذه المناخات مساحات شاسعة من القارات مقارنة مع المناخات المحيطية الساحلية التي تبقى انتشارها وتأثيرها محدودا على الشواطئ ، وذلك اعتبارا من كندا والولايات المتحدة وحتى أواسط أوروبا وصولا إلى سيبيريا ، ولا يصانف هذا المناخ في نصف الكرة الجنوبي نتيجة ندرة اليابسة عند هذه العروض ، يمتاز بغطاء جراجي كثيف تسوده غابات صنوبرية شمالية ومعتدلة أليها عابات مختلطة وعريضة الأوراق ، خضرة خلال تاريفها الطويل للقطع الذي أصبح جائرا بحيث قضى على معظم الأشجار في العقود الماضية ، وتحولت معظم مساحاتها إلى حقول مزارعية الأطراف لزراعة الحبوب وخاصة القمح والشعير ، حاصلات الصناعية مثل الشوندر السكري .

ليس من السهل وضع حدود دقيقة لامتداد هذه المناخات فهي تبدأ تقريبا اعتبارا من خطي العرض ٣٥ - ٤٠ في أواسط أمريكا الشمالية وتنتهي بين خطي العرض ٤٥ - ٥٠ شرق سيبيريا ، وتمتاز بصيف حار وجاف شبه مداري ومناخ نصف صحراوي في الصحراء المحيطة شرقي الجبال الصخرية Rocky mountain في أمريكا الشمالية ، كما في صحراء آسيا الوسطى ذات الشتاء البارد ، وتنتهي إلى مناخ متوسطي نموذجي ذي فصل صيف جاف وطويل ، كما تكثر نحو المناخ تحت القطبي باتجاه الشمال ، ولا يمكن تمييز حدود واضحة للغطاء النباتي السائد الذي يمثل هذا المناخ ، لأن حدود الغابات الشمالية تتعلق بدرجات الحرارة وتعد درجة الحرارة السنوية المتوسطة $+ 10^{\circ}\text{C}$ مؤشرا لانتشار الغابات ، كما تلعب التضاريس دورا هاما بحيث ترسم حدودا أكثر وضوحا ، مثل جبال القوقاز المرتفعة والجبال الصخرية ، بينما يسجل انتقال تدريجي Continium في معظم المناطق قليلة التضاريس .

يسجل استمرار هبوب الرياح الشمالية والغربية السائدة والتي يلاحظ تناقص تأثيرها وسرعتها تدريجيا ، ويعود ذلك لارتفاع حرارة التيارات البحرية التي تزيد من حرارة القارات ، وتؤدي بدورها لحدوث حركات نقل حراري

Conviction عبر طبقات الغلاف الجوي ، كما تسبب من حين لآخر حدوث عواصف رعدية Orage ، كذلك يسجل تناقص تدريجي للرطوبة باتجاه الجنوب في أوراسيا Eurasie ، ويستقر الجو إجمالا في الشتاء نتيجة البرودة ويحدث انقلاب حراري وتنتهي تشكل المنخفضات القادمة من المحيطات ويتلاشى معظمها فوق اليابسة ، ويسجل تماثل Conformite كبير في الميزان الإشعاعي بغياب التضاريس والجبال العالية ، ويمكن تلخيص أهم مزايا هذا المناخ بالآتي :

- الشتاء القاسي الطويل البارد حيث تستمر درجات الحرارة دون الصفر وتصل حتى - ٥٠ - ٧٠ م كحد أدنى ويسجل حدوث انقلاب حراري على ارتفاع ٥ - ٧ كم .

- يكون فصل الشتاء الطويل جافا عامة مع هطولات خفيفة ومستمرة على شكل ثلوج تشكل ثلث الهطول الكلي على الأقل ويستمر هطل الثلج بين ٣ - ٦ أشهر سنويا .

- يسجل هبوب عواصف ثلجية Tempete de neige تغطي الأرض خلال ساعات قليلة وقد تسبب تعطل المواصلات وقطع الأسلاك الكهربائية وتهديم السقوف وأضرار كبيرة في الزراعة والغابات باقتلاع الأشجار .

- يكون فصل الربيع مختزلا وقصيرا جدا يبدأ مع ذوبان الثلوج وارتفاع الحرارة ، وبدء ظهور الحياة النباتية ونشاط الحيوانات البرية ، وحتى النشاط الإنساني في الهواء الطلق .

يلاحظ ارتفاع حرارة فصل الصيف حيث تتراوح الحرارة المتوسطة بين ١٥ - ٢٠ م و يشكل الهطول المطري الصيفي أكثر من نصف الهطل الكلي السنوي ، ويستمر فصل النمو النباتي ٣ - ٥ أشهر عامة وقد تتجاوز درجة الحرارة ٣٠ - ٤٠ م لعدة أيام .

- يمتد فصل الخريف لعدة أشهر ويمتاز بليال باردة وصقيع خريفي مألوف ، ويبقى النهار مشمساً ويلدأ مع حدوث أمطار متفرقة ، واحتمال تشكل الضباب في السهول والمنخفضات ، ويبدأ الشتاء من جديد مع بداية تساقط الثلج .

La trame des climats continentaux : حدود وامتداد المناخات القارية :

من الصعب جدا اعتبار المناخ واحدا إذا كانت درجة حرارة كالون أول في أرجائه تتراوح بين صفر و $+ ٤٠^{\circ}\text{C}$ و لذلك يمكن تحديد المناخ القاري حسب عاملين إثنين هما : قيم الميزان الإشعاعي التي تخرج حسب خط العرض .

وشدة وفواتر الرياح والاضطرابات ومدى قدرتها على الحد من الانقلاب الحراري النظامي ، وبالتالي تقليل شدة البرودة أو التسبب بسقوط الثلج ، وبناء على ذلك أساسا يمكن تمييز المناخات المحلية التالية ضمن المناخ القاري :

١ - مناخ السهوب القارية : Le climat des steppes continentaux

مناخ السهوب يمتاز بشتاء قصير ومعتدل وصيف حار وطويل يتفق مع موسم نمو نباتي مستمر Durable حيث تكون درجات الحرارة المتوسطة السنوية فوق + ٧ م ماعدا آسيا الوسطى ، ويسيطر هذا المناخ اعتباراً من أوكرانيا وأواسط أوروبا حتى سهول البامبا Pampas الأرجنتينية ، ونادراً ما تنخفض حرارة أبعد شهر عن - ٥ م مع تسجيل مرور ثلاثة أشهر على الأقل حرارتها سالبة ، وملاحظة عدم انتظام سقوط الثلج من عام لآخر وذوبانه بسرعة مع حلول طقس لطيف Redoux حتى في الشتاء ، وقد تنخفض درجات الحرارة إلى - ١٩ وحتى - ٢٢ م لفترات قصيرة ، تختلف الثلوج سريع في فصل الربيع الحقيقي ذو السمات الواضحة بخلاف باقي المناخات القارية التي يكون ربيعها قصيراً جداً يكون الصيف حاراً وترتفع درجات الحرارة حتى + ٢٠ م لمدة ثلاثة أشهر ، وهي لا تتعدى ٢٥ م عادةً و يسمح هذا المناخ بزراعة الحبوب ، ويسجل مدى حراري سنوي واسع يتراوح بين ٢٥ و ٣٠ م وهذا المدى يعادل ضعف مثله في المناخ المحيطي ، ومن الناحية الزراعية يمكن حسب الواقع تمييز :

- حزام زراعة القمح : Wheat belt تكون الهطولات ضعيفة لا تتعدى ٦٠٠ مم وغالباً تقل عن ٥٠٠ مم / سنة يسقط منها ٢٠٠ مم في الصيف ومثل سهول أوكرانيا وروسيا والتي يصل عدد أيام الهطل فيها ١٠٠ يوم / سنة .

- حزام الذرة : Corn belt وهنا تجاوز الهطولات ٨٠٠ مم / سنة يسقط منها ٣٠٠ مم في الصيف و يتراوح عدد أيام المطر ١١٠ - ٣٠ يوم / سنة ، هذا وتتصل الحدود الشمالية للسهوب مع حدود الغابات مع تزايد نسب الرطوبة وقلة التبخر ، وتصل في غربي الكرة الأرضية في المناطق الجافة غربي كندا وشمال أمريكا ضمن شريط يمتد بين خطي العرض ٤٠ - ٤٥ وحتى ٥٠ م في روسيا الأشد برودة .

٢ - المناخ القاري البارد : Le climat froid continental

يسود فوق سيبيريا وكندا تغطيه غابات كثيفة في مناطق التايغا Taiga ويميز ضمنه ثلاث مجموعات مناخية هي :

- مناخ قاري نموذجي : Climat continental type يغطي السهول الكندية الكبرى ومساحات كبيرة من سيبيريا ، ويمتاز بشتاء شديد البرودة يسجل فيه متوسط شهر كانون الثاني - ١٥ م وقد يلدنى حتى - ٢٠ و - ٢٥ م

وتبقى درجات الحرارة المتوسطة تحت الصفر من تشرين الثاني حتى شهر آذار ، كما في الإسكا ووسط سيبيريا وقد تصبح بين - ١٠ وصفر م فوق المناطق ذات المناخ المعتدل نسبياً ، هذا ويكون المدى الحراري الفصلي واسعاً يصل حتى ٤٠ م و يمتد هذا المناخ بين خطي العرض ٥٥ و ٦٠ شمالاً ، يكون الهطول معتدلاً لا يتعدى ٥٠٠ مم / سنة وقد ينخفض حتى ٣٠٠ مم في المناطق الداخلية والمحمية ، ويكون عدد أيام الهطل ١٠٠ يوم / سنة بالمتوسط

يبقى سقوط الثلج نادراً ومتقطعاً في وسط سيبيريا ويمكن أن يصل ارتفاعه في بعض المناطق الأخرى والسنوات ٥٠ - ١٠٠ سم ويستمر ٢ - ٤ أشهر خلال الشتاء ، وترتفع درجة حرارة الصيف بين ١٥ - ٢٠ م تحت تأثير الرياح الغربية اللطيفة المعتدلة .

- مناخ انتقالي (مناخ محيطي) : Climat oceanomarine

يبدأ اعتباراً من بولونيا ويمتد من شرق أوروبا حتى جبال الأورال ، يبدو تأثيره بالمناخ المحيطي واضحاً بسبب مرور اضطراب متكرر ، بينما يبقى الجو صاحياً إجمالاً ويستمر الإشعاع الشمسي ١٥٠٠ ساعة سنوياً في مدينة بطرسبرغ ، لينينغراد سابقاً وتزيد كمية الهطول عن ٦٠٠ مم / سنة معظمه خريفي و يتراوح عدد أيام المطر بين ١٥٠ - ٢٠٠ يوم / سنة ، وهذا يماثل المناخ المحيطي ، بينما تنخفض درجات الحرارة المتوسطة لشهر كانون الثاني لحوالي - ٥ و - ١٠ م و حيث يكون الهواء بارد جداً خلال فصل الشتاء ، وتبقى درجات الحرارة المتوسطة السنوية بين ٥ و ١٠ م ولا يتعدى المدى الفصلي ٣٠ م ..

يسيطر خلال فصل الصيف طقس معتدل ورطب نتيجة قلة شدة الإشعاع الشمسي ، وتنتشر خاصة زراعة الشيلم

Seigle والكتان Lin والبطاطا انتشارا واسعا في السهول الفيضية ، ويختلف سقوط الثلج من مكان لآخر ويزداد سماكة باتجاه الشمال وتتراوح سماكته بين ١ - ١٠٥ م / سنة وحتى ٢ م شمال سيبيريا .

- مناخ الواجهات الشرقية : Climat de facades est

يبدو هذا المناخ سائدا بوضوح في أمريكا الشمالية وهو أقل برودة وأشد رطوبة من سابقه ، حيث يتجاوز الهطول ١ م / سنة وعدد أيام المطر حوالي ٢٠٠ يوم م سنة مع وفرة هطولات الشتاء التي تكون معظمها ثلجية ، واستمرار الهطل طوال العام تقريبا ، تصل حرارة كانون ثاني المتوسطة حتى - ٥ م ، هذا وتعميق الثلوج المتراكمة والمتجمدة حركة السير وكل نشاط إنساني لحوالي ٣ - ٦ أشهر في السنة ، كما يسجل حدوث منخفضات متتالية بتأثير الرياح البحرية السائدة صيفا وشتاء ، يتخللها مرور مرتفعات جوية وانخفاض رياح قطبية باردة ، وتساهم الرطوبة المرتفعة في التقليل من شدة البرودة ، ويبقى فصل الصيف قصيرا ويزداد قصرا كلما اتجهنا شمالا ، يسود هذا المناخ على سواحل شرقي آسيا مع أمطار شحيحة وثلوج شتوية ويسجل انخفاض درجات الحرارة شتاء حتى - ٢٠ م ويبقى هذا المناخ انتقاليا بين المناخ المحيطي الحقيقي والقاري الداخلي والذي يكون أشد برودة وأغزر هطولا ثلجيا ، ويمتاز مناخ مدينة سدني جنوب شرق أستراليا بنفس المزايا مع ندرة سقوط الثلج حتى في الشتاء ، واستمرار سقوط المطر طوال العام وهو مناخ قريب من المناخ المتوسطي الأسترالي المجاور له تدرجيا .

٥ - مناخ الجبال المعتدلة : Climat des montagnes temperées

تزداد البرودة شدة مع الارتفاع في الجبال عامة ، وتترافق مع تغير النظام الحراري وتزايد الهطول واختلاف فصول المطر عن مثيلاتها في السهول المجاورة ، كما تسجل سيادة الثلوج الدائمة في أعالي الجبال ، مع عدم تطابق مناخ هذه الأعالي مع مناخ العروض العليا ، خاصة من حيث طول الليل والنهار وشروق الشمس في منتصف الليل Soleil de minuit ، ويتأثر الغطاء النباتي من حيث الكمية والنوعية والكثافة في الجبال حسب تزايد كميات الهطول ونوعيتها و كما أن مناخات الجبال تحت القطبية تمتاز بدرجات متفاوتة عن المناطق السهلية المجاورة لها ،

وتشبه نباتاتها نباتات أعالي الجبال فوق خط انتشار الغابات Timber line ونباتات التندرة أو المراعي القطبية ، حتى في جبال الأطلس في المغرب العربي وجبال لبنان الشرقية والغربية وقمم الحرمون والقرنة السوداء والذبي موسى حيث تسود النواع الشجرية القزمية والوسادية en coussinet التي تبقى مدفونة تحت الثلوج لعدة أشهر خلال الشتاء الطويل ، تليها في الارتفاع المروج الجبلية Pelouse alpestre والتي تشبه مروج جبال الألب الأوروبية Pelouse alpine ، أما الجبال الأقل ارتفاعا ومضاهيها المجاورة فتتأثر إلى حد بعيد بالمناخ النطاقي

Zonale ويسودها الاضطراب الجوي العام الذي يزداد شدة مع الارتفاع ، ونادرا ما يلاحظ وصول المنخفضات الغربية إلى الجبال الداخلية البعيدة حيث يقل تأثير وفعل التيارات المحيطية ، بينما يزداد الهطول الثلجي بفعل التباين الحراري وتناقص درجات الحرارة مع الارتفاع بانتظام صيفا وبشدة شتاء ، ويسجل اختلاف واضح وعدم تماثل

Dissymetrie بين كل من السفوح الغربية المعرضة للرياح السائدة والمنخفضات المتكررة التي تحملها الكتل الهوائية الرطبة الزاحفة على السفوح الغربية Amont والتي تبرد وتتكاثف سريرا لتعطي هطولا غزيرا ، كما قد تقف بعض الحواجز الجبلية عائقا أمام بعض المنخفضات حسب سرعتها واتجاه سيرها وتتحرفها لتتجهعها على أطراف السلاسل الجبلية و بينما تشهد معظم الجبال العالية مثل جبال الألب وبييرينيه وهيمالايا هطولا مستمرا ،

لا ينتلمع Interminable .

وتتعرض الرياح الهابطة على السفح المقابل Aval بعد اجتياز القمم للتسخين الذاتي فتتفكك رطوبتها بسرعة تحت تأثير ظاهرة رياح المنحدرات Effet de fohn وبعد تأثير رياح فوهن التقليدية مشابهة للرياح الجنوبية بعد عبور القمم خاصة عند ميادة منخفضات جوية متتالية تغطي غرب أوروبا ، وتصحبها أمطار غزيرة أحيانا يليها طقس صحو ، وهكذا تشكل القمم حدا واضحا لوقف انتشار واستمرار الغيوم بعد اجتيازها ، يسمى هذا الحد جدار فوهن

Mur de fohn لأن الهواء الهابط يسخن بسرعة تفوق سرعة تبرده أثناء صعوده ، وعند وصوله أسفل الوديان تصبح درجة الحرارة أعلا من حرارة السهول المجاورة وتغدو الرطوبة النسبية أقل من رطوبة الجوار ، يستمر تكرار وجود هذه الظاهرة طالما استمر وجود الجبال واعتراضها لمسار الكتل الهوائية مهما كان مصدرها وموقع الجبل و تسمى رياح زندا **Zonda** في الأرجنتين ورياح شيلوك **Chinook** في الجبال الصخرية الأمريكية ، وغيرها كثير ، كذلك تشهد تشهد السفوح الشرقية وخاصة الجنوبية الشرقية تعرضا مستمرا وشديدا للإشعاع الشمسي المباشر حسب زاوية ورود العمودية تقريبا حتى في فصل الشتاء ، وتبقى محمية **En abri** من الرياح الباردة لتتمتع بمناخ معتدل صيفا وأكثر دفئا في الشتاء .

هذا وتشهد معظم الجبال جفافا بدرجات متفاوتة حتى في الشتاء وتزداد شدته مع الابتعاد عن المحيطات ، لتتشكل خلفها مناطق جافة وشديدة الجفاف وحتى صحارى محمية **Deserts d abri** .

يسجل تزايد الهطول مع الارتفاع عامة فتراوح كمية المطر بين ١٠٠٠ و ١٧٠٠ مم م سنة في جبال الألب والجورا الفرنسية ، فوق ارتفاع يتراوح بين ١ و ٢ كم ويستمر التزايد حتى ٣ كم في معظم الجبال العالية ، ليتجه نحو التناقص بعد ذلك رغم تسجيل بعض القيم التي تتعدى الحد الأقصى حول هذه الارتفاعات نظرا لصعوبة قياس الهطل بدقة في الشتاء العاصف ، ونذرة محطات الرصد الجوي وسيادة الهطول الثلجي و وقد أشارت بعض الأبحاث الحديثة إلى تسجيل هطول ٢٥٨٨ مم / سنة من الضباب والندي و ١٦٨٥ مم / سنة من المطر والثلج في مرصد **Sonnbllick** في جبال الألب بالنمسا بين ١٩٥٥ و ١٩٦٥ ، ويعود تشكل الضباب والندي إلى تأثير الانقلاب الحراري للرياح المحيطية الرطبة التي تهب باستمرار على جبال الألب ، ويكاد تشكل الضباب أن يكون مستمرا تقريبا في بعض الوديان لينتشر مع هبوب الرياح وشروق الشمس في أغلب المناطق .

هذا ويسجل النظام الحراري **Regime thermique** درجات حرارة متطرفة **Extrême** تعود لتناقص الحرارة مع الارتفاع الشديد وفق تدرج **Gradient** غير منظم ويزداد المدى اتساعا في الصيف مقارنة بالشتاء بمتوسط انخفاض قدره ٥ ، ٠ م لكل ١٠٠ م ارتفاع ، ومع ملاحظة تضائل المدى اليومي **Aplitude diurne** متسجيل الدرجات المتطرفة شديدة البرودة في قعر الوادي لاستمرار الصقيع ، كما تكون درجات الحرارة سالبة معظم أشهر الشتاء وتتراوح بين - ١٠ و - ٢٠ م على ارتفاع ١٠٠٠ إلى ٢٠٠٠ م على التوالي ، كذلك يزداد عدد أيام الصقيع **Gel** مع الارتفاع وتناقص فصل النمو الخضري للنبات تحت تأثير استمرار الثلوج وذوبانها تدريجيا نحو القمة .

تختلف سماكة الثلوج وتراكمها من جبل لآخر وتصل ١٠ م بالمتوسط على ارتفاع ١٥٠٠ م و يصل ارتفاع الثلج في الوديان إلى عشرات الأمتار ، ويصبح جليدا وثوجا دائمة فوق ارتفاع معين بينما يستمر بين ٣ و ٩ أشهر حسب الارتفاع أيضا ، ويبدأ خط الثلج عادة بين ٥٠٠ و ١٠٠٠ م وتنتشر معظم محطات التزليج فوق ٢٠٠٠ م وتستمر ثلوجها لعدة أشهر سنويا ، وقد تسجل انهيارات ثلجية **Avaianche** هائلة تهدد المساكن والقرى المنخفضة والسواحل ومرتادي الجبال عند عدم اتخاذ الاحتياطات التي تحد من أخطارها وافئذار في الوقت المناسب عند ارتفاع الحرارة وذوبان الثلوج وتحرك التلجالات وهدم كلما يعترض طريقها .

هذا وتشكل الرياح الجبلية عاملا مناخيا هاما يزداد تأثيره مع انخفاض الحرارة وذرو الثلج وتراكمه ، المرافق مع صعوبة الرؤية وتعذر حتى السير والحركة مع الرياح بصعوبة ، واستحالة المشي بعكس اتجاه الريح ، يلاحظ هبوب نسيم الوادي في الطقس الهادي ويصعد عبر الوديان منذ الصباح الباكر وحتى غروب الشمس . ويغير مساره بالعكس ليلا ويصبح أقل سرعة حسب تغير الحرارة والضغط الجوي ، وقد يسبب تشكل الضباب وأحيانا بعض الغيوم ، ويسمى نسيم المنحدر عندما يسير فوق منحدرات شديدة بسبب تغير الحرارة والضغط كذلك .

المناخ المتوسطي : **Le climat mediterraneen**

يشكل هذا المناخ مرحلة انتقالية بين المناخات المعتدلة والمناخات المدارية ويسمى الناحية المتوسطية **Secteur** لأنه يكتسب صفة تحت مدارية صيفا ، لكنه ينتهي عند حدود الواجهات الغربية والجنوبية

الغربية للقارات ، وهو يمتد بين خطي العرض ٣٠ و ٤٠° ويصل حتى خط العرض ٤٥° شمالاً في أوروبا ، ويشكل شريطاً ضيقاً نسبياً خاصة وسط الشيلي ، ومنطقة الكاب Cap جنوب أفريقيا وجنوب غرب أستراليا كما يمتد حتى ولاية كاليفورنيا الأمريكية ، كذلك يشغل مساحات أوسع متصلة في العالم القديم بين غرب آسيا وشمال إفريقيا وجنوب وغرب أوروبا ، ويصل حتى خط العرض ١٥° شمالاً في المغرب العربي ويسمى حوض البحر الأبيض المتوسط .

ولا يصل تأثير هذا المناخ بعيداً عن السواحل بسبب الحواجز الجبلية العالية مثل جبال الألب شمالاً وامتداد المناخ الصحراوي جنوباً ، يلاحظ سيادة مناخ بحري لمودجي على طول السواحل المضيقة ، ويسجل تزايد التأثير القاري والصحراوي والمداري حسب الموقع والقرب أو البعد عن هذه المناخات المجاورة .

١ - عناصر المناخ : Les facteurs du climat

يمتاز المناخ المتوسطي بإيقاع بسيط إذ يمتاز بصيف حار نتيجة تأثير مرتفعات جوية تحت مدارية سائد تسبب طقساً حاراً وجافاً جداً ، بينما يبقى معتدلاً على السواحل ، ويسجل تراجع هذه المرتفعات أثناء نحو العروض المدارية ، وسيادة حركة رياح غربية

نحمل طقساً رطباً وبارداً عامة ، وهبوب رياح شمالية علوية أو سفلية تختلف سرعتها ورطوبتها وحرارتها حسب الفصل .

تحمل هذه الرياح منخفضات أطلسية خاصة فوق الجزء الغربي ، وقد تلحرف مساراتها عند اصطدامها بالجبال وحتى سلاسل التلال حسب ارتفاعها واتجاهها و يقدر عدد المنخفضات بحوالي ٥٠ - ١٠٠ منخفض غربي المتوسط يصل نصفها على حوضه الشرقي ، وتشكل منخفضات ثانوية فوق مياهه ، وتزداد فاعلية تحت تأثير الجبهات القطبية الشمالية الباردة والتي تنتج فاصلية جوية نتيجة مرورها فوق المياه الحارة .

تبدأ حركة الرياح الغربية اعتباراً من بداية الخريف وتكون أكثر نشاطاً وفاصلية غربي المتوسط ، ويسجل وصول أعداد قليلة من المنخفضات الأطلسية إلى المتوسط لأن معظمها ينحرف شمالاً بتأثير جبال البيرينييه والألب والأطلس ، وتغذي الأمطار الغزيرة في أوروبا ، تصل معظم المنخفضات إلى هضبة الأناضول بعد أن تمر فوق جزيرة قبرص وخاصة في الشتاء ، وتصل بعضها إلى بلاد الشام وحتى الجزيرة السورية ما بين النهرين ، وقد يصل ٢٠ منها إلى إيران وأفغانستان ، ويتجه الهواء البارد بهبط نحو جنوب المتوسط في الشتاء فقط ، ويسخن تدريجياً ويتراعى ذلك مع التناقص السريع كميات الهطول وزيادة طول فترة الجفاف كلما وظلنا جنوباً ، وتشكل معظم المنخفضات حول خط العرض ٣٠° شمالاً وتتفاعل مع حركة التيار التفات Jet stream ، وتغذيها هبات متقطعة من الرياح الشمالية الباردة والتي تؤدي في ٩٠% من الحالات إلى جو ماطر في أرجاء المتوسط يصل حتى شمال ليبيا ومصر ، ويلاحظ تناقص الهطول في المدن الداخلية مثل الإسكندرية ١٠٠ مم القاهرة ٥٠ مم وأسوان ٢٥ مم / سنة .

وتتراوح كميات الهطول بين ١٠٠ مم و ١٠٠٠ مم كما هو مبين في الجدول التالي :

المدينة	كمية الهطول مم / سنة
بيروت	٩٠٠
حيفا	٦٣٠
بافا	٥٢٠
غزة	٣٧٥
إسكندرية	١٠٠
القاهرة	٥٠
أسوان	٢٥

وقد تم تقسيم سوريا إلى خمسة مناطق ملاخية حسب كمية الهطول السنوي كمايلي :

المناطق المناخية	كمية الهطول مم / سنة
رطوبة	٨٠٠ - ١٦٠٠

تحت رطوبة	٥٠٠ - ٨٠٠
نصف جافة	٢٥٠ - ٥٠٠
جافة	١٠٠ - ٢٥٠
جافة جدا	أقل من ١٠٠

الرياح : les vents

تهب على حوض البحر الأبيض المتوسط رياح محلية عديدة ناتجة عن الاضطراب وعدم الاستقرار الجوي ، والفروق في قيم الضغط الجوي . حسب فصول السنة وندوم المنخفضات أو سيادة المرتفعات الجوية ، من هذه الرياح نذكر : رياح السيروكو Sirocco التي تهب على جنوب حوض المتوسط وخاصة بلدان المغرب العربي .

رياح ترامونتان Tramontane أو المسترال Mystral الشمالية التي تهب على طول وادي نهر الرون .

رياح البورا Bora البلقانية التي تهب من أواسط أوروبا نحو شمال حوض البحر المتوسط وشرقه .

رياح الخماسين Khamasine الجنوبية المنشأ والحارة التي تأتي من الصحراء نحو سواحل مصر وليبيا .

وقد تتشكل بعض المنخفضات فوق البحر الأسود لكن تأثيرها يبقى محدودا وغطيتها قليلة وتعطي بعض الأمطار المتفرقة .

يكون الجفاف سائدا خلال معظم أشهر الصيف ، وتهب رياح شتوية باردة شمالية تصبح لطيفة في الصيف ، وقد يسجل وصول رياح شرقية معتدلة وحارة ورياح جنوبية غربية شديدة الحرارة تحمل عواصف رملية صحراوية Vent de sable .

٢ - الميزات المناخية : Les caracteres climatiques

يبقى الهطول المطري ضعيفا ومحدود الكمية Mediocre في معظم أنحاء حوض البحر المتوسط ولا يتجاوز عادة ١٠٠٠ مم / سنة ويتناقص تدريجيا مع التقدم باتجاه المدار ونحو داخل القارات ، وذلك نتيجة لتناقص فاعلية المنخفضات الجوية وتلاشيها تدريجيا ، كما تشهد المناطق المحيطة خلف الجبال هطولات ضعيفة أيضا ، بينما تستقبل جبال الريف المراكشي أعلا هطول جنوب وشرق المتوسط يصل إلى ٢٠٠٠ مم / سنة وتتلقي هضاب سلسلة جبال الأطلس المغربي ١٠٠٠ مم / سنة بالمتوسط ، ويسجل الهطل الأعظمي جنوب أوروبا وجبال الألب حتى ٥٠٠٠ مم / سنة ، وقد وصل الرقم القياسي في إحدى المحطات عام ١٩٣٧ إلى ٨٠٠٠ مم ، ويسجل سقوط حوالي نصف المطر في فصل الشتاء في بعض المناطق مثل :

أثينا ٤٠ % الجزائر ٤٥ % الكلب في جنوب إفريقيا ٥٧ % ويزيد الهطل الشتوي عن ثلثي مجموع الأمطار كما في

برث أستراليا ٥٧ % سانديغو الشيلي ٧٠ % ، ويمتد موسم المطر في معظم المناطق ليبدأ في الخريف ويستمر طوال الشتاء وحتى أواخر الربيع ويستمر فصل الجفاف بين ٤ - ٦ أشهر عادة ، هذا وتتراوح كميات الأمطار المسجلة بين ١٠٠ وأكثر من ١٠٠٠ مم / سنة كما يلي :

القدس فلسطين المحتلة : ١٠٠ - ٤٠٠ مم / سنة تسقط خلال ٤٠ يوم

سانديغو الشيلي : ٢٠٠ - ٥٨٠ مم / سنة تسقط خلال ٩٠ يوم

أجاسيو كورسيكا : ٣٧٠ - ٩٨٥ مم / سنة تسقط خلال ١١٠ أيام

مرسيليا فرنسا : ٣٩٠ - ٨٠٠ مم / سنة تسقط خلال ١٢٠ يوم

روما إيطاليا : ٤٠٠ - ١٠٠٠ مم / سنة تسقط خلال ١٣٠ يوم

يكون متوسط عدد أيام الهطول حوالي ١٠٠ يوم في السنة وقد يقل عن ٤٠ يوم سنويا في المناطق الأشد جفافا ، ونادرا ما يزيد عدد أيام المطر عن ٢٠٠ يوم سنويا ، وتمتاز الهطولات والعواصف الرعدية بالهطل الشديد والغزير Averse الذي يتعدى أحيانا ١٠٠ مم / يوم واحد ، وقد سجل رقم قياسي في جبال البيرينيه محطة أرصاد جبل أكوال Mont aigua بلغ ٦٠٠ مم / ٢٤ ساعة ، ومن المؤلف

سقوط ٢٠٠ - ٣٠٠ مم خلال يوم عاصف واحد فوق السطوح الجبلية الشمالية التي تتلقى المنخفضات والعواصف الرعدية مع الرياح المساعدة الرطبة .

السطوع الشمسي : Insolation

يتعدى طول فترة السطوع السنوي ٢٥٠٠ ساعة ويصل ٣٠٠٠ ساعة سنويا في بيروت وحتى ٣٥٠٠ ساعة في كاليفورنيا .

النظام الحراري : Le regime thermique

يبدى هذا النظام تباينا واضحا بين فصل الشتاء البارد عامة وفصل الصيف الحار ، وتبقى درجات الحرارة المتوسطة لأبرد شهر في السنة فوق + ١٠ م باستثناء الجبال والقمم العالية التي تتعرض للصقيع منذ الخريف وحتى نهاية الربيع ، وتسبب خسائر فادحة للزراعات الجبلية ، ويمتد الصقيع أحيانا حتى حدود الصحراء جنوبا ، وتتعرض مدينة الاسكندرية المصرية لحدوث الصقيع من وقت لآخر ، بينما لا تنخفض الحرارة دون الصفر في جنوب إفريقيا وأستراليا ، وقد بلغ عدد أيام الصقيع في مدينة مونتيلييه الفرنسية ٣٠ - ٤٠ يوم / سنة وانخفضت درجات الحرارة حتى - ١٨ م ، ويسجل حدوث صقيع خفيف مرة واحدة كل عشر سنوات في إمارة موناكو ، ونتيجة ذلك يمتد فصل نمو النباتات بين ٨ - ١٠ أشهر إجمالا في غياب الصقيع في معظم المناطق الأخرى ، ونبين فيمايلي مخطط الحرارة والمطر في مدينة دمشق خلال القرن العشرين المنصرم :

يكون فصل الصيف حارا عامة وقد يصبح شديد الحرارة التي تتعدى أحيانا + ٤٠ م ، ولهذا يكون المدى الحراري واسعا مقارنة مع المناخ المعتدل المحيطي ، وتزداد قيم المدى تدريجيا اعتبارا من السواحل مرورا بالداخل وحتى الصحراء ، حيث وصلت كثيفة قصوى إلى ٤٠ وحتى ٤٥ م ، بينما كان المدى محدود ٢٢ م في مدينة حلب ولم يتعدى ١٣ م في بيروت ، تؤدي هذه الفروق الحرارية إلى زيادة التبخر عن الهطول وسيادة الجفاف عامة فقد سجل في الجزائر العاصمة سقوط ٦٩١ مم / سنة وتبخر ٩٤٢ مم / سنة و بينما لم يتجاوز الهطول الصيفي ٨٣ مم بين أيار وأيلول يقابله تبخر حوالي ٦٢٧ مم في نفس الفترة .

٣ - التباينات المحلية : Les variations regionales

تبدو السواحل الضيقة Frange littorales كما في كاليفورنيا والتشيلي ذات سمات مناخية بسيطة يتناوب خلالها الصيف الجاف مع الشتاء المعتدل الماطر والذي تتخلله موجات برودة متكررة ، والتي قد تسبب حدوث الصقيع الذي يزداد تأثيره مع البعد عن البحر ، ويبقى مناخ الساحل لطيفا ومعتدلا ، بينما يسود نظام حراري مختلف شديد التباين في الداخل ، وجفاف متزايد يرتبط ليس فقط بالمرتفعات تحت المدارية ، لكنه يتأثر بالتباين الحراري الاستثنائي في الغلاف الجوي ، والذي يشكل امتدادا طبيعيا للصحراء الساحلية المعتدلة ، تتراوح درجات الحرارة بين ١٠ - ١٥ م خلال الشتاء ، مع استمرار هبوب نسيم معتدل من البحار يحمل الرطوبة والجو المنعش ، وتزداد درجات الحرارة تدريجيا حتى ارتفاع ١٠٠٠ - ١٥٠٠ م ، لتشكل انقلابا حراريا يحد من حركة الهواء ويمنع وصول الغبار والدخان إلى الأعالي خاصة فوق المدن الكبيرة مثل لوس أنجلوس الأمريكية حيث يسود فوقها مناخ متوسطي حضري Urbaine وضباب شبه دائم يختلط مع الدخان Fog + Smok = Smog

المناخ المتوسطي الحقيقي : Le climat mediterraneen propre

وهو مناخ حوض البحر الأبيض المتوسط الذي شهد قيام حضارات تليدة في وادي النيل وبلاد الشام وما بين النهرين وكذلك الحضارة اليونانية والرومانية قبل الميلاد ، وكانت تعد مركز العالم القديم نظرا لتوسط هذا الحوض بين القارات الثلاث ، ويمكن تمييز عدة حالات أو مظاهر مناخية في المتوسط تجعله يمتلك خصائص فريدة دون المناطق المعتدلة والمدارية ، فهو بشكل صلة الوصل بينهما حيث يبدو مداريا في الصيف ويتأثر بالصحراء ، ويكون حارا إلى شديد الحرارة ، ويزداد تأثيره بالمناخ المعتدل شتاءا لتتخفض درجات الحرارة دون الصفر لفترات مختلفة ويحدث الصقيع حتى حدود الصحراء وتسقط الثلوج فوق المرتفعات ،

ومن أهم السمات التي ينفرد المناخ المتوسطي بها والتي تصادف في معظم أرجائه نذكر :
- مدى تأثير خط العرض والبعد عن المدار على هذا المناخ وتغيراته اليومية والفصلية .

- يخضع المتوسط لقنوم جبهات قطبية وتحت قطبية باردة تزداد فاعليتها اعتباراً من الخريف وصولاً إلى الشتاء والربيع .
- مدى تأثير الطبوغرافيا والميل والاتجاه والتضاريس وارتفاعها عن سطح البحر في تباين المناخ المتوسطي .
- أثر تداخل اليابسة والمياه ومناخات الجزر وأشباه الجزر المتوسطية مقصد السياح صيفاً وشتاءً .
- درجة حرارة مياه البحار الحارة والباردة والتيارات البحرية ونسيم البحر ملطف للجو ومعدل المناخ .
- طول فترة الجفاف الصيفي والتي تختلف من مكان لآخر وتمتد من ٢ - ٣ أشهر وحتى ١٠ أشهر / سنوياً .
- درجة التغييم وصفاء السماء والصحو السائد ودرجة الرؤية وتغير المناظر الخلابة والحياة مريحة .
- تباين كميات الهطول وشدة من مكان لآخر وقصر فصل المطر وأنواع الهطولات والثلوج فوق القمم .
- تأثير كافة عناصر المناخ السابقة على الحياة وخاصة الإنسان ونشاطاته مثل الزراعة والملاحة والسياحة .
- تم اعتبار مجال الانتشار الطبيعي لشجرة الزيتون الأوروبي الدليل الحيوي للمناخ المتوسطي وامتداداته .

مثال : الهطول المطري في جنوب فرنسا تحت المناخ المتوسطي يعادل ٥٠٠ مم / سنة بالمتوسط الحرارة المتوسطة السنوية في نفس المنطقة كانت بحدود تعادل ١٥ م مدة السطوع الشمسي المسجل فوق عدة محطات مناخية يتجاوز ٣٠٠٠ ساعة / سنة درجة الحرارة العظمى المتوسطة لأحر شهر في السنة تصل حتى ٣٠ م

يحاط حوض البحر الأبيض المتوسط بعدد من الجبال والسلاسل الجبلية مثل جبال الألب والبيرينييه الأوروبية وجبال الأطلن والريف المراكشي في المغرب العربي ، وهي حواجز طبيعية تعيق تقدم تأثير المناخ المتوسطي نحو الداخل سواء في أوروبا أو شمال إفريقيا ، كما تقف سلاسل جبال لبنان الغربية والشرقية والجبال الساحلية في بلاد الشام وجبال طوروس وزاغروس عائقاً أمام امتداد تأثير هذه المناخ نحو غربي آسيا ، ويسجل زيادة التباين الحراري وفرص تشكل الصقيع في أرجاء الجبال ، ومع ذلك يصل تأثير المناخ المتوسطي حتى شمال العراق حيث يسقط في الموصل التي تتعدى من فتحة إسكندرون ٣٧٧ مم / سنة مطر خلال سنة أشهر ، وحتى مدينة شيراز الإيرانية التي تتلقى ٣٨٣ مم / سنة من المطر خلال خمسة أشهر .

٤ - الجبال المتوسطية : Les montagnes mediterraneennes

- تمثل الجبال المتوسطية مناخات شديدة التنوع حسب الارتفاع والتعرض ومع ذلك تجمعها بعض الصفات المشتركة مقارنة بالسهول المجاورة والتي يمكن إيجازها بالآتي :
- تمتاز التلال المحيطة بالبحر بنسب رطوبة مرتفعة نتيجة تأثيرها بالمناخ المحيطي والرياح الغربية ، والأمطار الصيفية .
- الجفاف الصيفي الذي يصبح مطلقاً فوق المناطق القريبة من الصحراء والتلال خلف الجبال ورطوبة معتدلة بعد ذلك .
- احتمال حدوث عواصف رعدية صيفية من أن آخر قد تسبب سيولا وفيضانات محلية تتلاشى بسرعة وتصحو السماء .
- يؤدي تزايد الهطولات الشتوية والثلوج إلى تشكل النهار الدائمة مثل نهري بردى والأعوج ونهر العاصي وبعض الوديان التي تنتهي إلى الصحراء ، والينابيع والواحات مثل واحة تكمر وغوطة دمشق وهي أشهر واحات الشرق المأهولة منذ ما قبل التاريخ .
- ينمو نتيجة هذه المطار مراعي ريفية معروفة تسودها الأعشاب وتؤمن رعي القطعان لفترات متفاوتة من العام حتى الصحراء .
- وهكذا تبدو الجبال المتوسطية أكثر قرباً من الجبال المحيطية مع ملاحظة عدة فروق واضحة تتعلق بدرجات الميل والانحدار والتوجه و التي تؤدي إلى توزيع الطوايق البيومناخية Etage

bioclimatique وحدود الغابات وتنتشر أنواع الأشجار المثمرة والمحاصيل والخضار حسب احتياجاتها الحرارية والضوئية ، وتصل آثار المناخ المتوسطي إلى الجزيرة السورية وحتى جبال زاغروس الإيرانية ، وتلعب الهطولات الشتوية رغم ندرتها دورا حاسما في تزويد الواحات والمنخفضات والسهول بالمياه السطحية على شكل ينابيع والجوفية على شكل آبار دورا حيويا في استمرار الحياة والرعي وتأمين مياه الشرب للثمنان وحيواناته .

المناخات بين المدارية : Les climats intertropicales

تمتاز هذه المناخات ببعض الصفات الجوية التي تحدد سماتها العامة وهي : الدورة العامة للرياح والعوامل التي تتحكم بها ، وكمية ونوعية وتوزيع الهطولات حسب فصول السنة ، وكذلك الأعاصير المدارية Les cyclones tropicaux وتأثيرها في المناخ .

يكون المناخ المداري شديد الاضطراب خاصة على الواجهات الشرقية للقارات ، بينما يظهر التوزيع النطاقي اشد وضوحا غربا وحتى أواسط قارة إفريقيا ، ويتأرجح هذا المناخ حسب الفصول ويختل العرض بين المناطق الاستوائية والمدارية ، ويستمر تأثير المنخفضات الجوية على شريط ضيق بين الشمال والجنوب ، ويلاحظ تناوب الملغس الذي تسوده رياح تجارية صيفية مع المرتفعات الجوية تحت المدارية الشتوية واستمرار هبوب رياح شبه دائمة .

1- المناخات الاستوائية وتحت الاستوائية : Climats equatoriaux et sub equatoriaux

يصعب رسم حدود هذه المناخات على أرض الواقع ويمكن كما تشير المراجع اعتبار الهطولات الشهرية التي تتعدى ٦٠ مم دليلا على هذه المناخات ، في مناطق جغرافية محدودة جدا ، ويبدو عمليا من الأفضل اعتماد بعض المؤشرات Criteres المناخية مثل طول فصل الجفاف الذي لا يتجاوز ثلاثة أشهر عادة ، وانتظام درجات الحرارة Subegalite إضافة إلى المؤشر الجغرافي الحيوي الذي يظهر جليا على شكل سيادة الغابات المطرية الكثيفة ، وخير مثال على هذه الغابات حوض الأمازون وسواحل كولومبيا وغويانا وغينيا الجديدة وجزيرة سيلان وأواسط إفريقيا من الكونغو حتى الكاميرون ، مزورا بسواحل إفريقيا الغربية وصولا حتى خليج غينيا ، وهي جميعا تشكل حزاما ضيقا يمتد على جانبي خط الاستواء ، وخاصة شماله وهو يمتاز بالانتظام Uniforme طوال العام .

الضغط الجوي : Pression atmospherique

يبقى الضغط منخفضا باستمرار دون تسجيل تباينات تذكر ، مع ملاحظة انخفاض طفيف وسط النهار وارتفاع قليل بالي اليوم ، لذلك تكون الرياح نادرة الهبوب وضعيفة السرعة ، باستثناء تسييم البحر وتسييم اليابسة وتناوبهما الذي يجعل السواحل لطيفة مقارنة بالداخل ، ومع استمرار ضعف قوة كوريوليس قرب خط الاستواء فإن تسييم البحر يمتد فوق اليابسة حتى ٧٥ كم ويشكل اختلافا حراريا واضطرابا إضافيا يزيد من شدة الهطول .

- النظام الحراري : Le regime thermique

تبقى درجات الحرارة المتوسطة السنوية بحدود ٢٦ - ٢٧ م على السواحل كما داخل القارات ، ويبقى التباين والمدى الحراري اليومي محدودا جدا ، ويلاحظ ضعف التباين الفصلي بين درجات الحرارة المتوسطة الشهرية وقيمها المتطرفة لا يتعدى ٢ - ٣ م يعود هذا الانتظام الحراري إلى الإشعاع الشمسي المستمر طوال العام ، وتشييع الهواء الجوي ببخار الماء بشكل ثابت Constant مع تباينات حرارية يومية محدودة تحت تأثير الغيوم والضباب الدائم ، والذي ينقضع في الصباح ليعود سريعا للكثافة بعد الظهر ، ويبدأ الهطول ظهرا وحتى بعد الظهر ويستمر حتى بعد العصر على السواحل ، وهذا يؤدي إلى انخفاض عدد ساعات السطوع الشمسي إلى حوالي ٤٠٠٠ ساعة / سنة وينخفض إلى النصف على السواحل نتيجة التقييم مثال أبينجان ١٠٣٥ ساعة والكاميرون ١٠٠٠ ساعة وسواحل كولومبيا ١٢٠٠ ساعة كحد أقصى .

- الهطولات : Precipitation

يكون الهطول دائما وغزيرا Abondant يسقط على شكل زخات Averse عاصفة وقوية ، وتزيد كمياته عن ١٠٥ م / سنة وتصل إلى ٢ م / سنة أحيانا ، ويسجل اعلا هطول على سواحل الغابون والكاميرون وغويانا ، كما يتجاوز الهطل في الداخل هذه الكميات مثل حوض الأمازون ، ويكون عدد

أيام المطر مرتفعا جدا قد يصل إلى ٣٠٠ يوم / سنة في كولومبيا وحوالي ٢٥٠ يوم / سنة في البرازيل ، بينما يبقى عدد أيام الهطل في معظم المناطق بين ١٥٠ و ٢٠٠ يوم / سنة .

نقل كميات الهطول السنوي عن ١٠٠٠ مم / سنة في بعض المرتفعات الجافة مثل غينيا وتوغو ، ولا يتجاوز عدد أيام المطر ٥٠ - ١٠٠ يوم / سنة مع انخفاض درجات الحرارة حتى ٢٠ م في الخريف ونشاط الرياح المحيطية المحملة بالأمطار الغزيرة .

وقد تصل كمية المطر السنوية إلى ٤ - ٥ م في المناطق المعرضة لنسيم البحر باستمرار مثل غينيا الجديدة وجزر مارشال ، أما في كولومبيا فقد سجلت أعلا كميات هطول وصلت ٩ - ١٠ م / سنة و هي تسبب أضرارا هائلة بالزراعة والمواصلات والسكن ، ويمتاز النظام المطري بفترات جفاف أو ندرة المطر تسجل خلالها هطولات خفيفة ، ويعود ذلك نتيجة هبوب رياح استوائية تجاه المدارين ، ولا يكون هذه الجفاف كاملا أو طويلا إلا نادرا ، وغالبا ما يسجل فصلا جفاف سنويا في نهاية الصيف قن نهاية الربيع .

تعد هذه المناخات شديدة الرطوبة Surhumide وخاصة بغياب أي فصل جفاف كامل ، وتصبح عناصر المناخ بها فيها الرطوبة لا تطاق بالنسبة للإنسان سواء من حيث الإشباع وفوق الإشباع المستمر الذي يسبب هطولات عاصفة شبه يومية ، مع استمرار درجات الحرارة ثابتة تقريبا ، وبالتالي من الصعب جدا على بني البشر تحمل هذا المناخ باستمرار .

٢ - المناخات المدارية : Les climats tropicaux

يكون صيف المناطق المدارية عامة ماطرا ورطبا بينما يصبح الشتاء جافا ويستمر لفترات أطول منه في المناخات السابقة ، ويحتل مكانة وسطا بين المناخ الصحراوي التقليدي والمناخ الاستوائي ، لذلك تبقى حدوده انتقالية غير واضحة المعالم ، ويمتد طول الشتاء حتى ثلاثة أشهر عادة تكون متتالية بسودها الجفاف الشديد مقارنة بالمناخ الاستوائي قليل أو محدود الجفاف ، كما يسجل مرور ثلاثة أشهر صيفية ماطرة لا تجد مثيلاتها في المناخ الصحراوي .

تنمو الغابات المتفرقة وتزداد كثافة مع تزايد الهطل ، بينما تزدهر السافانا الشجرية وتتحمل أشجارها الجفاف كما تسقط أوراقها في فصل الجفاف في الوسط والسافانا العشبية في المناطق الأقل هطولا ، تنتهي تدريجيا إلى غطاء نباتي جفافي مع أنجم وشجيرات شبه صحراوية ، وتسود شمالها الحمادة والبادي والمراعي الصحراوية ، يسود هذا المناخ فوق معظم المناطق المدارية باستثناء السواحل البحرية ويبدو أثره واضحا في دول جنوب شرق آسيا ، وغربي إفريقيا حيث تحده الصحراء الكبرى من الشمال .

هذا وتعد المناطق التي تتلقى ٢٥٠ مم / سنة على شكل أمطار صيفية مناطق مدارية ويفصله عن جوارها خط تساوي الهطول ٢٥٠ ، أما من الناحية الزراعية فتشكل حدود انتشار زراعة الدخن Mil المدى الطبيعي الحيوي للمناخ المداري ، وهي تتماشى مع خط العرض ١٦° شمالا بمحاذاة نهر السنغال في إفريقيا ، ويبقى هذا النظام المناخي بسيطا جدا بوجود فصل جفاف شديد يستمر شتاء لعدة أشهر ، وفصل صيف رطب ماطر مع اختلاف طول كلا الفصلين حسب خط العرض كما هو مبين في بعض محطات غرب إفريقيا :

المحطة المناخية وخط العرض فترة الجفاف شهر / سنة الهطول مم / سنة الرطوبة النسبية % المدى الحراري م

٨٥	٢١٤٤	٥	٠٥	أبيدجان
٣٠٨				
٦٨	١٦٠٠	٣	١٠	آدوين
٤				
٤٩	٨٨٠	٥	١٢	وغادوغو
٧				
٤٤	٥٥٠	٨	١٤	ماليبتي
١٠				

يسمى فصل الصيف الإفريقي تشتية hivernage تسبب سقوط المطر خلاله ، ويبدأ عادة من شهر أيار حتى تشرين الأول ويشبه نظام الهطول الاستوائي ، حيث تكون الحرارة معتدلة نسبيا والمدى الحراري ضعيف ، مع سقوط زخات قوية وقصيرة وتنتج عن عواصف رعدية تترافق مع هبوب رياح شرقية واضطراب جوي متباين العمق والشدة ويستمر من عدة ساعات حتى عدة أيام ، ويلاحظ تباين هائل في كميات الهطول من عام لآخر والتي تختلف من ٥٠ مم إلى ١٥٠٠ مم / سنة كما في شمال البرازيل وتصل درجات الحرارة المتوسطة لشهر أيار بين ٢٥ - ٣٠ م ويراوح المدى الحراري بين ٥ - ٤٥ م وقد يتجاوز ذلك أحيانا .

هذا ويبدو الشتاء أكثر وضوحا nuance ويدع فصل الرياح التجارية التي تهب من الشرق مثل رياح harmatan غربي إفريقيا ، وتساعد هذه الرياح على زيادة التبخر الذي يؤدي إلى جفاف شديد وسريع ، وقد تخلق فصل الشتاء هطولات متفرقة ووصول بقايا رياح قطبية من حين لآخر ، وتبدأ العواصف الرعدية مع نهاية الشتاء وتزيد تدريجيا مع اقتراب موسم المطر وخاصة على السواحل الكثر رطوبة ، مع ملاحظة تزايد التباين الحراري والمطري داخل القارات القارية واليومي ، ويمتاز المناخ المداري بالتطبيق حسب خطوط العرض وصولا إلى الصحراء الحارة ويزداد هذا التطبيق وضوحا وسط وغرب إفريقيا وصولا إلى الصحراء الكبرى ، هذا ويمكن تمييز الأحزمة التالية :
مناخ مداري نصف رطب سوداني غيني : وهو يمتد من غينيا حتى الكونغو ويغطى وسط إفريقيا من أنغولا حتى ملجاليقا .

مناخ قاري جاف ساحلي سوداني : يقع شمال السابق ويشمل جنوب كل من مالي وبوركينا فاسو ونيجر ونيجيريا
مناخ قاري نصف جاف ساحلي صحراوي : يصل حتى حدود الصحراء الكبرى شمال ووسط هذه البلاد .

ويلاحظ نفس التوزيع شمال أستراليا وعلى حدود الأمازون جنوب البرازيل .
ويسيطر على معظم السواحل مناخ معتدل حيث تبلغ درجة الحرارة المتوسطة السنوية بحدود ٢٥ م في دكاكر عاصمة ساحل العاج وتخضع مثل هذه السواحل لهبوب رياح تجارية قارية ، بينما يسجل هبوب رياح تجارية بحرية رطبة على السواحل الشرقية عامة

٣ - مناخات الرياح التجارية : les climats d alize

تسود المناخات المدارية عامة فوق القارات والسواحل الغربية ، بينما تخضع الجزر والواجهات الشرقية للقارات لمناخ الرياح التجارية ، تقطع هذه الرياح مسافات طويلة فوق المياه لتصبح قريبة من درجة التشبع ، وتبقى مستقرة طالما كانت لا تتعدى سماكة محدودة ، وترتفع هذه التيارات كلما واجهت عوائق طبوغرافية تعترض طريقها ، ويحدث نتيجة ذلك اضطرابات مختلفة تزداد فرص تكرارها في الصيف ، بينما تقل في الشتاء نتيجة ملاقاتها لبعض الرياح الباردة القطبية خاصة في نصف الكرة الجنوبي ، يؤدي مرور هذه الرياح إلى هطول أمطار خفيفة منتظمة فوق المحيطات بينما يزداد الهطول شدة فوق الجزر وعلى طول السواحل التي تصلها بسبب رطوبتها العالية وحتى فوق الإشباع أحيانا .

ويلاحظ اختلاف شديد في تأثيرها على السواحل المعرض لهبوبها au vent التي تتلقى هطولا قويا ومستمر أحيانا ، وبين الشواطئ المحمية بعيدا عن تأثير هذه الرياح sous le vent والتي تشهد هدوءا واستقرارا subsident ومناخا أكثر جفافا واشد حرارة ، مثال : تتلقى جزر هاواي حتى ١٢ م / سنة من المطر على السواحل الشمالية المعرضة للرياح مقابل ٥٠٠ مم / سنة على السواحل الجنوبية الغربية المحمية ، ولا تبعد الأولى عن الثانية سوى عدة كيلومترات ، كما يكون الاختلاف واضحا وشديدا أحيانا حسب فصول السنة وسرعة الرياح مثال : يتلقى الساحل الشرقي لهاييتي ٣٠٥ مم / سنة تسقط خلال ٢٠٠ يوم وفي الجهة المقابلة من الجزيرة لا يتجاوز الهطول ثلث هذه الكمية تقريبا ويصل ١٤١٠ مم تسقط خلال ١٢٠ يوم فقط ، أما في جزيرة الاتحاد Reunion فقد سجل هطول ٣٣٥٠ مم خلال

٢١٢ يوم فوق السواحل المعرضة ، و ٦٥٠ مم في ٥٧ يوم فقط فوق السواحل المحمية ، أما في الجزر الصغيرة فيكاد يكون المطر مستمرا طوال العام مع ملاحظة تناقصه شتاءا .
يصل التباين الحراري بين السواحل المعرضة وغير المعرضة إلى ٢ م فقط ، لأن الرياح التجارية البحرية الرطبة تهب بانتظام وتعطي مناخا رطبا وباردا ومنتظما ، بينما تكون الرياح القارية جافة تسبب التصحر أحيانا والجفاف في معظم المناطق التي تصل إليها ، كما هو الحال في جزر كناري وجزر الرأس الأخضر .

أما الرياح التجارية البحرية النموذجية فهي تهب من أواسط وغرب المحيطات وتصيب جزر المحيط الهادي والبحر الكاريبي والمحيط الهندي ، وتصل على طول الواجهات الشرقية لإفريقيا وجنوب شرق البرازيل وأمريكا الوسطى ، والتي قد تشهد بعض الأعاصير المدمرة سنويا ، بينما تبقى السواحل والجزر غير المعرضة في مأمن من خطر تأثير هذه الأعاصير التي تسبب الكوارث المادية والبشرية إضافة لبعض المنخفضات المدارية التي تسبب الفيضانات في جنوب شرق آسيا مثل بنغلادش .
تسجل تعقيدات كثيرة في النظام المطري تحت تأثير هذا المناخ ويكون الهطول كبيرا في الشتاء وكافيا في الفصل المعتدل كما في الفلبين و يبقى الهطول الصيفي سائدا رغم بطء سرعة الرياح بسبب هبوبها لتشمل مساحات شاسعة التي تسهل حركة الحمل ، وتكون شدة المنخفضات الشرقية مميزة و تسجل زيادة تواتر مرور الاضطراب المداري والأعاصير المسؤولة عن الهطول العاصف وحدوث السيول الجارفة المدمرة .

ويساهم كل من نسيم البحر ونسيم الجبل في بداية تشكل العواصف الرعدية وسقوط أمطار شبه دائمة ، كما يؤدي وصول الرياح القطبية إلى انخفاض الحرارة في جزر الأنتيل وسواحل المكسيك والبرازيل ، ويصعب في بعض المناطق الفصل بين تناوب المناخ المداري ومناخ الأليزيه التي تمتاز بالهطول الشديد ، ودون وجود فصل جفاف حقيقي مقارنة بالمناخ المداري ، ويقارب النظام الحراري النظام المداري مع تسجيل تباين فصلي طفيف ، ويبقى النظام المطري غير المنتظم مع أمطار ليلية غزيرة يشجع هطولها نسيم اليابسة السمة الخاصة بهذا المناخ .
والخلاصة :

تجعل الحرارة المنتظمة شبه الثابتة تقريبا مع استمرار هبوب نسيم البحر وانتظام الهطول طوال العام وتؤدي إلى حالة من الاستقرار والهدوء تبدو ذات تأثير هائل في حياة الإنسان وخاصة فوق المساحات الضيقة على امتداد السواحل والجزر المتفرقة ، كما تساعد الرياح السائدة والمستمرة معتدلة السرعة في تسهيل الملاحة البحرية التي شهدتها هذه الشواطئ منذ فجر التاريخ ، وقد عاشت قبائل السكان المحليين بأمان في هذه الأرجاء مترامية الأطراف ، كما وجد المستكشفون الجنة المفقودة من حيث اعتدال المناخ ووفرة النبات وانتشار الزراعات المدارية والمحاصيل الصناعية مثل قصب السكر والشاي والقهوة والمطاط والكاكاو وغيرها ، وذلك مقارنة بالمناخ الاستوائي غير المناسب لتل ما تقدم .
وتبقى هذه الأراضي معرضة للأعاصير المدمرة التي تسبب دائما الفيضانات وانجراف التربة وإزالة قرى بكاملها وأبلغ مثال على ذلك فيضان سونامي . sounamى الذي ضرب الفلبين ولو أن أصله يعود إلى زلازل شديدة تحت سطح البحر .

مناخات الجبال : Les climats de montagnes

تبقى مناخات أعلى الجبال عصية على التحليل والدراسة التفصيلية ، وذلك رغم التقدم العلمي في مجال الدراسات المناخية التفصيلية ، وبما أنه لا يمكن اعتبار هذه الجبال جزرا معزولة مرتفعة عما حولها ، بل لا بد من أخذ مساحاتها واتجاهها وموقعها الجغرافي بعين الاعتبار والتي تؤثر مجتمعة أو منفردة على درجات الحرارة وقيم الضغط الجوي وشدة الإشعاع الشمسي ، وذلك بما يشبه هذه التغيرات مع درجة عرض المكان .

يسجل في جبال الأنديز الأمريكية الجنوبية تزايد الهطول مع الارتفاع حتى حد معين ، وذلك اعتبارا من سهل الأمازون ' كما يلاحظ سيادة الغابات الاستوائية لتحل مكانها تدرجيا غابات استوائية جبلية ، لا يلبث أن يبدأ عدد أنواعها بالتناقص تدريجيا مع الارتفاع ، لينعدم فوق خط انتشار الغابات حيث تسود غيوم منخفضة دائمة تعطي رطوبة عالية مستمرة تساعد بدورها على نمو الطحالب وبغارة على

الصخور وسوق الأشجار المتفرقة وتسمى غابة الطحالب *Foret de mousse* نظرا لغزارتها وسيادتها ،

مختلطة مع الأشبن *Lichen* ، لتسود مناطق تتناقص رطوبتها تدريجيا مع قلة المطر وصولا إلى الحزام الجاف *Aride* عند حوالي ٤٠٠٠ م .

ويكون متوسط الهطول في هضاب بيرو وبوليفيا حوالي ٥٠٠ مم / سنة ، ويشبه هذا الجفاف مثيله الذي يصادف في الجبال الاستوائية في كينيا مثلا ، حيث يسقط على السفوح المعرضة للرياح حوالي ٢٠٠٠ مم / سنة ، ويتناقص الهطول على ارتفاع ٥٢٠٠ م ليصل ٧٥٠ مم / سنة ، ويكون التناقص أكثر وضوحا وشدة في جبل كلمنجارو *Kilimanjaro* بين ارتفاعي ٣٠٠٠ و ٤٠٠٠ م ليصل من ١٨٠٠ إلى ٢٠٠ مم / سنة فقط ، ويصبح الجفاف حقيقيا في القمم على ارتفاع ٥٩٠٠ م .

ويبقى الهطول غزيرا فوق جبال غينيا الجديدة كما يصل ٣٠٠٠ مم / سنة على ارتفاع ٣٥٠٠ م في جبال رواندا والكاميرون ، وذلك رغم تأثرها بفصلي هطول وفصلي جفاف سنويا تحت تأثيرات المناخ المداري .

ويبقى النظام الحراري عامة أكثر انتظاما وتطبقا منه في السهول المجاورة ، مع وجود تباينات فصلية واضحة ، بينما لا يسجل اختلاف يذكر بين حرارة الصيف والشتاء في بعض محطات الهضاب المجاورة ، يستمر الانخفاض التدريجي للحرارة مع تزايد الارتفاع عن سطح البحر ، وصولا إلى طوابق بيومناخية جبلية حقيقية يسجل فيها الجليد والتجمد الذي يتكرر كل ليلة ، مروراً بمناطق الثلوج المؤقتة *Occasionelle* والتي تتعرض لظاهرة التسلمي *Sublimation* والتحول من حالة التجمد إلى بخار ماء أكثر من تعرضه للذوبان .

وقد سجلت فروق حرارية واضحة بين مناطق ذات ارتفاع واحد في عدة جبال ، مثال تمتاز جبال كينيا وكلمنجارو ببرودة نسبية عالية مع استمرار الثلوج الدائمة والجليديات *Glaciaire* بعد ارتفاع ٤٢٠٠ م ، حيث لا تتجاوز الحرارة المتوسطة السنوية في كينيا عن ١ م وتزيد عن ذلك قليلا فوق قمم كلمنجارو وفيما يلي مقارنة بين بعض القمم الجبلية في العالم :

الجبل	الحرارة المتوسطة السنوية م
كينيا	١٠,٩
كلمنجارو	١
غينيا الجديدة	٤,٦
هيمالايا	٥
بوليفيا	٩
جبل ألتو	١٦

ويكون تدرج *Gradient* التزايد الحراري بحدود ٠,٤ م لكل ١٠٠ م ارتفاع ، ويختلف كثيرا عن التزايد في الغلاف الجوي والهواء الطلق ويعود ذلك لشدة الإشعاع الشمسي وصفاء الجو ، ويلاحظ تزايد المدى الحراري اليومي مقارنة بالمناطق المعتدلة

المنطقة	الارتفاع م	المدى الحراري م
غينيا الجديدة	٤٣٠٠	١٣,٤
غينيا (هضاب)	٣٥٠٠	٧,٧
كينيا (هضاب)	٣٠٠٠	١٤,٤
كينيا (جبال)	٤٢٠٠	٨,٩
كينيا (قمم)	٤٨٠٠	٥,١

وتبقى درجات الحرارة في معظم هذه الجبال معتدلة فيختلف المدى الحراري حسب الارتفاع كما يلي :

المحطة	المدى الحراري
كينيو	صفر إلى + ٣٠ م
بوغوتا	٤,٥ إلى + ٢٣ م
كينيا + ٣٠٠٠ م	- ٢ إلى + ١٩,٥ م

كينيا + ٤٨٠٠ م - ٨ إلى ٥ م
غينيا الجديدة ٥٠ إلى ١٥ م

ونتيجة استمرار هذا الطقس الفريد فقد اعتاد السكان المحليون على توريد المثل القائل يمر فصل الصيف كل نهار وفصل الشتاء كل ليل ، وهذا يدل على مناخ معتدل كاشب Pseudo وفصاحاته غير المتوقعة في المناطق الجبلية الاستوائية العالية ، يبدو هذا الأمر واضحاً جداً في جبال الأنديز حيث يختلط المناخ المداري مع المناخ الاستوائي ويشهد تلاحقهما تغيراً انتقالياً بطيئاً ، يشبه الحالة الانتقالية بين الجبال المتوسطية التي تكاد تلاقي المناخات الصحراوية المجاورة التي تختلف اختلافاً كلياً عن مناخ هذه الجبال ، وتشكل المرتفعات الجبلية واحات خضراء Osis رطبة وشجراء ، مثل الانتقال بين جبال إثيوبيا تجاه جنوب السودان وحتى الصحراء الحقيقية ، وكذلك الجزء المحمي في جبال وتلال المكسيك التي تحاكي الصحراء .

كما يسجل تباين واضح حسب التوجه Orientation حيث يتقلص تأثير الرياح التجارية تدريجياً كلما ابتعدنا عن البحر مثل جبال كينيا التي تتلقى ٢ م من المطر بالمتوسط بينما لا يزيد الهطول عن ٢٥٠ مم عند ارتفاع ٢٥٠٠ م على السفوح المحمية من تأثير الرياح وتلاحظ نفس الظاهرة في جبال الفلبين ، هذا ويسجل تقلص منظم Hierarchie مع الارتفاع اعتباراً من القمم ومناطق الثلوج الدائمة ، ويسود مناخ أعالي الجبال أحياناً فوق بعض الهضاب التي لا يتعدى ارتفاعها ٢٠٠٠ م ومع بقاء الحرارة معتدلة مثل هضاب أولندا وكينيا التي تنتشر فيها زراعة المحاصيل المعتدلة مثل القمح والشعير والشوفان وتمتاز بفصل جفاف واحد وطويل مع طقس معتدل .

وبالنسبة يشبه مناخ الجبال المدارية بعض خصائص المنحدرات والهضاب المعتدلة ، مع تسجيل إنقلاب حراري في الوديان واستمرار هبوب نسيم الوادي ونسيم الجبل ، ووجود مناطق محمية مع التأكيد على ضعف وقلة التباين بين المنحدرات وذلك حسب الميل والانحدار والاتجاه والتي تتباين حسب الفصول تحت تأثير الأشعة شبه العمودية وميل الأشعة الظاهري وتغيراته الفصلية .

واجهات القارات الشرقية : Les facies est des continents Moussion asiatique

تخضع الواجهات الشرقية للقارات لتأثير المناخ المداري بشكل عام والمناخ تحت المداري أيضاً بينما لا تتأثر بالمناخ المتوسطي والمناخ الصحراوي ، يمتاز فصل الصيف هنا بارتفاع الحرارة ونسب الرطوبة ، بينما يكون فصل الشتاء غير متجانس ماطر رطب أو جاف أحياناً ، وتعود حالات استقرار طويلة التأثير ، وقد شهدت هذه الواجهات تراجع ثم اختفاء الغطاء النباتي منذ العصر الجليدي ، وصل هذه التراجع حتى وسط وغربي القارات ، بينما بقي أكثر تنوعاً شرقاً ، مع غياب تام لكافة الصحاري ، تسبب على هذه الواجهات مرتفعات تحت مدارية ينتج عنها وجود مدى حراري واسع ، كما تهب الرياح المدارية الرطبة في الصيف وقد يمتد تأثيرها حتى المناطق المعتدلة أحياناً ، مثل شمال اليابان عند خط العرض ٤٠ ° تكون هذه الرياح محملة بالحرارة والمطر الغزير أحياناً ، ويشهد فصل الشتاء هبوب رياح قطبية تنجح نحو المدار وتسبب أثناء مرورها تبايناً حرارياً شديداً . ويمكن تمييز عدة أشكال ونظم من الرياح الموسمية :

١ - نظام جنوب شرق آسيا : Le regime d'Asie du sud est

عرف الملاحون العرب والأوروبيون نظام الرياح منذ أقدم العصور على طول سواحل إفريقيا ، كما استخدم الملاحون الأوروبيون على سواحل الهند وبحر الصين بتغيرات الطقس المفاجئة ، رغم هبوب رياح قارية سطحية منتظمة خلال فصل الشتاء تسبب الجفاف الدائم والبرد غالباً ، تسمى نفحات آسيا L'Asie souffle أو الرياح الموسمية الشرقية Mousson d'hiver بينما يشهد فصل الصيف العكس تماماً ويمتاز بهبوب رياح بحرية سائدة تكون حارة ورطبة ، تغزو قارة آسيا وتسمى الرياح الموسمية الصيفية Mousson d'été أو شهيق آسيا L'Asie aspire .

وكان هالي Halley قد وضع منذ ١٦٩٦ نظرية تفسر أصل هذه الرياح والتي تعتمد على برودة القارة شتاءً وسيادة مرتفعات جوية فوقها ، ترسل هبات جافة نحو البحر الحار فيرتفع الهواء فوقه ،

وبالعكس يحدث تسخين اليابسة لتصبح مجال جذب الهواء البحري *Aspiration* ، وهذه الحالة التي وصفها هالي تفسر أسباب هبوب هذين النوعين المتعاكسين من الرياح .
ويبقى الانتقال الشاذ للهواء المداري حسب خطوط العرض العامل الأهم في تحديد المناخ ، اعتباراً من خط العرض ١٠° جنوباً حيث ترتفع الحرارة حتى خط العرض 30° صيفاً ، بينما يمتد الشتاء حتى المدار ، وهنا تلعب جبال هيمالايا ومرتفعات آسيا الوسطى دوراً هاماً في تأخير الصيف ودفعه تحت تأثير الرياح الغربية نحو شمال الجبال ، بينما تسمح بوصول الهواء الاستوائي حتى باقي أجزاء القارة ، فتعزل شبه القارة الهندية الحارة عن باقي قارة آسيا ، وتؤدي بالتالي إلى تباين ملحوظ في شدة الرياح وسرعتها ومدة هبوبها ومدى تأثيرها من مكان لآخر .

٢ - الرياح الموسمية اليابانية : *La mousson japonaise*

يتطابق نظام هبوب هذه الرياح مع نظرية هالي وتسجل سيادة المرتفعات الغربية السيبيرية مروراً فوق شرقي آسيا اعتباراً من مستوى سطح الأرض وحتى ارتفاع ٢٠٠٠ م ، ويندفع الهواء القطبي وتحت القطبي شديد البرودة والجفاف نحو الجنوب الشرقي ليجتاح شمال الصين ومنشوريا وشرق روسيا وجزر كوريل ، لهذا تبقى حرارة كانون الثاني سالبة دوماً ، وتنفذ هبات الرياح القارية الباردة على دفعات لتصل إلى اليابان بعد عبور بحر اليابان ، وتسخن تدريجياً وتزداد رطوبة ، وتؤدي في النهاية إلى هطولات هامة على السفوح المواجهة لهبوبها ، بينما ينذر الهطول على السفوح الجنوبية المحمية ، كما تغطي الثلوج أعالي الجبال ويسجل هطول مميز شتوي نتيجة مرور المنخفضات الغربية على جانب المرتفع السيبيري الذي يمتاز بالاستقرار وفندرة المطر .

هذا ويسيطر مرتفع تحت مداري على اليابان ومعظم الصين تحمله الرياح التجارية الجنوبية الشرقية المنتظمة ، ويسبب هطولات مثالية تصبح متقطعة وأقل شدة فوق القارة ، وبالنتيجة تخضع القارة لنظام معتدل جاف مع صيف حار وماطر يقابله شتاء بارد ، بينما تسقط بعض الأمطار الشتوية فوق اليابان تميز مناخها عن باقي جنوب شرق آسيا ، وفيه تصل درجات الحرارة جنوب الجزر اليابانية حتى مثيلاتها في المناطق الاستوائية ، وهذا الارتفاع غير مألوف في أرجاء آسيا .

٣ - رياح الهند الصينية الموسمية : *Lamousson indochinoise*

تهب هذه الرياح على إندونيسيا وجنوب الصين ويلاحظ هبوب رياح غربية تدفعها الجبهات السيبيرية الباردة ، ويتناقص هذا الهبوب كلما اتجهنا جنوباً بحيث لا يتعدى تأثيره خط العرض ٢٠° ، تؤدي هذه الجبهة إلى هطل شتوي وفير رغم تنامي الموجات شديدة الحرارة بالتبادل مع موجات شديدة البرودة أحياناً ، كما يسجل نشوء أعاصير متأخرة جنوب خط العرض المذكور ، وقد يكون الشتاء جافاً وشديد الجفاف أحياناً في بعض المناطق .

وتهب سمات خفيفة جنوبية المنشأ يدفعها المرتفع الجوي الأسترالي تكون قليلة العمق والماكة والتأثير ، يسيطر طقس صاف ، يصبح تدريجياً حاراً وثقيلاً تليه هطولات غزيرة خاصة فوق الوديان والتلال الباردة ، وذلك تحت تأثير الاضطراب الشرقي والمنخفضات المدارية المثالية .

٤ - الرياح الموسمية الهندية : *La mousson indienne*

تختلف هذه الرياح كلياً عن سابقتها حيث تدفع جبال هيمالايا الرياح الشمالية السيبيرية باتجاه شبه القارة الهندية لتصل معتدلة الحرارة وجافة هامة ، كما تحمل الرياح الغربية بقايا المنخفضات والرياح المتوسطية المتلاشية لتصل حتى سهل الغانج ، ويسجل تشكل منخفضات مثالية على طول سلسلة الهيمالايا ، والتي تتأثر بالتيار النفاث المعتدل الذي يمر عادة جنوباً ، لتعطي هطولات تتناقص باتجاه الشرق ، كما تهب على أنحاء أخرى من الهند رياح شرقية وشمالية شرقية ضعيفة وجافة قارية المنشأ تشبه الرياح التجارية الشمالية ، وهي أعلا حرارة ، هذا ويسود تدريجاً باتجاه الجنوب المناخ الاستوائي مع هبوب رياح شرقية تقليدية سائدة ،

ويصبح الشتاء صحواً وجافاً وتزداد الحرارة تدريجياً حتى نهاية الربيع ، بينما يصبح الجو شديد الحرارة في شهر أيار ويصل حده الأعظمي في حزيران مع سيادة الجفاف بدرجات متفاوتة .

وتهب الرياح الموسمية الصيفية نتيجة حركة الرياح القادمة من الجبال العالية فوق ٧ آلاف متر لتصل حتى العروض المتوسط في أواسط آسيا ، وينتج عن ذلك تعاضد هبوب الرياح الصيفية والخفاض الحرارة تدريجيا ، تتحول الرياح الغربية تدريجيا نحو الشمال ثم الغرب فوق وادي الغانج جنوب هيمالايا .

تمتد الهطولات تدريجيا ليصل بعضها حتى أفغانستان وإيران أحيانا وهي تعاكس الرياح الصحراوية الجافة القادمة من الجزيرة العربية وحتى صحاري آسيا الوسطى مثل صحراء تار Thar شديدة الحرارة والجفاف .

ويكون تأثير ارتفاع واتجاه التضاريس شديدا في نشأة وحركة ومصير هذه الرياح ، ويسجل عدم انتظام التيار الموسمي من عام لآخر ، مع وجود مناطق محمية ويسجل فصول جفاف شديد استثنائية بعيدا عن تأثير البحار ، بينما يساعد خليج البنغال على زيادة الرطوبة والهطولات حولته وتبقى جبال هيمالايا الحاجز المنيع بوجه الرياح والمنخفضات العالمية ، فتسقط الأمطار الشتوية غربها مع مناخ معتدل إجمالا ، والأمطار الصيفية في المرتفعات وتبقى الوديان المحيطة محمية ونصف صحراوية وتتطلب الزراعة توفر مياه الري حتماً وتساعد الثلوج على تغذية النهار والوديان التي تؤمن سقاية المحاصيل في السهول المجاورة الخصبة ، ويستمر هطل الثلج طويلا ويصل إلى سماكات قياسية في الوديان العالية ومناطق الثلوج الدائمة ، وتهب نحو وسط وشرقي هيمالايا رياح موسمية صيفية قوية و يلاحظ تناقص الهطول بسرعة من الجنوب نحو الشمال ، وتصبح هضبة التبت جافة ومحمية بينما تبقى السفوح الجنوبية ماطرة ، ويمود شتاء جاف نسبيا مع هطولات خفيفة ، وتبقى الرطوبة فوق الهضبة بدرجات متفاوتة حسب التوجه والميل والانحدار .

تعود صعوبة تعلق قمم هيمالايا إلى برودة الشتاء الطويل وقصر فصل الصيف ، وحدثت عواصف رعدية متكررة تجعل الوصول إلى القمم مستحيلا ، بينما أمكن تسلق جبل قرقورم Karakoram عدة مرات بسهولة ، وتمت دراسته الطبوغرافية والنباتية بدقة ورسم الخرائط حسب الواقع .

تتشترك كافة مناخات الرياح الموسمية بتباين بين الشتاء والصيف عامة ، فبينما تهب الرياح الموسمية الاستوائية الرطبة صيفا وتصل إلى المناطق المعتدلة وحتى شمال اليابان مع انها قليلة العمق لكنها مستمرة طوال الفصل ، وهي لا تعطي أمطارا عمومية استوائية بكل معنى الكلمة ، بينما يزداد الهطل نتيجة تشكل الجبهات أو اضطراب الناتج عن هبوب رياح غربية مسئلة لتختلف شدة وفاعلية الطقس من عام لآخر ، ويصبح معدل الهطول متباينا حسب طول أو قصر فترة هبوب الرياح التي تبلغ أربعة أشهر في البنجاب منها ٥٠ يوم مطر ، و٤٥، ٤ أشهر في بومباي و ٦ أشهر في كالكوفا ومدراس لتصل ٧ - ٨ أشهر في مايبون فينتنام مع ١٥٠ يوم مطر / سنة .

أما أمطار الشتاء فتكون نادرة عادة وغير منتظمة الهطول ما عدا اليابان ، وتغيب الأمطار الشتوية غايبا تماما فوق معظم أراضي الهند ، وبرماتيا ونيبالند وحتى أجزاء هامة من الصين ، وتنتج هذه الأمطار عن اضطرابات جوية قادمة من المناطق المعتدلة وكما نترافق مع موجات باردة ، ويبدو ذلك واضحا فوق اليابان وجزء من الهند حيث يسجل تباين ومدى حراري واسع مثال :

المحطة	المدى الحراري
نيودلهي	صفر إلى ٤٦ م°
لاهور	- ٢ إلى ٤٧ م°
هونكونغ	صفر إلى ٣٨ م°
شلغهاي	- ١٢ إلى ٤٠ م°
هيروشيما	- ٨ إلى ٣٨ م°

وتبقى أمطار الشتاء أضعف بكثير من أمطار الرياح الموسمية الصيفية عامة ، وقد تمتد لفترات متباعدة تصل حتى فصل الربيع مع سيادة الجفاف النسبي الشتوي في معظم المناطق و وحدثت بعض العواصف والأمطار المتفرقة تحت تأثير الجبال والهضاب التي تحد من هذا النظام نتيجة استمرار البرودة الشديدة والثلوج الدائمة من جهة ، وصولا إلى الصحاري الباردة في أواسط آسيا مثل صحراء غربي Goubi غربي الصين ، وصولا على تركمانستان وإيران .

٢ - الواجهات الشرقية الخرى : Les autres facades orientales

تتمثل هذه الواجهات في سواحل شرقي إفريقيا وتمتاز بمدى حراري فصلي يصل حتى ٣٠ م نتيجة تلاقي الرياح التجارية مع غياب شبه كامل لتأثير الرياح الشتوية الباردة ، واستمرار سيادة الرياح الأسترالية التي تهب عمودية على طول الساحل الشرقي ، لتتجه أحيانا نحو الشمال بموازاة الشواطئ ، وهنا تساهم التضاريس في فاعلية جوية وهطول مطري تضاريسي حسب الارتفاع

Pluie orographique تحت تأثير التيارات البحرية الباردة ، هذا وينتقص الهطل ويصبح غير منتظم من عام لآخر ، ويندر وصول العاصير المدارية بحيث تسود مناخات جافة فوق صحراء الصومال الشرقية المحمية ، وتتراوح كميات الهطول عامة بين ٧٥٠ و ١٥٠٠ مم / سنة ، ويبدأ ظهور مناخ مداري أو استوائي حسب خطوط العرض ، كما يزداد الهطول فوق المنحدرات الجبلية المعرضة للرياح التجارية .

أما في جنوب البرازيل وحتى الأرجواي فتسود مجتمعات الپامبا Pampa العشبية الطويلة ، وهي تشبه نباتات جنوب إفريقيا وشرقي أستراليا وهي تخضع لمناخات متماثلة Analogue تتحكم بها الرياح الغربية مع غياب أية حواجز طبيعية تؤدي لسيادة مرتفعات جوية مستقرة ، وتقع هذه المناطق بين خطي العرض ٢٥ - ٣٥ غربي القارات وهي عبارة عن مناخات تحت مدارية مجاورة للمناخ المتوسطي و تتميز بشتاء واضح البرودة باعتدال لعدم وصول موجات برد شديدة ، ويبقى الصيف حارا شديدة الرطوبة والهطول ، وتسجل درجات حرارة تصل ٢٥ - ٣٠ م لأحر شهر في السنة في المناطق الداخلية وأقل منها على السواحل

يتراوح عدد أيام الهطل بين ١٢٠ - ١٥٠ يوم / سنة بينما لا يتعدى ١٠٠ يوم / سنة في مناخ الرياح الموسمية ، ويسبب المدى الحراري الواسع تشكل عواصف شديدة ، وقد تصل أعلا درجات الحرارة حتى ٤٠ م بينما تكون الدرجات الدنيا سالبة مثال :

فلوريدا : - ١٢ أطلنطا : - ٢٢ شنغهاي : - ١٢ م

ويشكل استمرار حدوث الصقيع حاجزا أمام الزراعات الواسعة الشتوية ، بينما تنجح الزراعات والأنواع الصيفية .

التباين المناخي : Les variations climatiques

يبدو مسار الرياح الغربية النطاقي واضحا فوق العروض المتوسطة والشمالية ، ويبقى المحدد الأول للتقسيمات المناخية العالمية وذلك رغم وجود مناطق انتقالية غير ثابتة ، وقد أثبتت الدراسات الجيولوجية أن التباينات المناخية الشديدة في العصور الغابرة أدت إلى انتشار الحضارات البائدة نتيجة تقدم الصحراء وزيادة القحط وجفاف السهول الخصبة ، فقد شهد العصر الجيولوجي الرباعي Quaternaire تنامي فترات جليدية وبين جليدية تخللها مراحل معتدلة وحتى حارة مع تغيرات المناخ في كل منها .

وقد بدأ منذ ٢٠ ألف سنة في أوروبا وأمريكا الشمالية العصر الجليدي Glacier Wurmien والذي انحسر تدريجيا خلال عدة قرون ، كما سجل تآرجح Oscillation مناخي واضح خلال هذا الانحسار ، لذلك سادت نباتات التندرة معظم أوروبا نتيجة موجات البرد الشديد ، وقد ثبت مرور الفترات المناخية التالية :

١ - طور أو فترة الرود : Allerod بين ١١ - ١٢ ألف سنة ويسمى الطور المثالي المعتدل بعد الجليدي Postglaciaire

٢ - الطور الحار : Chaud بين ٤ - ٧ آلاف سنة سادت خلاله درجات حرارة أعلا من الحرارة الحالية ، وقد أمكن تأكيد هذه التباينات المناخية بما لا يدع مجالا للشك بعد دراسات مقارنة وتجارب حقلية وأبحاث مستفيضة وأبحاث جادة تلخص بالآتي :

- دراسة الفيت Flore ومقارنته بالنباتات المستحثة وخاصة في البحيرات ومقارنة البقايا النباتية Relique والطبقات المتتالية في النهار والوديان والمناطق المحمية .

- دراسة غبار الطلع : Pollen في التشكلات النباتية المختلفة المتوضعة في هذه الطبقات مع الحذر عند مقارنة مواقع متباعدة .

- تبين أن بعض تغيرات الغطاء النباتي قد تعود إلى تأثير الإنسان مثل قطع الغابات الجائر لصناعة السفن والسكن والوقود .
- قد تؤدي الحرائق الطبيعية إلى تدمير مساحات شاسعة من الغابات والساقانا والمراعي الأخرى دون تدخل الإنسان .
- يبقى علم طلع المستحاثات : **Oalynologie** أحد الأدوات العلمية الفعالة المستخدمة لبيان النواع السائدة في العصور الغابرة .
- رسم صورة التوزع أو التتابع المنطقي : **Chronologie** للغطاء النباتي الذي يمثل الصورة الحية والمجتمعات النباتية التي تعكس بالمناخ السائد وتغيراته حسب الزمان والمكان .
- دراسة المستحاثات الحيوانية : **Faune fossile** ومقارنة الأنواع الحالية والبائدة وتكيفها مع المناخات الحارة والباردة وتناوبها
- وهي تشكل دليلا إضافيا يدعم نظريات تغير المناخ وأثرها على اختفاء أنواع وحتى أجناس من النباتات والحيوان .
- مواقع الإنسان وتجمعاته : **Site** في العصر الحجري وتطور نشاطه وتأثيره وكذلك تأثيره بالمناخ في المغاور والكهوف وكذلك تطور هذاه ومسكنه وملبسه مع مر العصور الجليدية والحارة .
- الحضارات الإنسانية ونشوءها وتطورها واندثارها وعلاقة صيرورتها بالمناخ وتغيراته ، منذ فجر التاريخ حتى الآن .
- دراسة الأراضي القديمة **Paleosol** وتتبع الأثر : **Tephrochronologie** وتحديد العصور المختلفة وامتدادها عن طريق دراسة الخبث البركاني والصخور المتحجرة وماتحمله في طبقاتها من بقايا وأفراد نباتية وحيوانية حسب عمرها الجيولوجي ،
- علم المحيطات : **Oceanographie** وما تبين دراساته من أسرار لا زالت بحاجة إلى المزيد من الأبحاث والإمكانات الجدية لبيان سرعة توضع بقايا الأحياء في الأعماق السحيقة ودرجات تحللها بغياب الأكسجين وتغيرا حرارة المياه حسب العمق .
- يستخدم الكربون **C14** الموسوم ومقارنة نسبته في البقايا النباتية والحيوانية لتقدير عمر المستحاثات وتاريخ القراض الأنواع حتى أقرب ألف سنة منذ أكثر من ١٠٠ ألف سنة .
- يبدو أن التباين المناخي كان ضعيفا أو محدودا خلال التاريخ ، لكنه من الحسابية بحيث تظهر آثاره واضحة مع مرور الزمن ، وقد تترافق مع شواهد حية لا تترك مجالا للشك ، ويبدو ذلك واضحا مثل تغير مواعيد الحصاد وجني المحاصيل والثمار وكذلك نجاح النواع الجديدة وغياب أنواع أخرى كانت مزروعة سابقا .
- الروايات والأساطير والخرافات التي ترتبط بالبرد والحر والمواصف والأعاصير ووثائق الحضارات وأثارها الدالة على ذلك .
- دراسة علم الشجر وعلاقته بالمناخ : **Dendroclimatologie** ومتابعة عدد حلقات النمو وسماكتها والتي تترك في الخشب تاريخا أكيدا لحالة المناخ وخامسة الخشب الصيفي والريبيعي ، وعلاقتها بالبرودة والحرارة خلال عصر الشجرة لمئات السنين .
- أكدت الدراسات التاريخية الموثقة منذ العصور الوسطى تعرض أوروبا لدرجات حرارة معتدلة **Clement** منذ القرن التاسع حتى نهاية القرن الثاني عشر ميلادي .
- سمح هذا المناخ المعتدل لقبائل الفايكنغ **Viking** بغزو مناطق شاسعة وصولا إلى إيسلنده وغونلنده قبل عام ١٠٠٠ م وذلك عن طريق البحر بواسطة مراكبهم الشهيرة الحربية دون أن يمنع التجمد عزوتهم المتتالية خاصة في الصيف .
- أدى تحسن الطقس وارتفاع الحرارة إلى انتشار زراعة الكرمة حتى جنوب إنكلترا واستمر لغترات طويلة متقطعة .
- حدث خلال القرنين الثالث عشر والرابع عشر العكس تماما فازداد الشتاء برودة ، كما ازداد المدى والتباين الحراري واتسعت الأنهار والبحار المتجمدة ، وتوقفت الملاحة بين إيسلنده والبلاد الاسكندنافية ، وأنهت استعمار غرونلنده في القرن الخامس عشر ،

- بدأ تحسن المناخ بعد ذلك حيث أصبح المرور في مسالك ووديان جبال الألب أسهل حتى من الوقت الحاضر .

- شهد العام ١٥٥٠ م بداية عصر جليدي صغير نتج عن تأخير مواعيد زراعة وجني المحاصيل وتناقص الغلة تدريجيا .

- أثر هذا العصر الصغير على اتساع رقعة الجليديات الألبية حتى وصل بعضها إلى الوديان السحيقة ، وضطت المراعي الصيفية كما قضى الصقيع على غابات جبلية ومن ضمنها أشجار كان عمرها يتعدى مئات السنين .

- دمرت هذه الجليديات عدة قرى وبيوت جبلية في وادي شامونيكس المعروف في فرنسا .

سجل تزايد ملحوظ للبرودة منذ نهاية القرن السابع عشر وقد أكدت السجلات استمرار انخفاض الحرارة حتى منتصف القرن التاسع عشر ، ومنذ ذلك التاريخ وحتى ١٩٥٠ سجل دفء محسوس معاصر ومؤكد رقميا ، ولا تزال درجات الحرارة في ارتفاع مستمر خاصة فوق المناطق القطبية وتحت القطبية المحيطية ، وبالتالي تراجع خط الثلوج الدائمة وتقلص الجليديات والأراضي المنجمدة ، واستمرار ذوبان الجليد وتشكل الجبال الجليدية العائمة التي تهدد الملاحة في المناطق المجاورة قبل ذوبانها البطيء .

- وبالعكس شهدت هذه الحقبة ارتفاع درجات حرارة مياه المحيطات والبحار والتيارات البحرية التي تحكم بمناخ السواحل عامة .

- شهد العصر الجليدي الصغير سابق الذكر تراجع القرى والمناطق المأهولة بشكل دائم في الجبال ليحل مكانها مواقع استيطانية مؤقتة في البلاد الاسكندنافية وجبال الألب الشرقية ، وتشهد على ذلك بقايا القرى المهجورة في المناطق المرتفعة .

كما أدى ارتفاع الحرارة التدريجي إلى اتساع انتشار الغطاء النباتي وتوسع رقعة المراعي وانتشار تربية الأغنام في غرونلاند .

تشير بعض الرقام والدراسات الأولية غير المؤكدة أن العقود الأخيرة من القرن العشرين شهدت اتجاه نحو انخفاض طفيف للحرارة من جديد ، يتجلى في درجات الحرارة المسجلة في المناطق البحرية القطبية وتحت القطبية .

ومع ذلك يسجل تراجع اعتماد الأغنام في غرونلاند على المراعي الطبيعية لتحل الأعلاف الصناعية محلها ، وقد يعود ذلك لزيادة أعداد الثروة الخنمية وضرورة تسمينها بسرعة أكثر من دلالتها على برودة المناخ .

يتبين من كلما سبق ذكره التأكيد على التباينات المناخية Fluctuation والتي قد تخضع صليا للإيقاع معين مع بعض الانتظام الذي لم تكشف دوريته وتواتره حسب الزمان والمكان رغم استمرار الجهود الجبارة والبحوث المناخية الدقيقة .

ربط بعض الباحثين هذا الإيقاع بنشاط البقع الشمسية ونتائج ظهورها ومدة استمرارها ، مع محاولة البحث عن تفسيرات أخرى لتتالي العصور الجليدية الكبرى وعلاقتها بالإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض ، ومدى تأثير غاز الكربون في الغلاف الجوي وزيادته المضطربة ، وكذلك دور الغبار والغازات التي تنفثها البراكين بمئات ملايين الأطنان في انحاء العالم ، وأثر كل ذلك على حرارة الأرض والاحتباس الحراري والتوازن الإشعاعي والميزان الحراري العالمي .

ويؤكد معظم الباحثين على وجود تغير طفيف في الحركة العامة للرياح على فترات متباعدة دون القدرة على تحديد أسباب هذا التغير ومدى تأثيره في المناخ العام ، وتفرض بعض النظريات أن اتساع الجليديات في العصور المتتالية يزيد من الفروق الحرارية بين القطبين من جهة والمناطق الاستوائية من جهة أخرى ، وتسرّع بالتالي من حركة الرياح الغربية الباردة التي تحمل الاضطرابات الجوية والمنخفضات التي تسبب الهطول وتزيد من أن الآخر .

يسجل اتجاه المنخفضات في هذه الحالة تدريجيا نحو المدارين ، كما يلاحظ تزايد الأمطار الموسمية مع سيادة الجفاف والحرارة العائرة واتساع رقعة الصحراء نحو المدارين .

سجل اتساع الصحراء الكبرى وامتدادها جنوبا بين أعوام ١٩٧٠ و ١٩٨٥ لمسافة ١٥٠٠ كم بمعدل ١٠٠ كم / سنة ، وبذل على ذلك نشاط وتقدم الككتبان الرملية واتساع التصحر الطبيعي

Desertification بعكس النشاط الإنساني الذي يؤدي إلى ظاهرة التصحير **Desertisation** نتيجة الرعي الجائر والتحطيب وفلاحة الأراضي الهامشية الجافة أصلاً .

ويسجل عامة بين كل فترتين جليديتين فترة هواء نسبي تتوافق مع بطء الحركة العامة للرياح وضعف سرعتها عادة .

تبقى التضاريس والطبوغرافيا والموقع الجغرافي وخاصة البعد والقرب عن البحر المسؤولة الهامة عن تغيرات المناخ المحلي ، بينما يحدد خط العرض التوزيع العام النطاقي للمناخات الكبرى . كما يشهد التبادل الحراري والرطوبي بين اليابسة والمياه وكذلك التيارات البحرية السطحية والعميقة وعلاقتها بالحركة العامة للرياح ، والتي تؤدي بالنتيجة إلى التباين الواضح والتنوع المناخي اللامتناهي في أرجاء الأرض .

Etat actuel et avenir de la climatologie : حاضر ومستقبل علم المناخ :

شهد النصف الثاني من القرن العشرين تقدماً غير مسبوق في كافة مجالات علم المناخ وتطبيقاته ، ويعود هذا التقدم بالدرجة الأولى إلى تطور استخدام التقنيات الحديثة وتسارع انتشارها العالمي ، ويعود الفضل إلى استخدام الرادار **Radar** في متابعة العواصف والهطولات منذ عدة عقود بنجاح ، كما ساهمت أقمار الرصد الجوي **Satelite Meteo** والتقنيات الحديثة الملحقة بها وخاصة الصور الجوية العادية ثم الصور الفضائية ، والتي سمحت بتغطية مساحات شاسعة من سطح الأرض في نصفي الكرة الأرضية بنفس الوقت **Simultane** ، وهكذا أعطت مسوراً شاملة للنظام الغيومي وسمحت بتحليل ومتابعة الاضطرابات الجوية مهما اختلفت شدتها ومدتها ، وأصبحت مثل هذه المتابعات ذات قيم علمية عالية خاصة فوق المناطق الفقيرة بالمحطات النادرة والمتباعدة والتي لا تسمح من حيث الدقة وأنية وصول المعلومات بالتحليل المناخي المناسب .

وساهم التحليل البياني المناخي **Thermographique** الذي يستفيد من استخدام الأشعة تحت الحمراء **IR moyen** متوسطة طول الموجة والتي قدمت مقارنة أكثر دقة لمتابعة سير الإشعاع الشمسي وشدة اشعاع الأرضي وتبايناته الفصلية والسنوية ، وبالتالي الميزان الإشعاعي الذي يحدد الميزان الحراري المسؤول الأول عن تغيرات المناخ والشذوذ المناخي .

كما استمر تتبع السلوك الحراري للتربة والأسطح المائية والصخور والثلوج الدائمة ، وهكذا أمكن رغم بعد المسافات معرفة وتحديد أدق المناخات المحلية وخصائصها ، حتى بمقاييس دقيقة جداً لم يكن من المتوقع تصورها قبل عدة عقود ، حتى في أرجاء المحيطات والقطبين والثلوج الدائمة صعبة المسالك ومستحيلة سير أعوارها ومجاهل الغابات الاستوائية وأعالي الجبال ، ومن جهة أخرى أدى التطبيق المنهجي **Systematique** للنظم التجريبية الإحصائية **Statistique** والعديدية الاحتمالية

Probabilite numerique واتساع استخدام المفاهيم والظواهر الفيزيائية في مقارنة تتبع آليات حركة المناخ وتغيراتها و كما ساهم استخدام المعلوماتية **Informatique** في تصميم استعمال التحليل الرياضي المتعدد **Analyse multivarie** وتأكيد علاقات الارتباط المتبادل والمتعدد والذي قلل مع الزمن الحاجة إلى الحسابات التقليدية التي كانت تستند إلى الاحتمال ،

وأخيراً أدت وفرة المعطيات وتعدد مصادرها إلى مقارنتها والتأكد من مصداقيتها واستثمارها العلمي والعملية بشكل مباشر ، خاصة فيما يتعلق برصد الأعاصير وتتبع مساراتها والإنذار المبكر للحد من الأضرار التي يمكن أن تسببها ، كما أدت المعلومات الدقيقة غير المسبوقه وخاصة تلك التي تتعلق بسرعة الرياح العمودية والتي كانت إلى عهد قريب تحسب يدوياً ،

وأمكن متابعتها حاسوبياً بحيث يمكن مع الزمن أن تحل بعرق طرق التنبؤ التقليدية ، وتزويد المعارف المتوارثة حول آليات المناخ وتغيراته مثل أصل ونشوء وتطور وتوزيع الهطول ، وكذلك مدى قدرة افئسان على متابعة تغيرات الطقس وحالات المناخ والاستفادة من هذه التغيرات والحد من الأضرار المتوقعة والقيم المتطرفة سواء على النباتات أو الحيوان أو الإنسان .

الفصل الرابع

المناخ التطبيقية : La climatologie appliquee

شهدت العقود الماضية توسعا هائلا في المعارف والبحوث الخاصة بتاريخ المناخ وتبايناته والمناخ الأحفوري القديم

Paleoclimat وتركزت هذه الأبحاث حول مناخ العصر الجيولوجي الرابع والتغيرات التي شهدها والآثار الحية المستحثة التي تدل خير دلالة على ذلك ، كما أكدت أبحاث التصحر وزحف الصحراء الكبرى جنوبا باتجاه بلاد الساحل الإفريقي مدى حساسية المناطق الهامشية لتغيرات المناخ رغم أنها لم تؤد إلى نتائج وخلاصات ملموسة وأكيدة تبين أسباب التصحر المحلية والعالمية ، وكذلك سبل الحد من أثارها المدمرة على مستوى واسع ومؤكد ، وقد عالج رونيون عام ١٩٧٥ هذه المشاكل بالتفصيل في كتابه :

المناخ القديم وعلاقته بالجفاف في الساحل الإفريقي تحت إشراف مجلة الجيولوجيين في فرنسا ، ونشر لامب في نفس العام كتاب المناخ في الماضي والحاضر والمستقبل الصادر في لندن ، والذي يؤكد تذبذب المناخ حول متوسطات مقبولة دون تغيرات مفاجئة كبرى قد تذهب بعدد كبير من الأنواع الحية وتبيدها دون رجعة كما حدث منذ ملايين السنين وانقراض الديناصورات وغيرها من الأنواع البائدة خير مثال على ذلك ، وقد صدرت مجلة مختصة بالجغرافيا والمستحاثات في امستردام بهولندا .

وقد تطور المناخ التطبيقي سريعا لسد حاجات المزارعين حول المناخ الزراعي **Agroclimatologie** ، وتطور مفهوم المناخ التطبيقي ليساهم في خدمة الطيران المدني والحربي ، والنقل البري والبحري والسياحة والاستجمام ، وكذلك أعمال شركات التأمين بكافة أشكاله ، وتم التركيز في بعض البحوث وأحصاءات على الحوادث المناخية المفاجئة والطارئة **Incidence** والتغيرات الآنية **Instant** اليومية والفصلية ، وتأثير المناخ على السكن **Habitat** واتجاه الحطائر والمباني الزراعية والمداجن ، وأثر ذلك على وصول أشعة الشمس وكلفة التدفئة والتكييف وأثره على تكاليف الإنتاج ، كما نشر موندر عام ١٩٧٠ كتابا يتضمن قيم الطقس وتغيراته والذي صدر في لندن وأعيدت طبعته عدة مرات ، وفيه تقديرات وقياسات عالمية لتغير المناخ في أنحاء المعمورة ، وصدر في أمريكا سان فرانيسكو عام ١٩٧٣ كتاب : مفاهيم الغلاف الجوي والوسط المحيط والذي أكد على التلوث الحضري والصناعي وأثره على الصحة العامة ، وأصبح التلوث منذ ذلك الحين الشغل الشاغل لعدد كبير من الباحثين وانتشرت محطات الرصد البيئي الآلية في المدن والرياف والمناطق الصناعية ، وذلك لتقييم جودة الهواء والماء والغذاء والتربة وهي أهم مكونات النظام البيئي والتي تحدد مجال وبدي تطوره التلوث أو التراجع ومستقبله القريب والبعيد .

ولا بد من التأكيد على أهمية دراسات المناخ وعلاقته بالأحياء أو المناخ الحيوي **Bioclimatologie** ومدى دقتها ومصداقيتها وأثرها على واقع الحياة ومستقبل الإنسان ورفاهيته وصحته ، هذا وتبقى النتائج والمصطلحات مبهمة وغير دقيقة **imprecise**

وقد تكون متناقضة بحيث تختلف من باحث لآخر ومن مكان لآخر ، وقد تم تطوير تدريجي لاستخدام سلم تصنيفي لمستويات الدراسات المناخية حسب تصنيف جيجر ١٩٦٥ والمبين فيما يلي :

مستوى الدراسة	المساحة كم ^٢	أمثلة
Zone	< مليون	نطاق بين مداري أو نطاق عروض عليا
Domaine	عدة آلاف	منطقة متوسطة أو معتدلة أو محيطية
Region	١٠٠ - ١٠٠٠	ناحية ساحلية أو ناحية جبلية
Localite	عشرات	(Mesoclimat) وادي سهل الغاب أو سهل الفرات
Station	عدة	(Topoclimat) منحدر سفح شمالي أو جنوبي
Station meteo	عدة أمتار	(Microclimat) منطقة ممثلة للمحطة المناخية

زراعية Agroclimat منطقة زراعية متجانسة سطح التربة تحت الغابة حقل مزروع

وقد أصدرت المنظمة العربية للتنمية الزراعية عام ١٩٧٠ بالتعاون مع معهد لويس امبرجيه بفرنسا دراسة المناخ في الوطن العربي وتم وضع خرائط مناخية تفصيلية لكل قطر تتضمن المعطيات المناخية لأكثر من ٢٥ سنة ، وكان الأستاذ الدكتور لؤي أهدي المشرف الرئيس على هذا العمل العلمي غير المسبوق والذي بقي منذ ذلك الحين المرجع الأهم للدراسات المناخية رغم تعدد الدراسات القطرية و فقد صدر الطلس المناخي لسوريا عن المديرية العامة للرياحات الجوية التابعة لوزارة الدفاع عام ١٩٧٧ تحت إشراف المدير العام السيد عبد الوهاب قبائبي ، كما تهتم مديرية الرصد الزراعي في وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي بمشاهدة شؤون الأرصاد الزراعية والعوامل المناخية المؤثرة في الزراعة مثل الصقيع والجفاف والرياح والبرد والعواصف وغيرها وتصدر نشرات كل ثلاثة أيام وعشرة أيام تتضمن أهم المعطيات المناخية والتنبؤ الزراعي .

عناصر المناخ الحيوي : Climatic Tables of the : Elements de Bioclimatologie World : Bernard 2000

تقيس معظم محطات الرصد الجوي كميات الهطول اليومية بالمليمتر وتحسب بالشهر والفصل والسنة ، كما يتم تسجيل درجات الحرارة العظمى والدنيا ، وتؤكد معظم الدراسات الحيوية المناخية على وفرة هذه البيانات لأكثر من قرن في معظم المحطات ، وكذلك دور هذين العنصرين وأهميتهما في حياة الكائنات الحية ودورهما في توزيع الأحياء الجغرافي الحيوي Chorologie Biogeographie ، وتعتمد معظم الأبحاث على معادلات مناخية بسيطة مثل معادلات الجفاف أو التمثيل البياني للمناخ والتقسيم العالمي أو المحلي للمناخ ، هذا وتشكل درجات الحرارة العظمى والدنيا والمثلثي العوامل الرئيسية Cardinale التي تتحكم بوجود وكتلة وحيوية وإنتاج أي نوع حي وتحدد غيابه وأطوار حياته وعدد الأجيال والتعمير ، وتعتمد معظم الأبحاث درجة الحرارة الدنيا لأبرد شهر في السنة : انظر تصنيف امبرجيه للمناخ الحيوي ، واختيار درجة الحرارة العظمى المتوسطة لأحر شهر في السنة في تقسيمات أخرى وكذلك عدد أيام الصقيع الفصلية أو السنوية حيث تنخفض الحرارة دون الصفر .

وتلعب الأمطار دورا هاما في تحديد كميات الماء المناخ للنبات وتسجل يوميا وتحسب شهريا وسنوياً ومتوسط عدة سنوات يفيد في تحديد المناطق المناخية الجافة والرطبة وغيرها ، علما أن التوزيع الفصلي للمطر يلعب دورا هاما جدا في الإنتاج الزراعي والرعي في المناطق الجافة والجبلية ، لذلك اعتبر بعض الباحثين نباتات سلسلة جبال لبنان الشرقية تشبه عند ارتفاع معين نباتات البادية وحتى الصحراء أحيانا نظرا لعدم توافق موسم الهطول مع موسم نمو النبات .
العوامل الرئيسية الهامة التي تؤثر على الحياة وخاصة النباتات :

قساوة فصل الشتاء وطوله ودرجات الحرارة والصقيع : Severite de l'hiver

ارتفاع درجات حرارة فصل الصيف وأثره على الحياة ، والقيظ الشديد : Canicule

طول فصل الجفاف أو فصلي الجفاف وأثره على الموارد المائية : Sechresse

هذا ويشهد الانتقال التدريجي اعتبارا من خط الاستواء باتجاه القطبين تنامي ظهور واختفاء أنواع نباتية وحيوانية مميزة لكل منطقة مناخية ، لتحل مكانها أنواع أخرى أكثر تكيفا وتحملا لتنوع المناخ ، وتتل معظم التقسيمات على وجود نوع أو أنواع مميزة مثل :

١ - الأنواع الاستوائية : Ec وهي الأنواع التي تتحمل درجات حرارة دنيا مرتفعة تسمح بنمو أشجار نخيل الزيت ومثلياتها .

٢ - الأنواع الربيعية : Pr وهي الأنواع التي تتحمل درجات حرارة معتدلة نسبيا مثل بعض أصناف الأقماح الربيعية .

- ٣ - الأنواع المدارية : Tp وهي أنواع تنتشر في مناطق لا تسمح بنمو القمح الشتوي نظرا لارتفاع درجات الحرارة عامة .
- ٤ - الحمضيات : Ct وخاصة الحمضيات المدارية وقد ينمو القمح الربيعي كحصول ثانوي في هذه المناطق المدارية .
- ٥ - الحمضيات الهامشية : Ci تنتشر هنا بسائين حمضيات متفرقة قد تتعرض للصقيع مثل الساحل وينمو القمح الشتوي عادة .
- ٦ - الشوفان الحارة : Av تكون درجات الحرارة المتوسطة لأبرد شهر أكثر من $+ 10^{\circ}C$ وتسمح بنمو الشعير مع الشوفان .
- ٧ - الشوفان الباردة : av وتقتصر على زراعة الشوفان لأن درجة الحرارة المتوسطة لأبرد شهر تبقى أقل من $+ 10^{\circ}C$.
- ٨ - الشوفان والقمح : At وتزرع أصناف القمح مع الشوفان ، وفيها تتجاوز درجة الحرارة المتوسطة لأبرد شهر $+ 5^{\circ}C$.
- ٩ - القمح المعتدلة : Tt وتقتصر على زراعة القمح حصرا وفيها تنخفض درجات الحرارة المتوسطة لأبرد شهر حتى $+ 5^{\circ}C$.
- ١٠ - القمح الباردة : Tf وينمو القمح فيها رغم انخفاض درجة الحرارة المتوسطة لأبرد شهر دون الصفر المنوي .
- ١١ - الأنواع الربيعية الباردة : Pr وتتميز حيث يكون متوسط درجة الحرارة العظمى لأبرد شهر أكثر من $- 17^{\circ}C$.
- ١٢ - الأنواع الربيعية المعتدلة : Pt ولا تنمو خلال الشتاء وتتطلب متوسط درجة حرارة عظمى لأبرد شهر أقل من $- 17^{\circ}C$.
- تصنيف المناطق المناخية حسب حدودها الحيوية والحرارية : حسب Papadakis 2002
- ١ - نطاق القطن : Gc ويمتاز بصيف طويل وحار كفاية يناسب زراعة القطن وانتاجه الاقتصادي ويقسم إلى تحت نطاقين :
- نطاق حار : يكون متوسط درجة حرارة الشهر الحار فيه فوق $+ 35^{\circ}C$ دائما ويعطي أقطانا مميزة ومعروفة عالميا .
- نطاق معتدل : تبقى درجة الحرارة المتوسطة للشهر الحار دون $+ 35^{\circ}C$ وقد تتعرض الأقطان لمطار الخريف المبكرة .
- ٢ - نطاق الأرز : O يمتاز بفصل صيف طويل وحار شرط توفر الرطوبة للأرز. البعل والمياه لغمر الأرز لفترة طويلة .
- ٣ - نطاق الذرة : M يبقى فصل الصيف طويل وحار عادة بحيث يكفي لزراعة وإنتاج الذرة وتقصه المياه لزراعة الأرز .
- ٤ - نطاق القمح : T يكون مناخه حارا لدرجة كافية لنمو وإنتاج القمح لكنه غير كاف لنجاح زراعة الذرة اقتصاديا وصليا .
- ومنه نطاق بارد : يسجل فيه انخفاض الحرارة بحيث يؤدي إلى حدوث الصقيع أحيانا وانخفاض الحرارة دون $+ 45^{\circ}C$.
- ونطاق حار : حيث لا يسجل حدوث الصقيع إجمالا وتبقى درجة الحرارة المتوسطة مناسبة لنمو القمح وفوق $+ 45^{\circ}C$.
- ٥ - نطاق معتدل تحت قطبي : $P1$ يكون الفصل الحار قصي جدا بحيث يكفي فقط لنمو البراري ولا يسمح بنجاح زراعة القمح .
- ٦ - نطاق بارد تحت قطبي : $p2$ أو نطاق التندرة ويكون فيه الفصل الحار قصي جدا بحيث لا يسمح سوى لنمو مراعي التندرة .
- ٧ - نطاق سحراوي قطبي : F يبقى مغطى بالتلوج بشكل شبه دائم بحيث لا يسمح حتى بنمو مراعي التندرة تحت القطبية .

- ٨ - نطاق الجليد الدائم : I ولا تصادف فوقه أية مظاهر وأشكال للحياة خاصة في فصل الشتاء نظرا لانخفاض الحرارة .
- ٩ - نطاق جبلي ألبي : A ويقسم عادة إلى تحت نطاقين هما : ألبي منخفض تزيد مدة غياب الصقيع عن شهر كل سنة ، ونطاق ألبي مرتفع يسوده الصقيع عامة حيث تقل فترة غياب الصقيع عن شهر واحد فقط في السنة ، ويميز ضمن النطاق الجبلي :
- تحت نطاق المروج الجبلية : فوق خط انتشار الغابات Timber line حيث تغيب الأشجار بسبب البرودة وتنمو الأعشاب .
- تحت نطاق القهوة : C ويسجل تكرار حدوث الصقيع عامة ومع ذلك تنمو القهوة بنجاح منقطع النظير مع ليالي باردة عادة .

يمكن استنادا إلى الحدود الحرارية والنظام الحراري تقسيم مناخات العالم الرئيسية حسب Blair 1994 كما يلي :

- ١- مناخ استوائي : ويقسم بدوره إلى مناخ استوائي حار ومناخ استوائي نصف حار .
 - ٢- مناخ مداري : ومنه مداري حار ونصف حار ومناخ مداري بارد وآخر ذو شتاء بارد فقط .
 - ٣- مناخ معتدل : قد يكون باردا أو شديد البرودة أو قليل البرودة .
 - ٤- مناخ معتدل : حسب الارتفاع عن سطح البحر منخفض ساحلي أو سهلي أو هضابي أو جبال عالية .
 - ٥- مناخ تحت مداري : قد يكون نصف مداري أو تحت مداري حار أو معتدل ساحلي أو داخلي وتندرا جبلي .
 - ٦- مناخ محيطي : محيطي حار أو معتدل أو بارد وحتى شديد البرودة ومحيطي متجمد مؤقت أو دائم .
 - ٧- مناخ السافانا : ويبدأ من حدود الصحراء وينتهي بالسافانا الشجرية وصولا إلى الغابات الاستوائية الجافة .
 - ٨- مناخ قاري : ويميز المناخ القاري الحار والمعتدل والبارد والبارد جدا .
 - ٩- مناخ قطبي : يبدأ من مناخ التايغا ثم التندرا فالصحراء نصف المتجمدة وصولا إلى مناخ الجليد الدائم .
 - ١٠- مناخ أعالي الجبال : ويقسم حسب الطوابق البيومناخية لكل كتلة جبلية هامة إلى مناخ الثلوج الدائمة والثلجات
- Glacier ثم الثلوج المؤقتة والتي تستمر عدة أشهر سنويا والجلود ثلجها المروج الجبلية فوق خط الغابات الصنوبرية وغابات السنديان والأشجار مساقطة الأوراق ثم هضاب الزهور وهضاب البلان التي تقصص عادة بمناخ السهول والبادية .
- اعتماد دليل الرطوبة وقيم التبخر نتج في تحديد الفصل الجاف وتقسيم العالم إلى مناخات مميزة وفق ذلك Papadakis 1991 :
- يمكن حسب كميات الهطول الشهرية والفصلية والسنوية وحساب كميات التبخر تحديد الفصل الجاف الذي تزيد فيه كمية التبخر عن كمية الهطول ، وبناء على ذلك يمكن تمييز المناخات التالية :
- ١- مناخ رطب : H ولا يكون فيه أي فصل جاف مثل مناخ لندن وشمال أوروبا وأمريكا .
 - ٢- مناخ متوسطي : M وهو ليس مناخ رطب ولا صحراوي مثل مناخ أثينا وبيروت .
 - ٣- مناخ موسمي : Mo ولا يعد مناخا رطبا أو مناخا صحراويا مثل مناخ بومباي في الهند .
 - ٤- مناخ سهبي : St وهو ليس مناخ متوسطي أو مناخ رياح موسمية قاري مثل مناخ رومانيا .
 - ٥- مناخ صحراوي : D تزيد درجات الحرارة المتوسطة لكل أشهر السنة عن ١٥ م مثل مناخ القاهرة .
 - ٦- مناخ نصف جاف : Sa يسمح بنمو الأعشاب والأشجار الرعوية مثل الحماد والبادية السورية وأطراف الصحاري .
 - ٧- مناخ جاف : A تتناقص أمطاره عند حدود الصحاري ليحد من نمو الأنواع المعمرة وتبقى بعض الحوليات .

ويمكن استنادا إلى وفرة أو ندرة الهطول اعتماد التقسيم التالي :

فوق رطب : SH مثل مناخ إيرلندة حيث لا يوجد أي شهر جاف في السنة .

مناخ رطب : H مثل مناخ لندن حيث يصادف شهر أو أكثر أحيانا رطب في السنة .

متوسطي رطب : أمطاره شبه دائمة مثل مناخ ميلانو في إيطاليا .

متوسطي جاف : ويسجل وجود عدة أشهر جافة سنويا مثل مناخ أثينا .

متوسطي جاف جدا : تمتد فترة الجفاف على عدة أشهر متتالية سنويا مثل كاليفورنيا .

موسمي رطب : مثل مناخ فيتنام .

موسمي نصف جاف : كما في الهند .

صحراوي حقيقي : مثل صحراء ليبيا في الليبرو حيث تزيد حرارة كل أشهر السنة عن 15 م .

صحراوي متوسطي : مثل صحراء أريزونا حيث تكون أمطار الشتاء أكثر من أمطار الصيف .

صحراوي قاحل : وفيها لا تسقط أمطار تذكر لعدة سنوات مثل سيدي صلاح بالجزائر .

صحراوي موسمي : تهطل فيه بعض الأمطار الصيفية مثل تمبكتو شمال مالي .

علم المناخ الزراعي : Agrometeorologie وعلم الأرصاد الزراعية : Agrometeorologie يعرف المناخ بأنه الصورة النهائية لحالة الغلاف الجوي فوق منطقة معينة التي تسيطر لفترات تمتد عشرات السنين مع تباينات محدودة عادة عدا الشذوذ المناخي والذي يختلف عامة عن متوسطات قيم المناخ المعهودة ، أما المناخ الزراعي فهو نتيجة هذه المتوسطات التي تفسح المجال أمام زراعات بعينها بحيث تحقق الشروط المناسبة سواء من حيث الإنتاج والرياح الأكيد للمزارع ، أو الحد من انتشار زراعة محاصيل معينة وفشل إدخالها إلى مناطق مناخية غير مناسبة واستمرار حدوث عوارض مناخية ضارة

ويمتاز الإنتاج الزراعي والرعي في المناطق الجافة بعدم استقرار الإنتاج وتدنّي الربحية بسبب تفاوت كميات الهطول ودرجات الحرارة من عام لآخر ، وقد تبين نتيجة دراسات المنظمة العربية للتنمية الزراعية .

تعتمد الزراعة خاصة وتطور الغطاء النباتي عامة على المناخ السائد ومدى ملائمة لأي نوع مزرع ، وذلك نتيجة تأثيره المباشر وغير المباشر على تطور التربة وخصوبتها ورطوبتها وتحلل المواد العضوية وتمعدنها ، وحدث التتابع النباتي الطبيعي التقدمي وصولا إلى الأوج النباتي الشجري في الغابات والعشبي في المراعي الطبيعية ، وأثر عناصر المناخ على نجاح وانتشار الأنواع الزراعية الحولية والمعمرة ، فإذا كانت الأولى تعتمد على أحوال الطقس لمدة سنة واحدة ومدى ملائمتها لإتمام دورة حياة النبات وصولا إلى النضج والحصاد وجمع المحصول تحت شروط مناسبة ، فإن الأنواع المعمرة تتطلب شروط مناخية

مناسبة لعشرات ومئات السنين تضمن استمرار الزراعة ونجاحها . لذلك يلاحظ انتشار زراعة الأرز والذرة والبطاطا والحمضيات تحت مناخات مختلفة ، كما لا بد من التأكيد أن المناخ يبقى العامل الأهم المحدد لانتشار ونشاط كافة الأحياء الأرضية .

وقد بدأ تصنيف المناخ وربطه حسب تأثيره على المحاصيل والغابات والمراعي منذ أكثر من قرن ونكر في هذا المجال أعمال :

Koppen ; de Martonne ; Gasparian ; de Candolle وغيرهم ويستمر البحث في مجالات المناخ الزراعي التطبيقي ويتطور باستمرار نتيجة اعتماده على معطيات مناخية موثقة لمدة تزيد عن 100 سنة في معظم المحطات .

النماذج المناخية : Homoclimat أثبت للبحوث المناخية انتشار المناخات العالمية وفق نطاقات تتفق مع خطوط العرض ، هذا ويشذ عن القاعد المناخات الجبلية التي تتوزع فوق معظم القارات وعلى عروض مختلفة ، وكذلك المناخ المتوسطي الذي يفترض أن يكون فريدا من نوعه بين المناخ المعتدل والصحراوي ، بينما يجد له في أستراليا وجنوب إفريقيا وأمريكا الشمالية مناخات مماثلة رغم اختلاف خطوط العرض .

الاحتياجات المناخية لبعض المحاصيل الهامة :

تقسم الأنواع المزروعة عامة إلى أنواع شتوية تتحمل درجات حرارة منخفضة خاصة في الطور الخضري ، وأنواع صيفية تتطلب درجات حرارة مرتفعة نسبيا حتى في الطور الخضري ، كما تعتمد الزراعات البعلية على الأمطار التي تؤمن احتياجاتها المائية ، بينما تتطلب الزراعات المروية تأمين مصادر كافية من الماء لسد احتياجاتها وصولا على النضج والحصاد . ويمكن إيجاز أهم المتطلبات لمجموعة الأنواع المزروعة كما يلي :

١ - أنواع استوائية : مثل البطاطا والكاكاو وجوز الهند ونخيل الزيت والفانيليا ، وتنمو هذه الأنواع بنجاح تحت مطابخ نصف حارة بحيث تزيد درجات الحرارة المتوسطة اليومية عن ١٨ م° ولا تتعدى ٣٣ م° مع توفر رطوبة عالية لمدة سبعة أشهر على الأقل سنويا ولا يزيد طول فصل الجفاف عن ٣ أشهر ، وتتطلب الكاكاو هطول أكثر من ١٠٠٠ مم سنويا وقد تتأثر بالرطوبة .

٢ - أنواع مدارية : أهمها قصب السكر ويحتاج لرطوبة عالية وحرارة مرتفعة خلال فصل النمو يلجج في المناخات الرطبة والرياح الموسمية وقد يحتاج للري في بعض السنين ولا يتحمل الصقيع بحيث يجب أن تزيد الحرارة المتوسطة السنوي عن ٧ م° ، وتتجاوز الحرارة المتوسطة العظمى ٣٣ م° خاصة خلال فصل النمو .

وتحتل القهوة مكانة عالمية نظرا لاستمرار الإقبال على شربها ، وتنمو في أراض تحتفظ بالرطوبة لمدة طويلة بعد انحباس المطر وتفضل الليالي الباردة شرط ألا تنخفض الحرارة المتوسطة الدنيا دون ٢٠ م° . وبعد الشاي المشروب العالمي الأول وتحتل زراعته مكانة مرموقة تنمو في جو معتدل ورطوبة عالية يفضل المرتفعات والمناخات المعتدلة الحارة وتتحمل بعض السلالات - ٥ م° .

الموز والأناناس : لا يتحمل الصقيع شرط توفر رطوبة مناسبة وكافية ينمو الأوا في بعض الواحات الصحراوية بينما يتأثر الثاني بالإشعاع الشمسي الشديد لذلك يزرع تحت الأشجار العالية . الحمضيات بأنواعها : تتطلب شتاء معتدل رطب وصيف حار وتحتاج للري عند انخفاض الهطول دون ٥٠٠ مم / سنة .

القطن : محصول عالمي صيفي يخشى الصقيع لذلك يجب ألا تقل درجة الحرارة الدنيا عن ٤,٥ م° والحرارة المتوسطة العظمى ٢٥ م° يحتاج للري وقد ينمو بعلا شرط توفر الأمطار الصيفية .

الأرز : يحتاج أربعة أشهر على الأقل دون صقيع حيث تتجاوز الحرارة المتوسطة الدنيا ٧ م° معظم أصنافه تعيش مغمورة بالماء .

الذرة : تنمو جيدا عندما تتجاوز الحرارة المتوسطة الدنيا ١٠ م° ويحتاج للري أو هطول أمطار صيفية كافية .

الحبوب الشتوية : يزرع القمح مرويا أو بعلا ويتحمل برودة الشتاء وهناك أصناف ريفية وأخرى شتوية يحتاج للارتجاع .

يزرع الشعير والشيلم بعلا عادة في معظم المناطق التي تزيد أمطارها عن ٢٠٠ مم وتصل زراعة الشيلم للمناخ شديد البرودة .

الشوفان يماثل الشيلم في تحمله للبرودة الشديدة في الطور الخضري .

- أسس ومنطلقات الأبحاث المناخية والأرصاد الزراعية :
- ١ - تحديد الاحتياجات البيئية والمناخية للمحاصيل الهامة في مناطق الدراسة ومقارنتها بمناطق مشابهة .
 - ٢ - دراسة السمات الأساسية لمناخات القارات خاصة ومدى ملائمتها لنمو المحاصيل والزراعات المحلية والمنحلة .

٣- وضع وتحديث الخرائط المناخية الحيوية ومطابقتها مع خرائط استعمالات الأراضي Occupation du sol .

٤- متابعة توزيع الأحياء Chorologie البرية وعلاقتها بتغير المناخ الموضوعي والعام وآثاره الحالية والمستقبلية .

تطبيقات أبحاث المناخ والأرصاد الزراعية :

١- دراسة الاحتياجات المناخية للمحاصيل الهامة وتوزيعها الجغرافي وتباين نتاجها حسب توفر هذه الاحتياجات .

٢- تجارب إدخال محاصيل جديدة إلى بيئات متباينة ومتابعة مدى نجاحها وتأقلمها في الأوساط التي تزرع فيها .

٣- الاستفادة من خرائط التوزيع العالمي للمحاصيل وتجربة مطابقتها للواقع وتعديل هذه الخرائط حسب الأصناف .

٤- مقارنة أسباب نجاح أو فشل بعض الزراعات وذلك رغم توفر ظروف مناخية مناسبة نظريا لنجاحها .

٥- متابعة تباين إنتاجية المحاصيل التقليدية من عام لآخر والبحث عن السبب أو الأسباب التي تتحكم بالإنتاج .

٦- تفسير الصور الجوية Photo interpretation ومتابعة حالة الحقول المزروعة وأثر الجفاف والصقيع والرياح .

٧- وضع نظريات وفرضيات بيئية تطبيقية تستند إلى التجارب والصور الجوية والسجلات التاريخية لكل منطقة .

٨- الاستفادة من التقانات الحديثة والتجارب العلمية الدقيقة للحصول على نتائج موثوقة وعملية تتفق مع الواقع المحلي .

الأرصاد الزراعية : Agrometeorologie

تهتم الأرصاد الزراعية برصد وتسجيل كافة المعلومات المتعلقة بالظواهر الجوية التي تؤثر على الزراعة قرب سطح الأرض بجوار النباتات وجذورها ، كما تدرس العلاقة بين هذه الظواهر ومختلف العلوم والتقانات الزراعية التقليدية والحديثة والتي تحدد نشاط ونمو النبات وإنتاجه ، ولذلك يجب أن يشترك المختصون بالرصد الفيزيائي البحث مع المهندسين والفنيين الزراعيين لتحقيق الربط بين عناصر الطقس ومراحل نمو النبات ، عن طريق دراسة أثر الطقس وتغيراته على الزراعة اعتباراً من اختيار الأرض المناسبة وفق مخطط استعمال الأراضي لكل منطقة ، مروراً بتحضير مرقد البذرة والعملية الزراعية المتتالية من البذر والري والتعشيب والتفريد والتلقيح ثم التسميد والمكافحة وتحديد موعد الحصاد والجني وصولاً حتى تخزين الثمار والحبوب .

وتختلف أهمية العناصر الجوية التي تؤثر على الزراعة وتربية الحيوان ومختلف العمليات الزراعية من مكان لآخر حسب المنطقة المناخية مثل دور الحرارة الحاسم في المناطق الباردة ، وكون المطر العامل المحدد للإنتاج في المناطق الجافة ومن هنا تتطلب الزراعة كميات كبيرة من مياه الري تصبح من أهم مقومات نجاح الزراعة وزيادة الإنتاج المضمون بعكس الزراعة البعلية .

ويمكن تحديد أهم أهداف الأرصاد الزراعية بما يلي :

المشاركة في التخطيط الزراعي ووضع برامج زراعية تتناسب والمعطيات المناخية المتاحة والمتوقعة للسنوات القادمة .

مراقبة العوامل المحددة للزراعة مثل الصقيع ومواسمه وآثاره المتوقعة وتكرار الجفاف والفيضانات والجد من أخطارها .

تسجيل التوزيع الشهري والفصلي للهطول ودرجات الحرارة المتطرفة وآثارها المتوقعة على المحاصيل الرئيسة .

دراسة الإشعاع الشمسي وطول الفترة الضوئية وهما من العوامل المؤثرة في الإنتاج الزراعي وتغيراته من عام لآخر .

تقسيم المحاصيل إلى شتوية وصيفية وتحديد مدى نجاح الأصناف الجديدة المدخلة بعد تجربتها في مناطق مختلفة .

الربط بين عوامل المناخ والبيئة الزراعية وأنواع التربة السائدة وأثرها على الزراعات المحلية والمدخلة وإنتاجها .

والجدول رقم () يبين أهم مجموعات التربة العالمية وتصنيفها حسب المناخ السائد :

نوع التربة	المناخ	الأمطار مم/سنة	معامل لانج	معامل ماير	معامل
دومارتون					
أراضي صحراوية	جاف	صفر - ٢٠٠	صفر - ٢٠	صفر - ١٠٠	أقل من ٥
أراضي البادية	نصف جاف	٢٠٠ - ٣٠٠	-	-	١٠ - ٢٠
أراضي حمراء	متوسطي	٣٠٠ - ٤٠٠	٢٠ - ٤٠	١٠٠ - ١٧٠	-
أراضي سيرلوزم	تحت رطب	٤٠٠ - ٥٠٠	٤٠ - ٧٠	١٧٥ - ٢٧٥	٢٠ - ٢٤
أراضي رمادية	رطب	٥٠٠ - ٦٠٠	٦٠ - ٨٠	٢٧٥ - ٤٠٠	٢٨ - ٣٥
أراضي بونزول	رطب جدا	أكثر من ٧٠٠	١٢٥	١٠٠٠	٥٥ - ١١٠

- دراسة الأطوار الفينولوجية *Phenologie* لأهم الأنواع النباتية المزروعة وبعض اللواتج الحرجية والرعية والطبية والعطرية وحتى الخشبية التي يعتمد عليها الإنسان في تأمين وقود التدفئة وإنتاج الخشب ، وتحديد مدة كل طور والاحتياجات المناخية المناسبة من حرارة ورطوبة وإشعاع شمسي ، وذلك بهدف اختيار مواعيد الزراعة المناسبة وإجراء العمليات الزراعية الضرورية حسب أحوال الطقس الملازمة لكل عملية ، ومتابعة انتخاب واختيار الأنواع والأصناف والسلالات التي تعطي أفضل إنتاج .

- دراسة الميزان المائي *Bilan hydrique* التي تتضمن تحديد معامل النتح والتبخر الحقيقي وحساب السفنات المائية وحاجة المحاصيل من مياه الري ، وصولا إلى تحديث طرق الري للاقتصاد بكميات المياه وتأمين التوسع الأفقي في الزراعة .

- مراقبة تغيرات الطقس وتسجيل درجات الحرارة وكميات المطر والتنبؤ بالعواصف الجوية الضارة بالزراعة مثل الجفاف والحر

- النشرة الجوية الزراعية *Bulletin agrometeorologique* التي تتضمن كافة المعلومات المناخية التفصيلية التي تهتم الفلاح والباحث الزراعي وتصدر بشكل دوري كل عشرة أيام وتساعد في وضع المفكرة الزراعية السنوية التي تحدد موعد بدء السنة الزراعية وأهم العمليات الزراعية الضرورية لنجاح وتنمية الزراعة وزيادة الإنتاج العمودي في وحدة المساحة .

تعتمد الأرصاد الزراعية اعتمادا مباشرا على العناصر التالية :

١ - بالنسبة للأنواع النباتية البرية والمزروعة :

- دراسة البذور والحبوب ومصدرها وحيويتها ونسب إنباتها في الحقل والمخبر وصلاحياتها للزراعة وسبل تخزينها وحفظها .

- نمو وتطور الأنواع مرورا بكافة مراحلها ودور الحرارة والرطوبة والأشعة في تحقيق نجاح الزراعة والتجارب الحقلية .

- مدى تأقلم الأنواع المحلية مقارنة بالمدخلة والعوامل الأكثر تحديدا لنجاح الزراعة وانتشار الأنواع المناسبة لكل منطقة .

- تطور السلالات المحلية وتدهور بعضها والتغيرات الفسيولوجية مثل نسب النمو ومعدلات الإنتاج العادية لعدة سنين .

- الزراعة الاقتصادية أو التفضيلية التي تلائم منطقة دون غيرها وعلاقتها بأهم المتغيرات المناخية الكبرى وسبل نجاحها .

٢- العناصر المناخية الأساسية الواجب دراستها قرب النباتات في الحقل مباشرة أو في محطات أبحاث الرصد الزراعي :

- دورة الماء وعلاقتها بالماء الأرضي والرطوبة الجوية وأثر كميات ومواعيد الهطولات المفيدة والضارة بالزراعة .
- التوازن المائي في الحقل ومصادر الماء سواء من المطر أو الندى أو السيول ودور المصارف في الحد من الطوفان .
- درجات الحرارة العظمى والمثلثى والنملى ودورة الحرارة والطاقة قرب النبات والآثار المتبادلة بين النبات والهواء والتربة .
- المناخ الموضعي ودور النبات ومصدات الرياح في تعديل المناخ وخاصة في الزراعات البينية المختلطة : Intercallee .
- الماء الأرضي وأشكاله ودور بنية وتركيب التربة في حفظ الماء والماء المتاح وعلاقته بدرجة أعماق التربة والهواء .
- ٣ - دراسات الأرصاد الزراعية والمناخ الزراعي :
 - دراسة الوسط الفيزيائي ومكونات الغلاف الجوي وتغيرات الحرارة والضغط الجوي عبر طبقات الجو .
 - استخدام الأجهزة والمقاييس الخاصة بالرصد الزراعي والتأكد من دقتها وصلاحياتها لتحقيق الرصد المطلوب .
 - تطوير الاستفادة من مخططات الطقس والخرائط الجوية والبحث في أفضل السبل للتنبيه الزراعي الفعال .
 - متابعة رصد الظواهر الجوية الضارة بالزراعة وتقدير مدى تكرارها والتنبؤ بإمكانية حدوثها للحد من آثارها .
- ٤ - المساهمة في وضع خطط مناسبة متوسطة وطويلة الأجل زراعية واقتصادية وسياحية وسكانية حسب المناخ .
- هذا ويمكن للمناخ أن يؤثر تأثيرا كبيرا على الترب الزراعية وخاصة على سطح الأرض ، فهو المسؤول الأول عن تشكل التربة وتطورها ونضجها اعتبارا من الصخرة الأم ، كما قد يكون سببا مباشرا أو غير مباشر في تهور التربة وتدني إنتاجها وتراجع خصوبتها وحتى العقم التام في الأراضي المستجدة والملحية والكلسية ، وتظهر بعض عيوب التربة على النحو التالي :
 - الملوحة وتزهر الأملاح على السطح بشكل واضح يزداد مع زيادة التبخر وشح الهطول في المناطق الجافة والسهبات .
 - عيوب الخصوبة وتغير درجة PH التربة لتصبح شديدة القلوية أو الحامضية مما يؤدي إلى تثبيت بعض العناصر الغذائية ومنع امتصاصها من قبل النبات ، لهذا تثبج التربة غير صالحة لنمو المحاصيل وتخرج من الزراعة وتحتاج إلى عمليات إصلاح .
 - عرق التربة نتيجة قلة نفاذيتها وتزايد كميات المطر والمياه الواردة من المرتفعات المجاورة ويلاحظ الفرق في الأراضي المنخفضة التي تصبح غدقة سيئة التهوية وتحتاج لشبكات المصارف لتحسينها مثال معظم أراضي هولندا تحت مستوى البحر .
 - قلة المادة العضوية والذبال نتيجة التحلل السريع وحرائق الحصاد يؤدي على فقر التربة وتفككها وانجرافها بالهواء والماء .
 - الجفاف الشديد والتحول إلى Aridite ونسبة الغطاء النباتي وعدم قدرة التربة على حفظ الرطوبة وتدني الانتاج حتى العقم التام .
 - التصحر كظاهرة طبيعية وتمدد وزحف الصحراء وشهد القرن العشرين تمدد الصحراء الكبرى جنوبا لمئات الكيلومترات .
 - مساهمة الإنسان في تصحير مناطق شاسعة على أطراف الصحاري عن طريق الرعي الجائر والتحطيب وفلاحة الأرض .

دراسة الأطوار الحياتية : Stades phenologiques

يساهم الفنيون الزراعيون بدراسة مستفيضة ودقيقة لأطوار حياة النبات وخاصة الأنواع الرئيسة التي تساهم في الدخل الوطني ويعتمد معظم المزارعين على نتائجها ، وذلك في محطات الرصد الزراعي أو حقول التجارب وحتى في المزارع والبساتين ، وتنفذ تجارب محددة ضمن شروط مثالية نوعا ما لكل محصول لتقدير طول كل طور من أطوار النمو والاحتياجات الحرارية والمطرية والضوئية لكل طور ، سواء تحت ظروف التجارب الدقيقة أو الحقل المفتوح ، والاستفادة من نتائج مثل هذه التجارب في تحديد مواعيد الزراعة والاحتياجات المائية والمناخية لكل محصول خاصة الأنواع المحسنة والمدمجة بهدف توطئتها .

١- الإنبات : Germination يبدأ الإنبات اعتبارا من وضع البذور في الأرض الرطبة وحتى ظهور البادرات فوق سطح التربة مروراً بالانقاش والإنبات ويزوغ البادرة ، ولا بد من تحديد الزمن اللازم لظهور العدد الكافي من النباتات حسب كثافة البذار .

٢- النمو الخضري : La croissance vegetative ويبدأ بعد الإنبات مباشرة وذلك بنمو بطيء نسبيا بسبب صعوبة تأكلم البادرات الرقيقة والغضة مع الوسط المحيط ، ويترافق مع بداية تشكل وتطور المجموع الجذري الذي يدفع بنمو أسرع بعد ذلك .

٣- البلوغ : Maturite يقصد بطور البلوغ استمرار نمو النبات وتسارعه وصولا على المرحلة التي يصبح عندها قادرا على التكاثر الجنسي نتيجة تشكل البراعم الزهرية وتطور الأزهار داخل البرعم مثل تعرض التفاحيات لعدد كاف من ساعات البرودة .

٤- الإزهار : Floraison وهنا يبدأ ظهور وتفتح الأزهار الخنثى عادة أو المذكرة والمؤنثة وتدل وفرتها على مواسم واحدة .

٥- التلقيح : Fecondation ويؤدي إلى تشكل الثمار والبذور ، يحدث التلقيح نتيجة اتحاد الأعراس المذكرة والمؤنثة في الزهرة الخنثى ويسمى تلقيح ذاتي ، وقد ينتقل غبار الطلع من زهرة لأخرى في التلقيح الخلطي سواء بواسطة الحشرات أو الريح أو الماء .

٦- الإثمار : Fructification قد يتعذر التلقيح لسبب أو لآخر مثل الرياح الشديدة التي تحد من طيران النحل أو الصقيع ، لكن حدوث تلقيح ٩٠ ٪ من الأزهار لا يعني بالضرورة الحصول على أكثر من نصفها كثمار ، ويلاحظ تساقط نسب كبيرة من الثمار رغم تشكلها خاصة بسبب الحرارة المرتفعة أو الصقيع الخفيف الذي قد يتلف ١/٤ إلى ١/٢ الثمار التي تساقط فوراً بعد العقد .

٧- العقد : Noaison وبداية تشكل الثمرة وتطورها السريع وتنافسها على الغذاء وصولا إلى حجمها الكامل في نهاية الموسم .

٨- النضج : Maturation تبدأ الثمار تدريجيا بتغيير لونها ليللا على قرب نضجها ويترافق ذلك مع رائحة مميزة لكل ثمرة .

٩- القطف : Cuillette أو الحصاد أو الجني ويعرف المزارع بالفطرة أفضل موعد لقطف أي نوع لتسويقه بالشكل المناسب .

١٠- التخزين : Conservation وتحقيق الشروط المناسبة لحفظ المحصول وصولا إلى التسويق بحالة مرضية للمستهلك .

أطوار نمو أهم الأنواع المزروعة :

- الحبوب Cereales وخاصة القمح والشعير : الإنبات - ظهور البادرات - الورقة الثالثة - الإشتاء - استطالة الساق - ظهور السنبال - العقد - النضج اللبني - النضج العجيني - النضج التام والحصاد .

- القطن : Coton الإنبات - ظهور البادرات - الورقة الأولى - الورقة الثانية - الورقة الثالثة - ظهور البراعم الزهرية - الإزهار - تشكل الجوزات - تفتح الجوزات - القطف مرة واحدة أو أكثر .
الأشجار المثمرة : Arbres fruitiers مثل التفاح : التبرعم الشتوي - انتفاخ البراعم - تفتح البراعم - ظهور الأزهار الزهرية - الإزهار - تكشف البتلات - الإزهار الكامل - سقوط أول البتلات - سقوط آخر البتلات - ظهور الثمار بعد العقد - بداية انتفاخ الثمار - تلون الثمار - تمام تشكل الثمرة - الاصفرار وبداية النضج - القطف .

يعتمد الرصد الزراعي عادة على تتبع هذه الأطوار في حقول تمثل المناطق المدروسة واختبار العوامل الجوية والتربة والمائية والسماوية التي تتحكم في مدة كل طور ، وشمكانية تقصيرها مثلا هربا من البرد أو الجفاف ، ويستفيد الرصد من كافة معادلات ومقاييس الأرصاد الجوية التقليدية والمعادلات المناخية وكذلك التمثيل البياني للمناخ ويستعمل في محطات الرصد الزراعي ما يلي

- المعادلات المناخية ومقارنات المناخ التي تستند إلى عامل مناخي أو أكثر من عامل وقيمه المسجلة لعدة سنوات ومتوسطاتها .
- تصنيفات المناخ وخاصة التصنيف الحيوي الذي يرتبط بشكل مباشر مع الغطاء النباتي الطبيعي ويدل على انتشار الزراعات .
- التمثيل البياني للمناخ وتحديد المناطق المناخية وحدودها الحرارية أو المطرية نظرا لأهمية هذين العاملين في نجاح الزراعة .
- جمع البيانات والمعطيات المناخية المتوفرة وتوثيقها وتصنيفها وتحليلها ومعالجتها إحصائيا وتحديد القيم المتطرفة والضارة .
- استعمال الحاسوب والمعادلات الإحصائية لاستيعاب الكم الهائل من الأرقام وصولا إلى التنبؤ ووضع خرائط زراعية مناخية .

تستخدم محطات الأرصاد الزراعية مقاييس الحرارة والمطر التقليدية كما تستفيد من محطات الرصد الجوي القديمة ، وتحتل بالدوات والجهزة اللازمة لدراسة المناخ الموضوعي قرب النبات ، فاستخدم مقاييس متنقلة للحرارة والرطوبة وسرعة الرياح ، تعد ذات فائدة في دراسة المناطق النائية غير المجهزة بمراكز رصد دائمة .

وبعد الحصول على المعطيات الرقمية الخطوة الأولى في طريق دراسة المناخ الزراعي والتي يجب أن تتبع بتحاليل ودراسات تفصيلية لتغير الطقس وحالة المناخ استقرارا أو تذبذبا ، وتحديد التقسيمات المحلية سواء حسب خطوط العرض أو حسب الارتفاع عن سطح البحر ، ودراسة واقع الزراعات المحلية ومدى تفاعلها مع تغيرات الطقس ونجاحها وصولا إلى إنتاج مناسب ومستقر وكذلك متابعة إدخال أصناف وزراعات جديدة ومدى تأقلمها ونجاحها في الأراضي المستصلحة مثلا .

هذا وتعد الحرارة عاملا هاما وأساسيا يحدد انتشار وتوزيع ونجاح الأنواع النباتية على سطح اليابسة ، وترتبط ارتباطا مباشرا بالإضاءة الواصلة إلى سطح الأرض ، ولا بد أن تتضمن دراسات وأبحاث الرصد الزراعي أخذ هذين العاملين بعين الاعتبار :

١ - الحرارة ودورها في تحديد أماكن انتشار النباتات المزروعة : ويمكن التعبير عنها بإحدى القيم التالية :

- صفر النمو : Zero de vegetation عبارة عن درجة الحرارة التي يبدأ عندها النبات بالنمو بينما يتوقف دونها ، وبعد الحد الحراري لسكون النباتات المعمرة ، هذا وتؤكد كافة العمليات الفسيولوجية بهذه الدرجة لتبدأ بالنشاط عندها وتستمر بعدها .

- الحرارة الدنيا : Temperature minimale = minima = m وهي تشبه إلى حد بعيد صفر النمو وعندها تكون بداية النمو .

- الحرارة المثلى : Temperature optimale = optoma = O وهي درجة الحرارة التي يكون عندها النمو أعظميا بشرط عدم وجود أي عامل محدد آخر يعيق النمو وكافة العمليات الفسيولوجية في النباتات مثل الجفاف .

- الحرارة العظمى : Temperature Maximale = Maxima = M وهي درجة الحرارة القصوى التي يمكن أن يستمر النمو عندها رغم أنه يصبح بطيئا تدريجيا ليتوقف تماما بعدها ، والجدول رقم () يبين قيم الحرارة الدنيا والمثلى والعظمى لبعض المحاصيل :

نوع المحصول	الحرارة الدنيا (م)	الحرارة المثلى (م)	حرارة عظمى (م)
قمح وشعير	٥ -	٢٥ - ٣١	٣١ - ٣٧
قنب	٥ -	٣٧ - ٤٤	٤٤ - ٥١
عباد الشمس	٥ - ١٠	٢١ - ٣٧	٣٧ - ٤٤

ذرة	١٠ - ٥	٤٤ - ٣٧	٥٠ - ٤٤
قرع	١٥ - ١٠	٤٤ - ٣٧	٥٠ - ٤٤
خيار	١٨ - ١٥	٤٤ - ٣٧	٥٠ - ٤٤

جدول رقم ()

الحرارة المتراكمة : Temperature cumulee Tc وهي مجموع درجات الحرارة اليومية المتجمعة التي تزيد عن درجة الحرارة الصغرى أو صفر النمو وذلك خلال فترة النمو النشط أو أية مرحلة من مراحل النمو أو طور من أطواره ، والجدول رقم () يبين قيم الحرارة المتراكمة لمحصول القمح

أطوار النمو الحرارة المتراكمة فوق + ٥ م

٦٧	الزراعة - ظهور البادرات
٦٧	ظهور البادرات - الإشتاء
٢٣٠	استطالة الساق - ظهور السنابل
٢٣٠	ظهور السنابل - النضج اللبني
٢٣٠	النضج اللبني - النضج الطحيني

والجدول رقم () يبين قيم الحرارة المتراكمة للنبات القطن خلال أطوار نموه المتتالية :

طور النمو اعتبارا من الزراعة الحرارة المتراكمة فوق + ١٠ م

٨٤	ظهور البادرات
١٨٠	ظهور الورقة الأولى
٢٢٠	ظهور الورقة الثانية
٢٨٠	ظهور الورقة الثالثة
٣٢٠	ظهور الورقة الرابعة
٣٨٠	ظهور الورقة الخامسة
٥٠٠	ظهور البراعم الزهرية
٩٥٠	الإزهار أصناف مبكرة
١٠٠٠	الإزهار أصناف معتدلة
١٠٥٠	الإزهار أصناف متأخرة
١٨٠٠	تفتح أول جورة
١٩٦٠	تفتح أول جورة أصناف متأخرة

جدول رقم () الحرارة المتراكمة لنبات القطن

- المدى الحراري : Amplitude thermique ويقصد به الفرق بين درجتى الحرارة العظمى والدنيا والتي يكون نمو النبات فيها ممكنا بينما يتوقف تماما أو بصورة مؤقتة خارج هذا المدى . كما تختلف قيم الحرارة المتراكمة بين المحاصيل الشتوية التي تكفي بدرجات حرارة معتدلة مقارنة مع المحاصيل الصيفية شديدة الحاجة لدرجات حرارة مرتفعة لإتمام دورة حياتها ، والجدول رقم () يبين صفر النمو والاحتياجات الدنيا والعظمى لأهم المحاصيل المزروعة في القطر :

المحصول صفر النمو م احتياجات الحرارة المتراكمة حتى النضج م

١٦٠٠ - ١٥٠٠	٥ - ٤	قمح
١٥٠٠ - ١٤٠٠	٥ - ٤	شعير
١٦٠٠ - ١٤٠٠	٥ - ٤	شوفان
١٦٠٠ - ١٤٠٠	٦ - ٥	كتان
٢٧٠٠ - ٢٤٠٠	٨ - ٧	عباد الشمس
١٠٠٠	٨	بطاطا

ذرة صفراء	١٠	٢٤٠٠	-	٢٨٠٠
فاصولياء	١٠	١٨٠٠	-	١٩٠٠
ذرة بيضاء	١٠	١٦٠٠	-	١٩٠٠
كرمة	١٠	١٧٠٠	-	٣٨٠٠
بلدورة	١٠	١٠٠٠	-	١٦٠٠
خيار	١٣	١٤٠٠	-	١٨٠٠
ارز	١٤ - ١٥	٢٥٠٠	-	٢٨٠٠
قطن	١٤ - ١٥	٣٥٠٠	-	٣٨٠٠

جدول رقم () قيم صفر النمو والاحتياجات الحرارية لبعض المحاصيل الهامة

الإضاءة وأثرها على النبات : Effet de la lumiere sur la plante

يصل الضوء إلى سطح الأرض من مصدر وحيد هو الإشعاع الشمسي وتلقى الأرض قدرة إشعاعية قيمتها حوالي حرارة واحدة على كل سم² / ثانية ، بينما يصل ضعفها إلى سقف الغلاف الجوي ويقدر بنصف جزء من مليار من الطاقة الكلية الصادرة عن الشمس ، تتعرض الأشعة الواردة أثناء مرورها عبر الغلاف الجوي إلى امتصاص انتقائي حيث يحجز الأوزون الأشعة فوق البنفسجية الضارة ذات الموجات القصيرة بين ٠,٢ و ٠,٣ ميكرون وهي تشكل ٨٠ % من الأشعة المذكورة .

ويمتص غازا الأوكسجين والأزوت كافة الإشعاعات ذات الموجات دون ٠,٢٣ ميكرون ، وذلك في الطبقات العليا من الجو ، ويمتص غاز ثاني أوكسيد الكربون وبخار الماء معظم الأشعة تحت الحمراء ، وهكذا يصل إلى سطح الأرض حوالي نصف الطاقة الواردة معظمها على شكل أشعة مرئية ذات أطوال موجات بين ٠,٤ و ٠,٨ ميكرون ، إضافة للأشعة فوق البنفسجية وتحت الحمراء وموجات الراديو التي تزيد أطوالها عن ١٠٠ ميكرون ، وتقدر طاقة الأشعة الواصلة إلى سطح الأرض بحوالي ٣٠٠ واط / م² ، يدل اللون الأزرق على تأثير الأشعة الزرقاء بشدة على جزئيات غازات الهواء وهذا يعطي اللون المميز للسماء الصافية دائما ، بينما يدل اللون الأبيض والمغبر على عدم صفاء الجو وزيادة ذرات التراب والرمال المعلقة ، وتغطي سماء المدن الكبيرة والمناطق الصناعية سماء رمادية مسودة ومكفهره بسبب التلوث الشديد وزيادة تركيز الدخان والأبخرة وتراكبها .

والعاكسية هي قدرة الأسطح على عكس الأشعة التي تلتقيها وتتراوح قيمها بين أقل من ٣٠ % فوق المراعي والغابات والترب العارية ، وحوالي ٥٠ % فوق المزارع والتلوج ، وأكثر من ٧٥ % فوق الغيوم والتلوج النظيفة والمحنيطة .

- أثر الإضاءة على النباتات : تثبت معظم بذور النباتات البرية رغم تعرضها للإضاءة لفترات طويلة وتحتاج بعضها للظلمة .

- التمثيل الضوئي : تزيد شدة الإشعاع من سرعة عملية التمثيل وزيادة تصنيع السكريات وذلك في حال توفر كافة العوامل الضرورية لهذه العملية ، وسبولا على الحد الأعظمي لشدة الإضاءة الذي يختلف من نوع لآخر ، وتكتفي نباتات الظل بحد أدنى .

- النمو : يصبح نمو النبات مشوها نتيجة تعرضه للظلام لفترات طويلة تنتهي بموته بعد الاصفرار ونفزم الأوراق واستطالة الساق

هذا وتحتاج معظم النباتات إلى تباين شدة الإضاءة وتبدل طول الفترات الضوئية لإتمام دورة حياتها ومراحل نموها حتى النضج .

الفترة الضوئية : Photoperiode على مجموع عدد ساعات اليوم أو الشهر أو موسم النمو التي تشرق فيها الشمس وتصل أشعتها إلى الغطاء النباتي وهي تعادل ٢٤ - عدد ساعات الليل وعدد ساعات التخميم الشامل الذي قد يحجز معظم أشعة الشمس المباشرة وغير المباشرة ، وتقسم هذه الفترة إلى طورين هما : الطور المضاء Photophase والطور المعتم Scotophase ويتساوى هذان

المطوران في الاعتدالين بينما يصل طول الليل إلى ستة أشهر في الشتاء القطبي حيث ننعهم كافة أشكال الحياة تماما ، وتقسّم النباتات وخاصة الأنواع المزروعة حسب احتياجاتها الضوئية إلى الأقسام التالية :

١ - نباتات محبة للضوء إجبارية : *Heliophyte obligatoire* مثل نباتات الصحاري والسهوب والجبال والمحاصيل الحقلية .

وهي تحتاج ٩ / ١٠ الإشعاع التام لتعطي تمثيلا أعظما .

٢ - نباتات محبة للظل اختيارية : *Sciaphyte facultative* يمكن ان تتحمل الإضاءة الكاملة او الجزئية بنسب متفاوتة مثل :

- أنواع ضعيفة التحمل : تعيش تحت الغابة تتحمل بحدود ٥٠ % من الإضاءة الكاملة مثل سنكس القانم *Stachys erecta*

- أنواع متوسطة التحمل : تنمو تحت الغابات العادية وتتحمل ٢٥ % من الإضاءة مثل شعير جداري *Hordeum murinum*

- أنواع جيدة التحمل : تنمو تحت الغابات الكثيفة وتكفي ب ١٥ % من الإضاءة مثل جيرانيوم بري *Geranium pratense*

- أنواع شديدة التحمل : تنمو في الظل تحت ٥ - ١٠ % من الإضاءة مثل الطحالب والأشن وهو الحد الأدنى الضروري لحياة النباتات الأرضية ، بينما تتراوح النباتات البحرية في قدرتها على الاستفادة من الضوء بين أجزاء بالمئة في الطبقات السطحية وحتى جزء من ٢٠٠٠ في أعماق البحار حيث تنمو بعض طحالب الأغوار العميقة ، ويسمى هذا الحد حد الإضاءة الحيوي الأدنى *Minimum trophique d eclairement* والذي لا يمكن لأي نوع نباتي العيش دون مستواه .

٣ - نباتات محبة للظل إجبارية : *Sciaphyte obligatoire* لا يمكن لهذه الأنواع تحمل أشعة الشمس المباشرة أبدا وتنمو عادة بين حدين أعلا وأدنى من الشدة الضوئية :

النوع	الإضاءة الدنيا %	الإضاءة العليا %
<i>Prenanthes purpurea</i>	٥	١٠
<i>Geranium robertianum</i>	٧	٧٤
<i>Alliaria officinalis</i>	٩	٣٣
<i>Anemone nemorosa</i>	٢٠	٤٠

ويمكن تمييز ثلاث فئات من النباتات حسب مدى تحملها لتناوب الليل والنهار او حسب طول الفترة الضوئية وهذه الفئات هي :

- نباتات النهار القصير أو الليلية : *Nyctiperiodique* وهي أنواع تزهر في أوائل الصيف بعد تعرضها للنهار القصير خلال الشتاء والربيع وتشمل الأنواع القطبية والجبلية التي تقتصر فترة نموها على فصل الصيف القصير مثل المحاصيل الشتوية .

- نباتات النهار الطويل : *Hemiperiodique* تزرع عادة في اواخر الشتاء وتنمو في الربيع والصيف تحت تأثير طول النهار ولا تنمو إلا في أواخر فصل الصيف مثل المحاصيل والخضار العسيفية وتشمل معظم نباتات المناطق المعتدلة .

- نباتات محايدة : *Aphotoperiodique* تزهر معظمها طوال العام كما يزهر بعضها بعد تعرضه للظلام مثل أنواع الأبهال .

وتؤثر الإضاءة تأثيرا مباشرا في حياة الحيوان من حيث النشاط والراحة والتكاثر ، وتتحكم على حد بعيد مع درجات الحرارة المرتبطة بها ارتباطا مباشرا في توزيع وانتشار وهجرة وسكون الحيوان ، وتلعب الفترة الضوئية وتناوب الليل والنهار دورا حاسما في حياة كافة الأنواع الحيوانية حسب الإيقاع الحيوي : *Biorythme* الخاص بكل فصل وحتى أسبوع ويوم من الحياة ، وبشكل خاص الإيقاع اليومي : *Circadien* والذي يشمل كافة نشاطات الفرد والجماعة خلال ٢٤ ساعة ومدى تأثير الضوء والظلمة على النظام او خلل يحدث في هذا الإيقاع ، مثال عن النشاط المعتاد لأي حيوان في أي مكان وزمان حسب الضوء :

الراحة الليلية أو النهارية بعد الرعي وورود الماء والاكتفاء من الغذاء أو العلف أو بعد التعب من الهرب والجري .
التغذية والبحث عن المصدر المناسب لكل نوع وفق ساعات النهار عامة أو النشاط والصيد الليلي حسب توفر الفرائس .
النشاط الإنساني وفق ساعات العمل والراحة والرياضة والتسلية والرحلات الطويلة والاستكشاف والانتشار البشري .
الأثر البيولوجي والفسيولوجي للإضاءة والساعة البيولوجية لكل حيوان وتحكمها بطله وترحاله وهجراته المنتظمة .
التظام ساعات الراحة والنوم واختلافها حسب الفصول وخطوط العرض ومواسم التفتية والتصيف وحفلات الربيع .
خلل الساعة البيولوجية بعد الرحلات الطويلة عبر القارات وصعوبة تأقلم الإنسان والحيوانات المدخلة لمناطق جديدة .
هجرات الأسماك والطيور والثدييات والأغنام وعلاقتها بالفصول والحرارة والضوء وتوفر الماء والغذاء والبحث عنهما .
نشاط الحشرات وسكونها ودورة أجيالها وعلاقتها بالضوء والحرارة وتوفر العائل ومصدر الغذاء وكذلك الأعداء الحيوية .
دور الحرارة والضوء في أطوار نمو الحيوان ونضجه الجنسي ومواسم تشكل الأزواج وتربية الصغار ونمو الجماعات .
تمتلك بعض الأنواع الليلية وحيوانات الأحماق مصادر طاقة خاصة تعطي أشعة ذاتية حية Biolumenence تساعد في التوجه تحت جناح الظلام ، وطرد الأعداء والتعرف على الفرائس وكذلك التزاوج والاقتران ، كما تعيش بعض الأنواع بشكل دائم في المغاور والكهوف Cavernicole وداخل الجحور والأنفاق بشكل دائم أو شبه دائم ، وتكتفي بالحد الأدنى من الضوء ، هذا وتفضل حيوانات الأدغال والشجر Arboricole العيش بعيداً عن أشعة الشمس المباشرة معظم ساعات النهار .

الرطوبة والكائنات الحية : L humidite et les vivants

ترتبط الحياة بكافة أنواعها ارتباطاً وثيقاً بالماء الذي يدخل بنسب تزيد عن ٦٠ - ٧٠ % من وزن الكائنات الحية ، وما الخلية سوى غلاف نصف نفوذ ينظم مرور الماء ويؤمن تبادل المواد مع الوسط المحيط وهو يحتوي السيترولازمة بداخله والتي يؤلف الماء معظم مكوناتها مع وجود مواد منحلة ومعلقة بنسب متفاوتة لذلك لا يزيد وزن الخلية الفتية إلا قليلاً عن وزن الماء الصافي ، هذا وتتنوع الأحياء على سطح الأرض توزيعاً يتناسب مع مدى توفر الماء والرطوبة ، ويسجل تناقص الكثافة والتنوع مع تناقص الهطول لتتعدى الحياة تماماً في الصحراء الحقيقية وينحصر وجودها في الواحات والوديان في معظم صحارى العالم ، كما يساهم الماء مساهمة فعالة في التنظيم الحراري الكلي على سطح اليابسة وفوق المحيطات عن طريق تحوله تحت تأثير الحرارة من الشكل السائل إلى الغازي أو الجامد وحتى داخل أجسام الأحياء ، وذلك لأن الناقلية الحرارية للماء تزيد ٢٠ مرة عن ناقلية الهواء ، وتقدر كمية الحرارة اللازمة لتبخير ١ غ من الماء بحوالي ٥٣٩ حريرة وكما تصل كمية الحرارة التي تنطلق من بخار الماء إلى ثلج في الجو إلى ٦٥٠ حريرة لكل ١ غ ، ولإعطاء فكرة عن سوء توزيع الهطول والمياه العذبة المتاحة ضمن المنطقة المناخية الواحدة نبين كميات المياه والميزان المائي في حوض البحر الأبيض المتوسط كما يلي :

- يصل مجمل الهطول بكافة أشكاله إلى ٥٧٦ كم٣ سنوياً وهو يعادل ١٨ ألف م٣ في الدقيقة .
- يتلقى الحوض الشمالي للبحر ٤٦٠ كم٣ أي أربعة أضعاف الهطول ويكتفي الحوض الجنوبي بحوالي ١١٥ كم٣ فقط .
- تتوزع الكميات الهائلة فوق الحوض الجنوبي في الغرب والشرق العربي على النحو التالي :

الزراعة ٧٠ % الشرب ٢٠ % الصناعة ١٠ % ولا تشكل هذه الكميات سوى ١٥ كم ٣ فقط

يتبخّر سنوياً ٦ % من الأمطار وينتج عن ذلك انخفاض مستوى سطح البحر ١ م / سنة يعوض عن طريق مضيق جبل طارق .

يعود نحو البحر ٨١ % من الأمطار يصل منها ٩٦ % من السواحل الشمالية وكمية الوارد من السواحل الجنوبية ٤ % فقط .

الثلج : La neige

يلعب الهطول الثلجي الدائم أو المؤقت دوراً هاماً في تحديد وانتشار الحياة على سطح الأرض ويسجل هبوب عواصف ثلجية مدمرة في مناطق عديدة من العالم خاصة في الجبال والمرتفعات وقد تصل غلي السهول وحدود الصحراء ، فقد هطل الثلج شتاء العام ١٩٩٢ لعدة أيام شرقي المتوسط واستمر لأكثر من خمسين يوم متتالية في سرغايا وبيت جن وعرة ووصل ارتفاع الغطاء الثلجي خمسة أمتار و كما غطت الثلوج معظم دول شرقي المتوسط اعتباراً من تركيا مروراً ببلاد الشام وحتى شمال السعودية وهو أعظم هطول سجل خلال القرن العشرين ، هذا وتبقى درجات الحرارة حوالي الصفر تحت الثلج بينما قد تنخفض لوقت حتى - ٢٥ م و - ٥٠ م ويلجأ الأسكيمو لبناء بيوتهم من الثلج كمادة عازلة للبرد الشديد ، كما تحفر التوارض أنفاقاً تحت الثلج ، ولا يمكن للأشجار تجاوز خط انتشار الغابات Timber line تجاه التندرة وأعلى الجبال حيث تنمو بعض الشجيرات القزمة تحت الثلج . ويلجأ المزارعون لتغطية الكروم وأشجار التين بالتربة في المناطق الباردة لوقايتها من الصقيع القاتل ثم تكشف في الربيع لتزهر وتثمر من جديد ، وتهاجر معظم الأحياء بما فيهم سكان أعالي الجبال هرباً من العواصف الثلجية والانهيئات المدمرة إلى السهول المجاورة بانتظار الربيع التالي ، كما يغامر المنسلقون ورواد الجبال في اكتشاف القمم العالية والمسالك الوعرة والتزلج على الثلج

الضغط الجوي والرياح : Pression atmospherique et Vents

يعرف الضغط الجوي بأنه وزن عمود الهواء عند سطح البحر وتبلغ قيمته ١٠١٣ مليبار أو ٧٦٠ سم زئبق وتتناقص قيمه إلى النصف عند ارتفاع ٦ كم وإلى العشر تقريباً بعد ارتفاع ١٧ كم ، يتألف الهواء الجوي من ٧٨ % آزوت و ٢١ % أوكسجين وغازات أخرى أهمها غاز ثاني أوكسيد الكربون وبخار الماء ، وهما يدخلان في عملية التمثيل الضوئي رغم ضآلة نسبتهما و يعد الأزوت غازاً خاملاً بالنسبة للأحياء لكنه يزود التربة بأكاسيده بعد اتحاده بالأوكسجين تحت تأثير البرق والعواصف الرعدية ، كما يقلل من أثر الأوكسجين سريع الاشتعال ، وتأتي أهمية الأخير كونه ضرورياً لتنفس معظم الأحياء وإضافة إلى دخوله في تركيب الماء وغاز الكربون والأكاسيد الأخرى ، وكذلك أكثر المركبات العضوية والفلزات ، ويصادف على شكل جزيئي أو ذري وينتج عن اتحادهما الأوزون O₃ ، ويذوب في الماء بنسبة ٢٠٠ / ١ مرة من وجوده في الهواء الجوي ومع ذلك تحتاجه الأحياء البحرية للتنفس ، تصل أعلى نسبة للأوزون إلى ٦٠٠ مغ / ١٠٠ ل هواء على ارتفاع ٣٠ كم وتتناقص تدريجياً لتصل ٤ مغ فقط عند مستوى سطح البحر ، وقد تنضاعف النسبة الأخيرة في جو المدن والمناطق الصناعية بسبب التلوث الغازي الشديد .

تبقى نسب الأوكسجين وغاز الكربون ثابتة تقريباً في الهواء الجوي رغم تزايدها فوق المناطق المكتظة والصناعية والمطارات والمرافئ و لتصل نسبة الأخير إلى حد الاختناق كما حصل في لندن وبعض مدن اليابان الكبيرة .

وتسبب هذه الزيادة احتمال ارتفاع حرارة الأرض في المستقبل وذوبان الثلوج الدائمة وارتفاع مستوى سطح البحار .

تتغير نسب هذين الغازين في التربة فيتناقص الأوكسجين حتى الصفر وقد يتزايد غاز الكربون حتى ٢٠ % نتيجة سوء التهوية .

هذا وتحدد حركة الرياح وسرعتها واتجاهها حسب تدرج الضغط وتوزيع اليابسة والمحيطات ودوران الأرض وقوة الجاذبية والطررد المركزي ، وتؤثر الرياح مباشرة على تغير درجات الحرارة وتغير

الرطوبة حسب حرارة ورطوبة الكتل الهوائية ، فتحدد سرعة التبخر و تفيد الرياح الخفيفة وأنواع النسيم في تلطيف الجو وتنشيط الأحياء بفضل الأشعة المتأينة التي تحملها معها .
بينما يؤدي استمرار هبوب الرياح إلى زيادة التبخر وإضعاف نمو النبات والحد من حركة الحشرات ، وحتى إتلاف المحاصيل وقلع الأشجار وهدم المنازل ومنع الرياضة والطيران .
ومع كل ما تقدم تعد طاقة الرياح والطاقة الشمسية من الطاقات المتجددة والنظيفة التي لم يفلح الإنسان في استخدامها وتعميم الاستفادة منها رغم التجارب الناجحة في أرجاء العالم ، وقد تم التركيز مؤخرا على هذه الطاقات وضرورة تهيئتها والاستفادة من مخزونها الذي لا ينضب والذي لا يلوث البيئة ولا يساعد قطعا على رفع درجة حرارة هذا الكوكب الفريد الذي يستحق كل عناية وإدارة بيئية سليمة ومستدامة .

أثر الأحياء على المناخ المحلي : Etres vivants et microclimat

يختلف مدى تأثير المناخ عامة حسب مجال انتشار الأنواع الحية ومدى توفر احتياجاته البيئية في هذا المجال ، ويحدد المناخ العام توزيع التشكلات النباتية الكبرى في العالم ومناخ المحيطات ، بينما يتحكم المناخ المتوسط فوق قارة أو دولة كبرى في النشاط الإنساني والزراعة والري وغيرها ، كذلك ينحصر تأثير المناخ المحلي أو الدقيق عند مستوى الحقل أو الحظيرة أو المرعى بجوار النبات والحيوان مباشرة ، وتساهم المجتمعات النباتية والجماعات الحيوانية بما فيها النشاط البشري في تعديل المناخ وتحويره بدرجات متفاوتة حسب عددها وكتلتها وفضلاتها ، تتعايش الزرافات مع أكالات العشب رغم عدم التنافس لأنها تكفي برعي الأشجار العالية وهي تحتاج لعشرات الكيلومترات لتأمين بقائها ، بينما تكثفي القوارض بعشرات الأمطار والحشرات بعدة أمتار فقط ، ومع ذلك يكون تأثير كل نوع في مجال انتشاره مختلفا عن تأثير النوع الآخر .

دور المدن والتجمعات السكانية والصناعية : Urbanisation et industrialisation

يبدو أثر العمران شديد الوضوح في خلق مناخات محلية في التجمعات السكانية والصناعية نتيجة تغير سطح الأرض والقضاء على الغطاء النباتي وتعاطف الكتل الإسمنتية والحواجر العمودية التي تزيد من انعكاس الأشعة وتخزين الحرارة في مواد البناء قليلة العزل ، إضافة إلى مصادر التكلفة وغازات المعامل وعوادم السيارات ووسائل النقل التقليدية ، وهي تشكل مجتمعة مع البقايا الصلبة والمواد المعلقة والغبار Aerosols غيوما رمادية داكنة في سماء المدن الكبيرة والتي تعمل على تعديل شدة الإشعاع الشمسي والليلي وتكون جزر حرارية Ilots de chaleur حضرية وصناعية تزداد حرارتها باتجاه المركز وخاصة فوق محطات توليد الطاقة الحرارية والنووية ، وحرق النفايات ومعامل الصلب ، ويلاحظ وصول الفرق إلى عدة درجات مئوية بين مركز المدينة وضواحيها المجاورة ، لذلك يفضل الإنسان السكن في الضواحي حتى البعيدة .

ويلاحظ زيادة عدد أيام الصقيع في الأرياف عن عددها في المدن عامة ، كما يسجل تناقص كميات الإشعاع بنسب تتراوح بين ١٠ - ٢٥ % في المدن نتيجة طرح مئات آلاف الأطنان من الغبار سنويا في الجو .

الزراعة : Agriculture

يعمل الإنسان جاهدا في الحقول لتأمين الشروط المثلى لنمو المحاصيل ويؤدي هذا العمل الدؤوب إلى النتائج التالية :

تغير شدة الإضاءة في الحقل كما في الغابة والبستان نتيجة امتصاص الإشعاع المرئي بطول موجة ٠,٤ - ٠,٧ ميكرون ويكون هذا الامتصاص أكثر من امتصاص الأشعة تحت الحمراء بطول موجة بين ٠,٧ و ٢ ميكرون وانعكاس الأخيرة كإشعاع أرضي .

تمتص الزراعات الإشعاع الأحمر والأزرق من الأشعة المرئية أيضا ، تظهر أوراق النبات باللون الأخضر عامة لأنه يبقى اللون الأقل امتصاصا وبالتالي الأشد انعكاسا على الأوراق الغنية باليخضور أو الكلوروفيل ، ويلاحظ كذلك تغير في تركيب الطيف الضوئي الذي يزداد غنى بالأشعة تحت الحمراء والخضراء وفقرا بالأشعة الحمراء والأزرق ، ويلاحظ تناقص الطاقة الحرارية نتيجة هذا الامتصاص فيصبح الجو لطيفا داخل الحقل وتحت الشجر ، يصل المرج أو الحقل المزروع ١٠٠٨ حرارة / سم² / دقيقة يمتص العشب ٨٠ % منها مباشرة بينما يصل الباقي إلى سطح التربة وتمتص الأشجار الحرارة

بدرجات متفاوتة تؤدي إلى تسجيل : درجات الحرارة فوق تربة مغطاة بالعشب ١٢ م وفوق تربة مغطاة بالطحالب والأشن ٢٣ م وفوق الأرض العارية المجاورة ٢٥ م ، تمتاز الحقول المزروعة بنباتين حراري حسب نوع وارتفاع الزراعة وموسمها وتختلف نسب الرطوبة حسب توفر المطر والري .

الغابات : Forêts

يمتاز المناخ المحلي للغابة والبستان بتغير ملحوظ في كمية ونوعية الإشعاع الشمسي الذي يمر عبر طبقاتها وصولاً على مستويات مختلفة من سطح الأرض ويلاحظ تناقص شدة الإشعاع بسرعة مع تزايد كثافة الغابات الصلوية لكن تركيب هذا الإشعاع لا يتغير كثيراً ، بينما يخضع الإشعاع الوارد إلى امتصاص انتقائي عبر الغابات عريضة الأوراق ويبدو لون الأشعة الأخضر المصفر واضحاً تحت الشجر و تتناقص شدته تحت الغابة الكثيفة حتى ٢ % وتحت الغابة المدارية حتى ١ % من الأشعة الواصلة ، وتحكم الشجرة بالميزان الحراري لتسجل درجات الحرارة العظمى فوق قمم الشجر ثم تنتقل إلى وسط الشجر عند الظهر ، وتعود الحرارة لترتفع من جديد نحو القمم عند الغروب نتيجة لتناقص أشعة الظهر العمودية وترتفع حرارة سطح الأرض + ٢ م عن باقي طبقات الغابة علماً ، وتبقى الحرارة داخل الغابة أعلى من الأراضي المجاورة بتأثير مصدات الرياح

Brise vent التي تخفف من حركة الهواء ، ويلاحظ كذلك غنى الأشعة الواصلة إلى أرض الغابة بالأشعة الحمراء وتحت الحمراء والصفراء والخضراء ، ويبقى محتوى غاز الكربون تحت الغابة أعلى من الحقول المجاورة بسبب استمرار تفكك المواد العضوية ، وتحتجز الغابة ربع إلى نصف كميات الهطول ويتناقص التبخر بسبب تدني سرعة الرياح وهذا يؤمن مصدات الرياح وأطراف الحقول المشجرة حماية للمزروعات وملجأ للحياة البرية والتنوع الحيوي ، وتجد أنواع كثيرة من الحيوانات والنباتات موائل مناسبة لحياتها ومصادر غذائها وأسباب حمايتها وتكاثرها ، كما تؤمن جنوع الأشجار بيئة مثالية للطيور والحشرات والقوارض وغيرها .

الإنسان والمناخ : L'homme et le climat

تعلق الإنسان بالمناخ وتغيرات الطقس دون أن يعي أسباب غضب الطبيعة أو تغير المناخ وقد حاول تدريجياً فهم هذا الكون وعناصره المؤثرة في حياته ، وبدأ يتدرب تدريجياً على التنبؤ الشخصي والجماعي ، واعتمد على خبرة ذوي التجارب الطويلة التي مرت عبر المنين ، وذلك لتحديد نشاطاته ورحلاته وأسفاره البرية والبحرية .

ورغم التجارب الطويلة والمعارف المتراكمة خلال العصور الغابرة تبقى الدراسات والبحوث المناخية البحتة والتطبيقية من الأهمية بمكان بحيث تجعل التنبؤ المناخي وتعديل المناخ والتحكم بالعمليات الزراعية فعالة لدرجة يمكن معها القول أن الإنسان ورغم ضعفه أمام الطبيعة قد قطع مرحلة لا بأس بها في سبيل حماية نفسه وحيواناته وزراعته من تقلبات الطقس وتغير المناخ ،

وتتعلق تطبيقات المناخ الحيوي Bioclimatologie بدراسة المجتمعات النباتية والجماعات الحيوانية وعلاقتها بالمناخ وتغيره ،

ويسمى المناخ الزراعي Agrocimatology لتحديد الأوساط الطبيعية المناسبة للأنواع المدخلة والبيئة النباتية الطبيعية للمراعي والغابات ، وذلك بهدف التخطيط والتفويض السليم للإنتاج الزراعي والحيواني والتكامل بينهما ، والتحكم بأنواع النبات والحيوان وتفاعلها مع التربة والمناخ السائد ، وصولاً إلى الزراعات المحمية ومصدات الرياح وتحديد مواعيد الزراعة والحصاد وترشيد استخدام المياه وغدارة الموارد المائية وتصميم مشاريع الري والصرف ، ومواجهة أخطار العواصف والعاصير والفيضانات المدمرة ، كما ساهمت الدراسات المناخية في مراقبة التلوث الجوي والمائي وتحديد مصادره وخاصة تلوث المدن واختلاطه بالضباب ليشكل الضباب Smog وصولاً على التلوث النووي والإشعاعي والأمطار الحامضية Pluie acide

هذا ويشكل الاضطراب الجوي Turbulence وتقلبات الطقس ضرراً أكيدا على الإنسان بينما يؤمن الاستقرار نوعاً من السكون والهدوء حتى مع وجود درجات حرارة متطرفة .

وتحاول بعض الأبحاث التطبيقية اقتراح دليل الراحة Indice de confort ودليل Terjung حسب درجات الحرارة والرطوبة وتستمر الدراسات لتجربة المزيد من المعدلات والتصنيفات المناخية الحيوية

ذات العلاقة بالأحياء عامة والإنسان في المرض والصحة بصورة خاصة وصولاً على مستوى تبادل الحرارة والرطوبة بين جلد الإنسان والهواء الجوي المحيط Nicolas وتشير أحدث الأبحاث أن بعض المناطق المناخية تشكل مرتعاً مثالياً لأهم الأمراض المستعصية مثل الملاريا Patoudisme الذي لا يمكن أن ينتشر في أي مناخ تقل درجة حرارته المتوسطة عن + ١٦ م ، لذلك ينحصر انتشاره في البلاد الحارة رغم وجود بعض أشكاله في مناطق متفرقة من العالم ، ويستمر العمل الجاد في دراسة فسيولوجيا ونشاط الإنسان والمناخ Physioclimatologie

وبدراسات المناخ المرضي Climatopathologie والطب والمداواة المناخية Climatotherapie في مركز الاستجمام والمصحات والسياحة الدوائية التي تمتد إلى التوازن المناخي Equilibre climatique ، وذلك رغم أن المناخات العالمية تشكل صوراً مزركشة Canavas أو فسيفساء مناخية ويكفي أن يتغير أحد العوامل حتى يحدث تغيراً في الخطوط النطاقية ، والمزال الأهم يبقى إلى أي مدى يمكن اعتبار تآرجح Oscillation قيم عناصر الطقس التي تسجل هنا وهناك ذات أثر محلي أو عام ، ورغم أن السجلات الموثقة أكدت ارتفاع الحرارة في العقود الخمس الماضية كانت مؤكدة وعمومية وإلا أن هذه الأبحاث لم تؤكد تعميم ذلك على أرجاء الكرة الأرضية ، ويمكن التأكيد أن المناخ السائد فوق القطبين رغم تغيراته الطفيفة وكذلك مناخ بين المدارين وفوق المناطق الاستوائية يهيمن العاملين الحاسمين في الميزان الحراري العالمي وتوزع الحرارة والضغط الجوي ، ويتحكمان على درجة كبيرة بحركات الغلاف الجوي وتحقيق التوازن الدقيق بين مختلف عناصره .

المفهوم العلمي لتغير المناخ وأسبابه، وأثاره المحتملة

المفهوم العلمي لتغير المناخ، أسبابه، وأثاره المحتملة

1-1 تعريف التغير المناخي:

درج فهمنا للمناخ في معناه الضيق الذي يعرف عادة بالحالة المتوسطة للطقس لفترة زمنية تزيد عن الثلاثين عاماً على النحو الذي حددته منظومة الأرصاد الجوية، ولكن في معناه الواسع فإنه يشكل منظومة شديدة التعقيد تتفاعل فيما بينها وتتألف من الغلاف الجوي، الغلاف المائي، الجليدي، اليابسة والغلاف الحيوي. وهذا النظام المناخي في تطور دائم مع الزمن تحت تأثير حركيته الداخلية الطبيعية والمؤثرات الخارجية وأهمها الشمس والتباين في كميات الأشعة الشمسية الواصلة وثورات البراكين والنشاطات البشرية. وهذا يقودنا إلى أن تغير المناخ قد يكون طبيعياً أو بفعل النشاطات البشرية. ولفترة زمنية طويلة كان الميل نحو الاعتقاد أن كل ما يجري في مناخ الكرة الأرضية من تبدلات وتغيرات هي طبيعية، حتى بينت عمليات تقييم المناخ المستندة على المبادئ الفيزيائية والمحاكاة النموذجية أنه من المستبعد أن تفسر التأثيرات الطبيعية وهذا الاخترار العالمي المرصود في الآونة الأخيرة. كما أن هناك طائفة واسعة من تقنيات الرصد التي وفرت أدلة على وجود تأثير بشري في المناخ. فطوال الخمسين سنة الماضية أمكن رصد تأثير غازات الدفيئة في زيادة درجة حرارة الأرض السطحية، وتزايد التباين الحراري بين اليابسة والمحيطات، وتقلص صفيحة الجليد البحري وانحسار الجليد وغيرها من التغيرات المناخية الأمر الذي قاد العالم إلى تشكيل الهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ. The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) والتي أسست في عام 1988 وتشكل المنظمة التي جمعت حوالي 2500 عالم وباحث في مجال التغيرات المناخية من 130 دولة، وتصدر كل 6 سنوات تقريراً شاملاً حول آخر المستجدات العلمية. وفي هذا السياق عرفت اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ في مادتها الأولى تغير المناخ بأنه ((تغيراً في المناخ يعزى بصورة مباشرة أو غير مباشرة إلى النشاط البشري والذي يفضي إلى تغير في مكونات الغلاف الجوي العالمي بالإضافة إلى التقلب الطبيعي للمناخ على مدى فترات زمنية متعاقبة)) وهكذا نجد أن هذا التعريف قد ميز بين تغير المناخ الذي يعزى للنشاطات البشرية وتقلب المناخ الطبيعي.

1.1. 2. التغيرات المرصودة في النظام المناخي:

ساعد توفر البيانات المناخية وسهولة تبادلها بين دول العالم وتوفر التقنيات المتطورة والبرامج الحاسوبية على رصد العديد من التغيرات في عناصر المناخ كدرجة حرارة سطح الأرض وكميات الهطول وتبدل الغطاء الثلجي بالإضافة إلى القياسات الخاصة بمستوى سطح البحر وفيما يلي عرض موجز لأهم التغيرات المناخية المرصودة في العالم:

1.1. 2. 1. التغيرات المرصودة في درجات الحرارة:

لقد زاد المعدل العام لحرارة الأرض بنحو 0.74 °م وذلك خلال الفترة الممتدة بين 1906-2005 وتشير الدراسات الحديثة للبيانات في النصف الشمالي للكرة الأرضية إلى أن ارتفاع درجة الحرارة في القرن

العشرين هو الأكثر بين القرون الماضية وأن فترة التسخينات هي الأشد حرارة وعامي 1998 و 2005 أكثر الأحوال حرارة وتجدر الإشارة إلى أن التزايد في الفترة 1956-2005 وهدما كان 0.65 ± 0.15 . كما أن وتيرة ارتفاع درجة الحرارة على اليابسة أعلى مما هو عليه في المحيطات وذلك بحوالي الضعف، وخاصة منذ العام 1979 وبمعدل 0.27 م للعقد الواحد لليابسة و 0.13 م في العقد الواحد للمحيطات (Brohan, P., et al., 2006). وتبين بالونات السبر الجوي وقياسات الأقمار الصناعية إلى احترار الجزء السفلي من طبقة التروبوسفير بعدل أقل من احترار سطح الأرض وتبرد الجزء الأسفل من طبقة الستراتوسفير بمقدار يتراوح بين $0.3-0.6$ م خلال العقد الواحد. دلت الدراسات كذلك على تناقص كبير في عدد الأيام الباردة وذلك بحوالي 75% في العروض الوسطى، مقابل زيادة في عدد الأيام الحارة بمعدل 10% خلال الفترة من 1951-2003 (Alexander, L. V., et al., 2006).

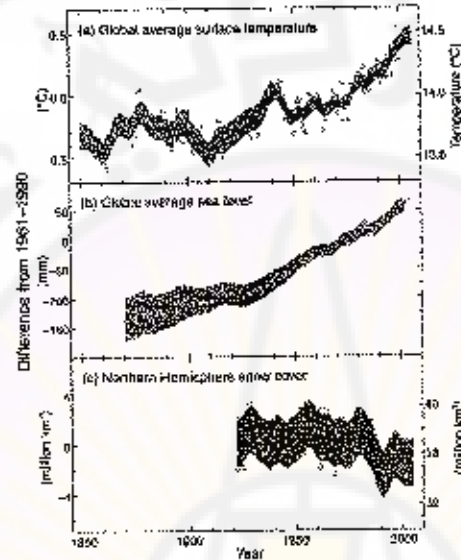
11. 2. 2. التغيرات المرصودة في الهطول والرطوبة الجوية:

- يمكن إيجاز التغيرات التي تم رصدها في كميات الهطول العالمي وتوزعها بالنقاط التالية:
- 1- زيادة كميات الهطول السنوي في مستوى العروض الوسطى والقطبية لنصف الشمالي من الكرة الأرضية.
 - 2- تناقص في الأمطار على العروض المدارية وخاصة بين العروض المترواحة بين 10 شمال وجنوب خط الاستواء.
 - 3- تعرض العديد من الأقاليم مثل الساحل الإفريقي وحوض البحر المتوسط وجنوب إفريقيا إلى نوبات الجفاف.
 - 4- زيادة كمية المياه المتبخرة من المحيطات بحدود 2-4% خلال الفترة 1988-2004 وذلك نتيجة لزيادة تسخينها وقد سجلت المناطق شبه القطبية والقطبية أكثر نسب بخار الماء.

11. 2. 3. التغيرات المرصودة في الغطاء الثلجي وشفيفة الجليد الأرضي والبحري:

يرتبط انخفاض الغطاء الثلجي وشفيفة الجليد الأرضي ارتباطاً موجباً بالزيادة في درجة حرارة سطح الأرض وتشير بيانات التتابع الاصطناعية أن من المرجح أن يكون قد حدث انخفاض بنحو 10% في حجم الغطاء الثلجي منذ أواخر الستينات. وتؤكد الآن شواهد كثيرة تؤيد حدوث انحسار كبير في الجليديات في جبال الألب وعلى مستوى القارة استجابة لاحتراز القرن العشرين، كما تشير آخر الأبحاث إلى تناقص مقداره أسبوعين في فترة مكوث الغطاء الجليدي في البحيرات والأنهار، في خطوط العرض المتوسطة والقطبية في النصف الشمالي للأرض (Duguay, C. R., et al., 2003). ويتزامن الانحسار في شفيفة الجار البحر في ربيع وصيف المنطقة القطبية الشمالية مع الزيادة في درجات الحرارة الربيعية، وإلى حد أقل مع درجات الحرارة الصيفية في خطوط العرض القطبية. ولا توجد إشارات كافية على انخفاض شفيفة الجليد البحري

في المنطقة القطبية الشمالية خلال الشتاء عندما زادت درجات الحرارة في المنطقة المحيطة. وعلى العكس من ذلك، لا توجد علاقة واضحة بين التغيرات في درجات حرارة المنطقة القطبية الجنوبية للعقد الواحد وصفيحة الجليد البحري منذ عام 1973. فبعد انحسار أولي في منتصف السبعينات، ظلت صفيحة الجليد البحري في المنطقة القطبية الجنوبية ثابتة بل وزادت بصورة طفيفة .



(الشكل رقم تغيرات درجة الحرارة ومستوى سطح البحر وسماكة الغطاء الثلجي)

11-3. أسباب التغيرات المناخية:

يعزى التغير المناخي إلى مجموعة من العوامل الطبيعية والبشرية، وقد أكدت العديد من الأبحاث الدور النسبي الضئيل للعوامل الطبيعية في تفسير التغير المناخي أمام الدور المتنامي للعوامل البشرية خاصة تلك المتعلقة بانبعاثات غازات الدفينة. وبالرغم من أن العوامل الطبيعية لا يمكن أن تفسر وحدها الاحترار العالمي الحاصل إلا أنها تؤكد تفاعلاً شاملاً بين المؤثرات الطبيعية والبشرية مع تضليل كمي لدور غازات الدفينة في المساهمة بقدر كبير في التغير المناخي .

1.3.11. العوامل الطبيعية : تتضمن العوامل الطبيعية:

1-العوامل الفلكية وتأثيراتها في الإشعاع الشمسي.

2- الانفجارات البركانية

3- النشاط الشمسي.

1.1.3.11. العوامل الفلكية:

من المعروف أن مدار الأرض حول الشمس يتغير بشكل دوري وهو يؤثر على كمية الإشعاع الشمسي الواصل للأرض. ذكر جيمس كروول لأول مرة الدور الذي يلعبه تغير شكل المدار الأرضي في التحكم بالمناخ في أواخر القرن الثامن عشر. فيما بعد، تحديداً في عام (1920) قام الجيوفيزيائي الصربي ميلوتين ميلانكوفيتش (Milutin Milankovitch) بوضع تفاصيل نظرية مقبولة لحساب التغيرات الفلكية التي تتعرض لها الأرض والتي تسبب تغيرات مناخية مهمة. هذه النظرية لم تلقى قبلاً وبعثاً في بداية ظهورها ولكن الدراسات اللاحقة أثبتت صحتها. عرفت التغيرات الفلكية التي تسبب التغيرات المناخية بدورات ميلانكوفيتش (Milankovitch Cycles) وهي تتمثل ببعض التغيرات الدورية في خصائص المدار الأرضي والتي يمكن تلخيصها فيما يلي:

1. التغيرات في الاختلاف المركزي لمدار الأرض (Eccentricity): وهو تعبير عن التغيرات في قياس عدم دائرية المدار الأرضي، أي تغيرات في الشكل الاهليجي للأرض، وهي تحدث خلال دورة يبلغ طولها (96000) سنة.

2. ميلان محور الأرض: Axial tilt : ويقصد به ميل المستوى الذي تتحرك فيه الأرض حول الشمس (الدائرة الكسوفية) حيث أكدت الدراسات أن ميل هذا المستوى يتأرجح بين 21 و 24.4 درجة وتبلغ قيمته الحالية 23.45 درجة ويتم دورة التغير في مدة زمنية قدرها 41 ألف عام ، وكلما كان الميل صغيراً تعرضت المناطق الاستوائية لحرارة أشد ويقف الفارق بين حرارة الصيف وحرارة الشتاء .

3. تأرجح الأرض: Earth Wobbles: وهو تعبير عن تأرجح الأرض حول محورها وهو يحدث كل (21000) سنة. وتؤدي هذه الدورة إلى تغير نمط الفصول ببطء شديد ، ومن المعتقد أن التغيرات الناتجة عن العوامل الفلكية الثلاثة السابقة الذكر إذا تضاعفت مع بعضها البعض فإنها تؤدي لنتائج ملموسة في النظام المناخي .

1.1.3.2. الانفجارات البركانية:

تزود البراكين الغلاف الجوي بكميات ضخمة من الجزيئات والحرارة وبخار الماء كما أن المقذوفات البركانية والتي تتخذ شكل الحمم تتساقط مبنلة خصائص السطح، وقد أظهرت الحسابات الحرارية بأن الثورات البركانية ربما تسبب تبريد يصل حتى حوالي 0.3 درجة مئوية في درجة حرارة سطح الكرة الأرضية (Hunt, 1976; Hansen et al., 1978; Newell and Deepake, 1982) ودفع بعزل عدة درجات

في الطبقة العليا من الغلاف الجوي (stratosphere) وفي محاولة لتقدير الآثار الناتجة في المناخ فإنه من الضروري حساب المعدل الزمني اللازم لانتشار الأشعة القصيرة والطويلة الموجة المتغيرة مقارنة مع الحالة الطبيعية وهذا المعدل يبدو أنه جزيئاً يعتمد على عاكسية السطح فإذا كانت قيمة الألبيدو للسطح عالية جداً فإن الدفء لا يمكن أن يحدث بينما في السطح ذو العاكسية الأقل فإن معظم الأشعة تمتص وتكون بذلك هي الطريقة الوحيدة لحدوث الدفء أي عندما يكون امتصاص الأشعة أكبر من تبعثرها. وعلى العكس من ذلك فإن وجود الجزيئات البركانية وبكميات كبيرة يزيد من انتشار الأشعة الواصلة مما يسبب تبريداً محلياً وهذا ما أكدته Uchino وآخرون (1992) في دراستهم للآثار الناتجة عن بركان Pinatubo والذي حدث في الفلبين عام 1991 .

11. 3. 1. النشاط الشمسي:

بما أن الشمس هي المصدر الوحيد المزود للطاقة للغلاف الجوي، فمن الطبيعي اعتبار أن أي تغيرات في الطاقة الشمسية، أو حتى تغير في معدل الطاقة الواصلة إلى الأرض، تؤثر في النظام المناخي وحسب ما ذكر (Owen et al., 1979; Roburgh 1980) بأن الطاقة الشمسية تختلف على المدى الطويل وعلى المدى القصير وهناك تغيرات في الأشعة فوق البنفسجية (أيام حتى سنوات) والمؤكدة من قبل (Foukal 1980) فالتغيرات المناخية قد تكون مرتبطة بدورات البقع الشمسية والتي تتراوح مدتها 7-17 سنة حيث يكون هناك أقصى نشاط شمسي مغناطيسي والتي تؤدي بالنتيجة إلى أكبر قدر من القدرة الشمسية (Friis Christensen and Lassen, 1991) وقد يكون للتغيرات في القطبية المغناطيسية والتي تحدث كل 22 سنة دوراً في التغيرات المناخية (Newell et al., 1989). ودرس (Mason, 1976) علاقة الثابت الشمسي بالتغير الحاصل في درجة حرارة سطح الكرة الأرضية والألبيدو ووجد أن تغير هذا الثابت بمقدار 1% ربما يسبب تغير بمقدار 0.6 درجة مئوية و 0.3 بالنسبة للألبيدو. وهذا ما يؤكد أن التغيرات المناخية في المناطق القطبية أكثر وضوحاً منها في الاستوائية بسبب التغيرات الملاحظة في التغطية الثلجية والألبيدو.

11. 3. 2. العوامل البشرية:

أدت الأنشطة البشرية منذ مرحلة ما قبل قيام الثورة الصناعية إلى زيادة الانبعاثات العالمية من غازات الدفيئة فبلغت نسبة هذه الزيادة بحدود 70% بين عامي 1970 و 2004 حسب ما ذكر في التقرير الرابع للجنة الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) وقد عرف مصطلح غازات الدفيئة حسب اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية لتغير المناخ بأنها تلك ((العناصر الغازية المكونة للغلاف الجوي، الطبيعية والبشرية المصدر معاً، التي تمتص الأشعة دون الحمراء وتعيد بث هذه الأشعة))

وبأني غاز ثاني أكسيد الكربون في المقدمة حيث ازدادت نسبته في الغلاف الجوي 21% من عام 1750-2005 ، وقد تأثره الإشعاعي بنحو 1.66 واط في المتر المربع . ويتأني ما نسبته 75 % من غاز ثاني أكسيد الكربون من احتراق الوقود الأحفوري أما النسبة المتبقية فنرجع إلى تقلص مساحات الغابات . وبلغا الميثان أثر هام في ارتفاع حرارة سطح الأرض حيث ازدادت تراكيز الميثان ووصلت حنسى 1774 جزءا من البليون (ppb) في عام 2005 ويسهم في التأثير الإشعاعي بـ 0.18 واط /م² وتعد عمليات التخمر التي تحدث في الأراضي الرطبة من أهم مصادره وكذلك مكبات النفايات.

والأكاسيد النتروز الناتجة عن المخصبات الزراعية واحتراق الوقود قدرة على امتصاص الأشعة تحت الحمراء وقد زادت تراكيزها بشكل مضطرب و قدرت الزيادة بحدود 17% عما كانت عليه في عام 1750. ومن منتجات الأنشطة البشرية مركب الكربون الهالوجيني حيث يحتوي على الكلورين (الكلوروفيلوكربون CFCs) وبلغ أقصى تركيز لها في عام 1994 ثم أخذت بالتناقص التدريجي بمقتضى اتفاق مونتريال القاضي بتقليل هذه الغازات المستنزفة لطبقة الأوزون ولكن دراسات أخرى تشير إلى تزايد تراكيز بدائل الكربون الهالوجيني ولها خصائص غازات الدفيئة مثل الهيدروكلوروفلوروكربونات (HCFCs) والبرفلوروكربونات (PFCs) وهي غازات بشرية المنشأ وتتميز ببقائها الطويل في الغلاف الجوي ولها قدرة كبيرة على امتصاص الأشعة تحت الحمراء .

ويوضح الشكل التالي تغيرات تراكيز ثاني أكسيد الكربون والميثان وأكاسيد النتروز خلال الفترة الممتدة من 0-2005 حسب تقديرات الهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ، 2007

1-4 التأثيرات المحتملة للتغيرات المناخية في الزراعة والمياه وصحة الإنسان:

إن ارتفاع درجة حرارة سطح الأرض سيؤدي حتماً إلى تغيرات يالغة في كثير من النظم الطبيعية وقد تم تقدير نسبة من 20-30 % من أنواع النباتات والحيوانات المرجح أن تكون معرضة لخطر الانقراض لو تجاوزت الزيادة في درجة الحرارة 1.5-2.5 م°، وحدثت زيادة قدرها 3 م° في هذا القرن سيكون لها عواقب سلبية بالنظم البيئية والتنوع الحيوي وهذا ما ينعكس ويشكل خطر حقيقي على الأمن المائي والغذائي . لا يعني تغير المناخ حدوث تغيراً طفيفاً في الأنماط المناخية إذ أن تغير درجات الحرارة سيؤدي إلى تغير في أنماط الرياح السائدة وكميات الهطول وزيادة تكرار الأحداث المتطرفة وأثارها المدمرة أحياناً اقتصادياً واجتماعياً كالفيضانات والأعاصير والجفاف، وتتجلى أهم الآثار المحتملة للتغيرات المناخية بالنقاط التالية:

1- خسارة مخزون المياه: في غضون خمسين عاماً سيرتفع عدد الأشخاص الذين يعانون من نقص مياه الشرب من 5 مليار نسمة حتى 8 مليار.

2- تراجع الإنتاج الزراعي: كثير من الزراعات المحلية ستأثر حتماً بتغير المناخ فمن المتوقع تراجع في غلات العديد من الحاصلات الزراعية كالقمح والأرز وغيرها والتي تشكل الأساس في المخزون الغذائي لسكان العالم.

- 3- تراجع في خصوبة التربة وتفاقم مشكلة الانجراف : إن ازدياد الجفاف وتغير نظام الهطول سيزيد من خطر مشكلة التصحر وانجراف التربة ويغالبها زيادة استخدام الأسمدة الكيماوية وظهور مشاكل التلوث.
- 4- انتشار الآفات والأمراض: يشكل ارتفاع الحرارة وزيادة الرطوبة ظروفاً مواتية لانتشار الآفات والأمراض والحشرات الناقلة للأمراض كالبعوض الناقل لمرض الملاريا.
- 5- ارتفاع مستوى البحار : سوف تتمدد كتلة مياه المحيطات كنتيجة لارتفاع حرارة الأرض إضافة إلى ثوبان الكتل الجليدية الضخمة ككتلة غرينلاند ومن المتوقع أن يرتفع مستوى البحر من 0.1 إلى 0.5 م مع حلول منتصف القرن وهذا بدوره سيشكل تهديداً للتجمعات السكانية الساحلية وزراعتها إضافة إلى تأثر موارد المياه العذبة على السواحل وبعض الجزر التي سيغمرها المياه.
- 6- تواتر الكوارث المناخية المتسارع: سيزداد تواتر الجفاف والفيضانات والعواصف بالشكل الذي سيلحق الضرر بالمجتمعات واقتصادها . ومن السخيرة أن الدول النامية التي تقع على مسؤولية أقل عن تغير المناخ هي التي ستعاني أسوأ عواقبه.

