الجمهوريـــــة الجزائريـــــة الديمقراطيـــة الشعبيـــــة
République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement supérieur
et de la recherche scientifique
Université Mohamed Khider Biskra

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة محمد خيضر بسكرة

كلية العلوم الدقيقة وعلوم الطبيعة والحياة
قسم علوم الأرض والكون

مطبوعة دروس لمقياس:

"علم المناخ"

مقدمة لطلبة السنة الثانية ليسانس" تسيير التقنيات الحضرية"

من إعداد الاستاذة: **عثماني حورية**

houria.athmani@univ-biskra.dz

السنة الجامعية: 2022-2023

تدرس المادة "**المنـاخ**" لطلبة السنة **الثانية لسانس تسيير التقنيات الحضرية**، وهذه المادة هي أحد المواد الافقية اين الرصيد 01 والمعامل 01 ويضم المقياس محاضرة وحصة اعمال موجهة اين الطلبة يقومون بحساب مؤشرات المناخ المدرسة في المحاضرة وتعيين نوع المناخ للمنطقة المدروسة. من **الأهداف العامة** لتدريس المقياس:

- التعرف على حالات الغلاف الجوي
- فهم أثر العناصر المناخية في التخطيط الحضري.
- تحليل معطيات كل من درجة الحرارة وهطول الأمطار، كعناصر مناخية تأدي لنتائج خطيرة.
- إدراك اهمية تلك العناصر في إدارة المدن.

يجب أن يكون لدى الطالب معرفة أساسية في العناصر المناخية، الجغرافيا المناخية والإحصاء.

الفهرس

مـقدمــة 1
1. مدخل الى علم المناخ.....2
2. مفهوم التبادل الحراري والتوزيع العام لدرجة الحرارة 5
2.1.التوزيع العام لدرجة حرارة السطح الأرض 5
2.2.موازين الطاقة والتوازنات الإشعاعية.....6
3. الغلاف الجوي.....9
4. موازين المياه في الغلاف الجوي..... 13
4.1.التبخر والنتح في موازين الحرارة..... 13
4.2.مياه الأمطار 17
5. تصنيف تساقط الأمطار..... 18
5.1.السحب..... 18
5.2.أنواع السحاب 19
5.3.تصنيف الامطار 21
5.4.المرتفع الجوي والمنخفض الجوي..... 23
6. وسائل تقدير هطول الأمطار..... 24
القائمة المراجع..... 38

مقدمــة

يعتبر المناخ من أهم العوامل التي تؤثر على حياة الإنسان والحيوانات والنباتات، فهو يحدد درجات الحرارة والأمطار والرياح والرطوبة في منطقة معينة. ويتأثر المناخ بعدة عوامل منها العوامل الطبيعية مثل الشمس والتضاريس والمحيطات والرياح، وكذلك العوامل البشرية مثل الصناعة والزراعة والنقل والتلوث.

ويعتبر تغير المناخ من أكبر التحديات التي تواجه العالم في الوقت الحالي، حيث يؤدي إلى تغيرات في درجات الحرارة والأمطار والظواهر الجوية الأخرى، مما يؤثر على الحياة البرية والبحرية بما في ذلك الزراعة والصناعة والسياحة والصحة وغيرها. وتعمل العديد من الدول والمنظمات الدولية على مكافحة تغير المناخ وتحسين البيئة، من خلال تطوير التقنيات البيئية وتحسين الإدارة البيئية وتشجيع الطاقات المتجددة والحد من الانبعاثات الضارة.

تعتمد دراسة علم المناخ على البيانات والمعلومات العلمية التي تساعد في فهم التغيرات الطويلة الأجل في الأنماط المناخية للكوكب، ويتم جمع هذه البيانات من خلال الاستخدامات العديدة الحديثة، مثل الأجهزة المناخية والأقمار الصناعية والطائرات والقوارب العاملة في المحيطات. وهو من العلوم الهامة التي تساعد على فهم العوامل التي تؤثر على المناخ وتغيراته، وتحديد الآثار البيئية والاقتصادية والاجتماعية لتلك التغيرات. ومن بين الفوائد الرئيسية لدراسة علم المناخ:

-فهم تأثير التغيرات المناخية على الحياة البرية والبحرية والإنسانية، وتحديد الآثار البيئية والاقتصادية والاجتماعية لتلك التغيرات.

- تحديد العوامل التي تؤثر على المناخ وتغيراته، وتطوير السياسات والإجراءات اللازمة للحد من تلك التغيرات وتحسين البيئة

وتنتج دراسات علم المناخ أيضًا عن التحذيرات المائة من الاختلالات الناجمة عن التغيرات المناخية وكيفية تشكيل التطورات المستقبلية في بيئة الكوكب.

1. مدخل الى علم المناخ

1.1. الطقس: هو وصف حالة الجو السائدة من درجة حرارة ورطوبة وأمطار ورياح وضغط جوي وغيرها، في أثناء مدة زمنية قصيرة قد تدوم ساعات أو أيام أو أسابيع، في منطقة جغرافية محددة مثل مدينة ما.

1.2. المناخ:

- **التعريف البسيط:** هو متوسط حالة الجو في أثناء مدة زمنية طويلة، فصول أو عقود عدة، في منطقة جغرافية واسعة مثل بلد ما.
- **التعريف المطول:** هو معدل توزيع عناصر المناخ كالإشعاع الشمسي، والحرارة، والضغط والرياح، والتساقط، والركوبة، والكتل الهوائية.

1.3. علم المناخ: هو العلم الذي يدرس ويصف ويحلل ويربط عناصر المناخ المشار اليها ولفترة قد تطول أو تقصر. فقد بدا علم المناخ وصفيا، ثم تطور الى التحليل والربط. هو دراسة طبيعة الغلاف الجوي للأرض وظواهر الطقس وتغيراتها على المدى الزمني الطويل. ولقد كان التركيز سابقا على أن الدراسات المناخية لا تصح الا إذا كانت فترة الدراسة ثلاثون سنة أو أكثر. باعتبار ان المعدل يكون أقرب الى الثبات وأقرب الى التعبير عن حالة المناخ إذا كان لفترة 30سنة، وهذا ما أطلق عليه ***الدورة المناخية***.

1.4. تاريخ تطور علم المناخ:

- وضع الإغريق في القرن الخامس قبل الميلاد التقاويم التي تتصل باتجاهات الرياح، وكانوا أول من استخدم كلمة Meteorology المأخوذة من اليونانية ومعناه الأشياء العلوية.
- ساهم العلماء العرب في انماء وتطوير علم الظواهر الجوية في القرن الحادي عشر حتى القرن الخامس الميلادي ومنهم المسعودي والبيروني وبن خلدون وإخوان الصفا.
- في القرن السادس عشر الميلادي بدء الاهتمام من قبل الأوربيون وفي عام 1590 اخترع جاليليو Galleoالترمومتر، وفي عام 1642 اخترع تورشيللي Torricelli البارومتر وباختراع المقياسين انتقلت دراسة الظواهر الجوية من مرحلة الملاحظة والوصف إلى مرحلة القياس والتحليل.
- في عام 1653 أنشاء فرديناند الثاني دوق توسكانيا عدة محطات للرصد، ومن أشهر الدراسات في تلك الفترة ما كتبه أدموند هالي Edmund Halley عام 1686 في تفسير الرياح التجارية والموسمية.

- أما المرحلة الثالثة فامتدت خلال النصف الأول من القرن التاسع عشر واهتمت بتفسير الدورة العامة للرياح والزوابع والأعاصير واستخدام خرائط الطقس Synoptic Charts في الدراسة.
- أما المرحلة الرابعة فتمتد بين عامي 1850 و1865 وشهدت النهوض بالأرصاد الجوية ودراسات الطقس والمناخ، حيث انتشر انشاء محطات الأرصاد وبخاصة بعد استخدام اللاسلكي عام 1850 التي ساعد على تبادل البيانات الخاصة بالرصد الجوي.
- أما المرحلة الخامسة منذ عام 1865 اتسمت بدقة عمليات الرصد والدراسة والتحليل والوصول إلى النتائج، بعد استخدام أجهزة الرصد الحديثة وإنشاء المزيد من محطات الأرصاد الجوية ومراكز التنبؤات.
- أنشئت عام 1878 الهيئة الدولية للأرصاد الجوية، الباقية حاليا باسم الهيئة العالمية للأرصاد الجوية W.M.Oوهي إحدى الوكالات التابعة لهيئة الأمم المتحدة.
- خلال القرن العشرين كان للحربين العالميتين الأولي (1914-1918) الثانية (1939-1945) فضل في تقدم الاهتمام بالأرصاد الجوية، وصحب التقدم استخدام الأقمار الصناعية في مجال الرصد الجوي.

1.5. أفرع علم المناخ

ويشمل هذا العلم عدة فروع وتخصصات، مثل المناخية الفيزيائية والكيميائية والحيوية والجيولوجية والحيوانية، ويستخدم العلماء فيه تقنيات متطورة وأدوات متعددة، مثل نماذج الحاسوب والرادارات والأقمار الصناعية والأجهزة الحرارية وغيرها، لدراسة المتغيرات المناخية وتحليلها ومعالجتها. وهدف هذا العلم هو فهم العوامل التي تحدد المناخ والتبانيات الزمنية له، وتوقع حالته في المستقبل وتحديد تأثيراته على البيئة والنظم الإيكولوجية وحياة الإنسان والحيوانات والنباتات.

2. مفهوم التبادل الحراري والتوزيع العام لدرجة الحرارة

2.1.التوزيع العام لدرجة حرارة السطح الأرض

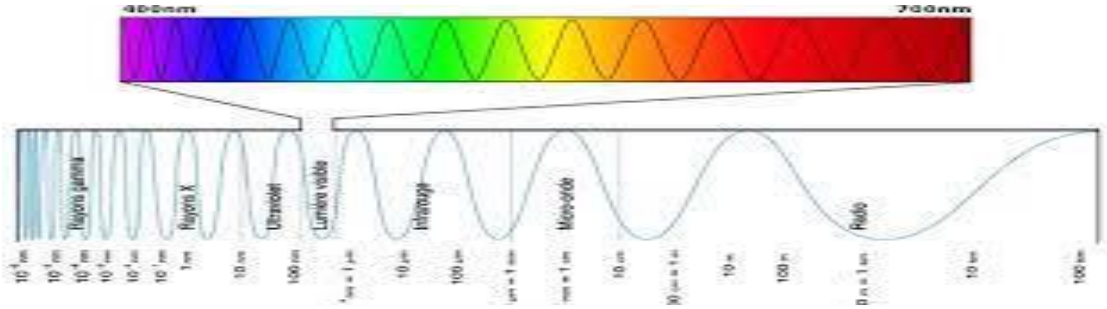
- **تعريف الإشعاع الشمسي ونصيب الأرض منه:**

الإشعاع الشمسي بمعناه العام هو الطاقة الإشعاعية التي تطلقها الشمس في كل الاتجاهات، والتي تستمد منها كل الكواكب التابعة لها وأقمارها كل حرارة أسطحها وأجوائها، وهي طاقة ضخمة جدًّا يقدرها البعض بنحو170 ألف حصان لكل متر مربع من سطح الشمس، ولكن الأرض لا يصيبها إلا حوالي جزء من ألفي مليون جزء من هذه الطاقة، وهذا القدر الضئيل هو المسئول عن كل الطاقة الحرارية لسطح الأرض وغلافها الجوي، وهو الذي نقصده عادة عند الكلام على الإشعاع الشمسي كعنصر من عناصر المناخ، ويطلق عليه لفظ *Insulation*.

- **تركيبه:**

يتكون الإشعاع الشمسي الواصل إلى الأرض من عدة أنواع من الأشعة المختلفة في ألوانها وأطوال موجاتها وخصائصها وعلاقتها بجو الأرض وسطحها.

فمن حيث ألوانها فإن الأشعة الشمسية والواصلة إلى جو الأرض تضم كل **البنفسجية، والزرقاء، والخضراء والصفراء والحمراء**، وإن امتزاج هذه الألوان ببعضها بعد احتجاز بعضها في أعلى الجو مثل بعض الأشعة الزرقاء والأشعة فوق البنفسجية هو الذي يكون ضوء الشمس.



أما من حيث طول الموجات فإن أطول الموجات هي موجات الأشعة تحت الحمراء وطولها ميكرون والأشعة الضوئية وطولها 7 ميكرون، أما أقصرها فهي الأشعة فوق البنفسجية التي يقل طول موجاتها عن 4 ميكرون، وفيما بين هاتين النهايتين فإن الأشعة المرئية التي يتكون منها ضوء الشمس موجاتها متوسطة. وهي أكثر الأشعة تأثيرًا على حرارة الأرض. وعندما تصل أشعة الشمس عمومًا إلى سطح الأرض فإنه يمتص بعضًا منها ويحوله من موجات قصيرة إلى طاقة

حرارية طويلة الموجات تنتقل وتتوزع رأسيًّا وأفقيًّا لتزود جو الأرض بالوقود اللازم لكل العمليات التي يتضمنها الطقس والمناخ، والتي ينتج عنها تباين الأحوال الحرارية من مكان إلى آخر ومن وقت إلى آخر.

2.2.موازين الطاقة والتوازنات الإشعاعية

المقصود بالميزانية الحرارية للأرض هو أن يكون هناك تعادل بين كمية الإشعاع التي يكتسبها جوها وسطحها، وكمية الإشعاع التي تنصرف منها إلى الفضاء. ويعتبر هذا التعادل شرطًا أساسيًّا لبقاء حرارة سطح الأرض وجوها ثابتة تقريبًا من سنة إلى أخرى لأنه لو حدث تفوق مستمر في الحرارة المكتسبة على حساب الحرارة المفقودة لالتهب سطح الأرض بكل ما عليه، ولو حدث من ناحية أخرى تفوق مستمر في الحرارة المنصرفة على حساب الحرارة المكتسبة لتجمد سطح الأرض بكل ما عليه.

ولكن هذا التوازن لا يظهر عادة إذا حسب في كل إقليم أو في كل فصل من فصول السنة على حدة.

أ) **حساب الطاقة الإشعاعية الواصلة إلى الأرض**

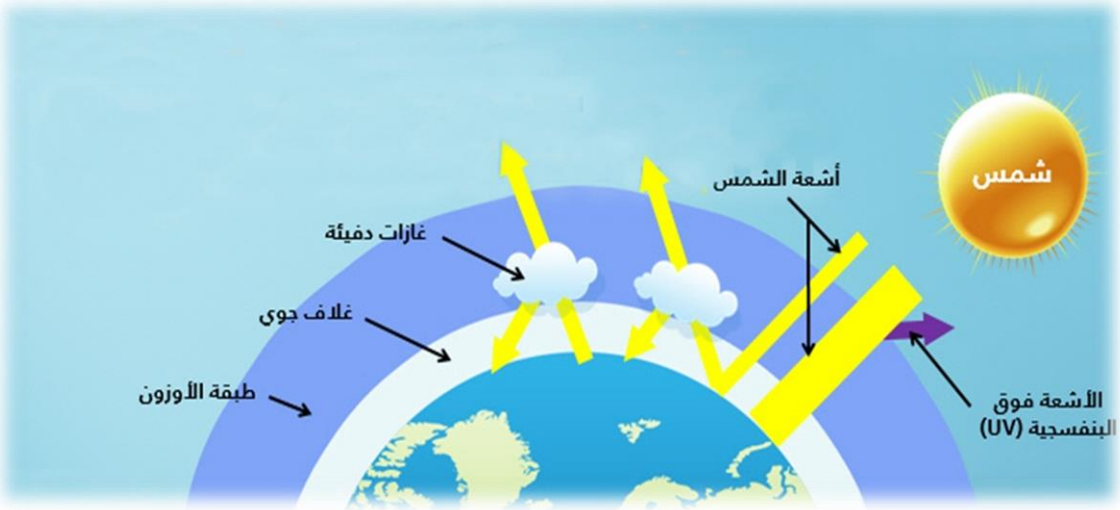
- **الطاقة الإشعاعية الواصلة إلى الغلاف الجوي:**

إن معظم الطاقة الإشعاعية التي تنطلق الشمس تكون بشكل موجات كهرومغناطيسية تصل إلى أعلى الغلاف الجوي بشكل موجات قصيرة، وتتوقف كميتها على عاملين رئيسيين هما: **المعامل الشمسي الثابت والبعد بين الأرض والشمس**، ومن المفروض أن نفس هذه الكمية هي التي كان من الممكن أن تصل إلى سطح الأرض إذا لم يعترضها الغلاف الجوي.

والمقصود **بالمعامل الشمسي الثابت** هو الطاقة الإشعاعية التي تقع على 1سم ^{2} من السطح العلوي للغلاف الجوي إذا ما سقطت عليه بشكل عمودي عندما تكون الأرض واقعة على بعدها المتوسط من الشمس وهو 148 مليون كيلومتر. ومن الحسابات التي أجراها بعض الباحثين تبين أن هذا المعامل الثابت هو 13,94 سعر/ سم ^{2} / دقيقة.

ولكن على الرغم من وصف المعامل بأنه ثابت فإنه ليس في الواقع ثابتًا تمامًا بسبب ما يطرأ على سطح الشمس نفسها من تغيرات تترتب عليها تغيرات في الطاقة الإشعاعية المنطلقة منها، وبسبب اختلاف بعد الأرض عن الشمس في الصيف عنه في الشتاء، فالمعروف أن هذا البعد يبلغ أدناه في أول شهر يناير حيث يبلغ 148,4 مليون كيلومتر وعندئذ تكون الشمس في موضع الرأس بالنسبة للأرض.

ثم يبلغ أقصاه في أول شهر يوليو حيث يبلغ 151,2 مليون كيلومتر وتكون الشمس عندئذ في نقطة الذنب، ونتيجة لهذا فإن الطاقة الشمسية التي تصل إلى أعلى جو الأرض تكون في الحالة الأولى أي في يناير 2,01 سعر/ سم 2 / دقيقة. ومع ذلك فإن هذا الاختلاف ليس له تأثير مناخي يذكر بسبب تدخل العوامل الأخرى التي تؤثر على كمية الأشعة وقوتها وأهمها طول المسافة التي تقطعها الأشعة عند اختراقها للغلاف الجوي، والزاوية التي تسقط بها على الأرض، ودرجة صفاء الجو ومقدار ما به من سحب وغبار وبخار ماء، وطول النهار بالنسبة لطول الليل.



- **الطاقة الإشعاعية المنتشرة**

ويقصد بها الإشعاع الذي يمتصه الجو ثم ينتشر منه إلى أعلى وإلى أسفل فيصل بعضه بالانتشار إلى سطح الأرض. ويطلق على هذا الإشعاع أحيانًا اسم "الإشعاع السمائي المنتشر .وهو يساهم في حرارة سطح الأرض بقدر لا يقل عن القدر الذي يساهم به الإشعاع الشمسي المباشر. وتزداد مساهمته بصفة خاصة عندما تكون الشمس محتجبة بالسحب. يزيد الإشعاع السمائي المنتشر على الإشعاع الشمسي المباشر حتى في وقت الانقلاب الصيفي بسبب كثرة السحب، ويستثنى من ذلك وقت الاعتدال الربيعي الذي يزيد في أثنائه الإشعاع الشمسي المباشر عن الإشعاع السمائي المنتشر.

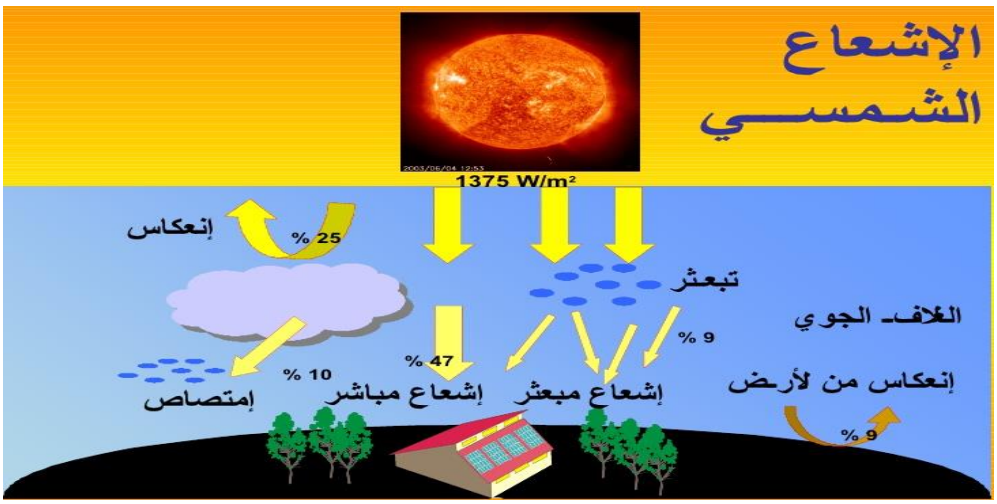
ب) **تأثير الغلاف الجوي على الطاقة الإشعاعية:**

إن الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى أعلى الغلاف الجوي لا يستطيع أن يصل كله إلى سطح الأرض؛ لأن نسبة كبيرة منه تُفقد عند اختراقها لهذا الغلاف نتيجة لارتداد بعضه إلى الفضاء

بواسطة "الألبيدو الأرضي" وامتصاص بعض آخر منه في الجو بواسطة المواد العالقة وغاز ثاني أكسيد الكربون.

والمقصود بالألبيدو الأرضي هو نسبة ما يرتد من الأشعة الشمسية نحو الفضاء دون أن يؤثر على جو الأرض أو على سطحها، وأهم العوامل التي تؤدي إلى هذا الارتداد هي السحب التي تساهم وحدها برد حوالي 23% من الإشعاع الشمسي الواصل إلى جو الأرض.

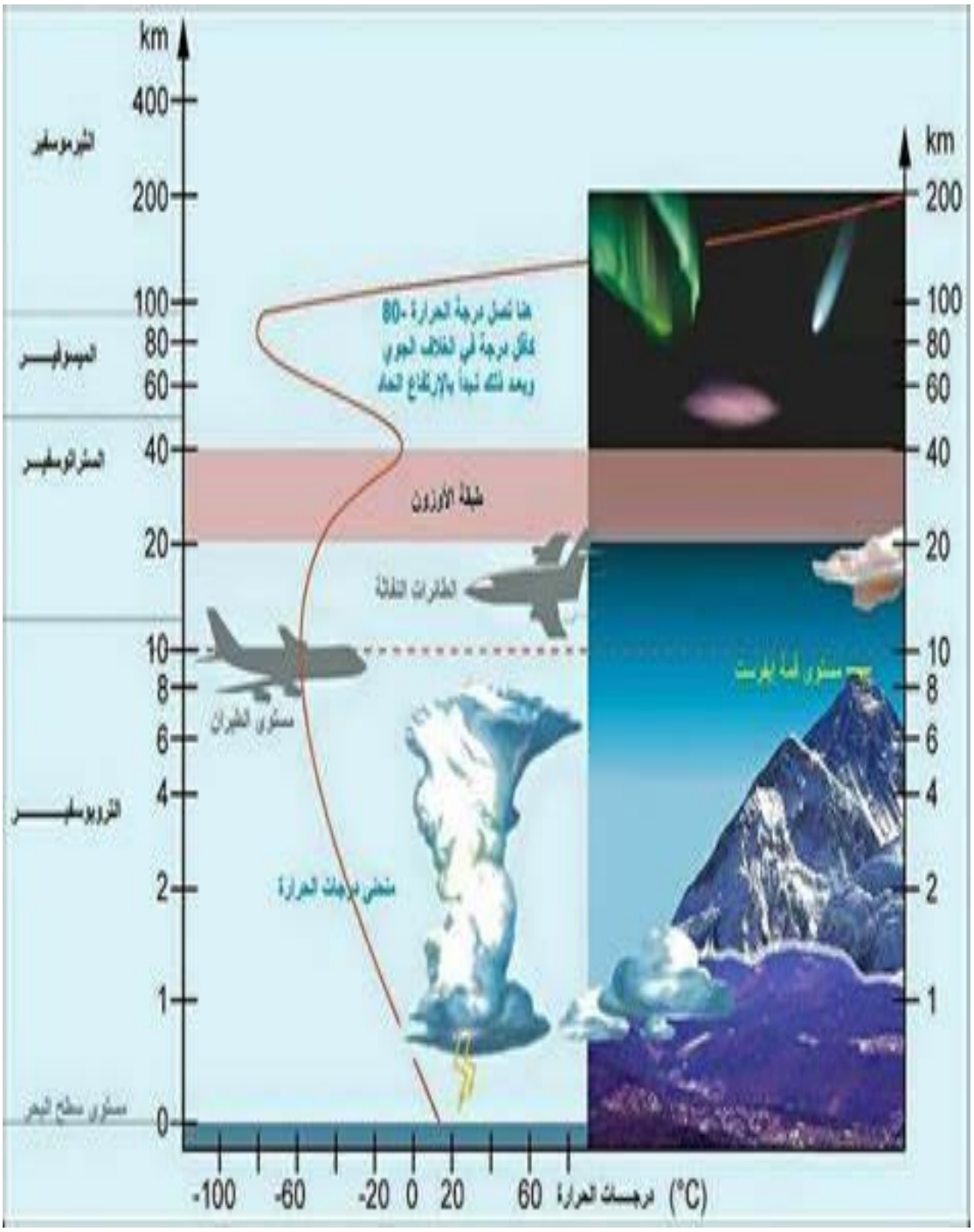
وتليها المواد العالقة بالجو من غبار وبخار ماء، وهي تساهم في مجملها برد 9% من هذا الإشعاع، ويساهم سطح الأرض نفسه برد 2% منه. وعلى هذا الأساس فإن الألبيدو الأرضي يبلغ في جملته 34% من الأشعة الواصلة إلى أعلى الجو، فيكون مجموع ما تكسبه الأرض وجوها هو 66% منها. إلا أن هذه النسب تتباين من وقت إلى آخر ومن مكان إلى آخر على حسب كمية السحب ودرجة صفاء الجو ومقدار ما يتعلق به من بخار الماء والهواء، ونوع الغطاء الذي يكسو سطح الأرض، إن كان صخريًّا أو مائيًّا أو جليديًّا أو نباتيًّا، فلكل نوع من هذه الغطاءات ألبيدو خاص به وأكبره هو ألبيدو سطح الجليد.



3. الغلاف الجوي

قبل الحديث عن المياه في الغلاف الجوي سنتطرق الى طبقات الغلاف الجوي التي عددها 5.

أ) **طبقات الغلاف الجوي**



أوالً: طبقة التروبوسفير

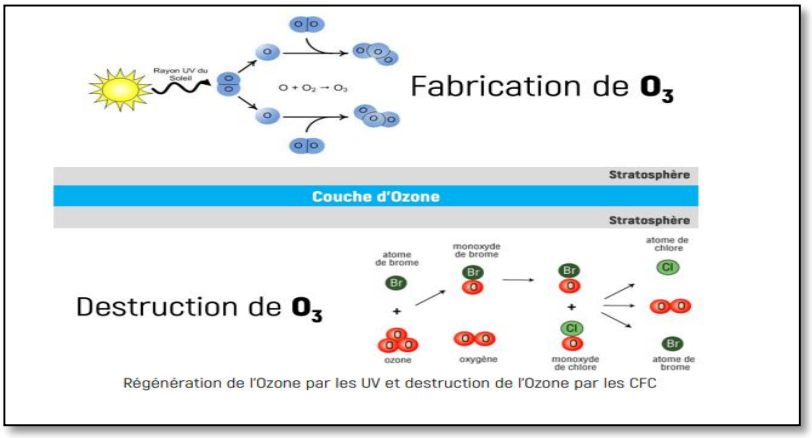
هي الطبقة السفلى في الغلاف الجوي، ارتفاعها من 0 الى 12 كم (8كم في القطبين و15 كم في الاستواء) وتحدث فيها جميع الظواهر الجوية من سحب وأمطار وعواصف ... إلخ، وتعتبر هذه الطبقة ثقيلة الوزن بسبب كثافة هوائها، وقد قدر وزنها 85 %من وزن الغلاف الجوي، وتتناقص حرارتها بالارتفاع بمعدل 0,24 درجة مئوية لكل 100 متر، ويكون هذا التناقص غير منتظم في الـ 3 كم الاولى بسبب تأثر هذا المعدل بعدة عوامل منها الرطوبة والسحب، وينتظم التناقص بعد هذا الارتفاع.

المناخ بشكل أساسي تسيطر عليها عمليات التروبوسفير: بواسطة على سبيل المثال، دورة المياه -تشكيل الغيوم وهطول الأمطار وتأثيرات الاحتباس الحراري. التروبوسفير هو ملامسة سطح الأرض. لذلك هي حساسة بشكل خاص لعمليات السطح، مثل تبخر المحيطات، التمثيل الضوئي، تنفس الكائنات الحية وبالطبع الأنشطة بشرية.

ثانيًا: طبقة الستراتوسفير

ويتراوح ارتفاعها بين 12-50كم فوق طبقة التروبوسفير، تحتوي على طبقة الأوزون التي تحمينا من الاشعة الفوق بنفسجية وتكون حرارة الهواء على إرتفاع 50 كم مساوية لدرجة حرارة الهواء على سطح الأرض، ومصدر الحرارة في هذه الطبقة هو أشعة الشمس فوق البنفسجية التي يمتصها غاز الأوزون الموجود في هذه الطبقة.

طبقة الأوزون هي الطبقة الرقيقة من الغلاف الجوي الذي يحتوي على غاز الأوزون (O3). تقع هذه الطبقة في الغلاف الجوي العلوي بين 10 و50 كيلومترًا فوق سطح الأرض، وهي تحمي الكوكب من أشعة الشمس فوق البنفسجية (UV) الضارة، والتي يمكن أن تؤدي إلى أضرار جسيمة للنباتات والحيوانات والبشر. يتم تشكيل طبقة الأوزون عندما تتفاعل جزيئات الأوكسجين (O2) مع الأشعة فوق البنفسجية (UV) لتشكل ثلاثي أكسيد الأوزون (O3)، والذي يمتص الأشعة فوق البنفسجية الضارة ويساعد في الحد من ارتفاع درجة الحرارة على سطح الأرض.



Régénération de l'Ozone par les UV et destruction de l'Ozone par les CFC

ثالثًا: طبقة الميزوسفير

هي الطبقة الثالثة من الغلاف الجوي، وتبعد عن سطح الأرض 50-90 كم، ومن أهم مميزاتها انخفاض درجة الحرارة بالارتفاع إلى أن تصل 90 درجة مئوية تحت الصفر ليالً عند أعالي الطبقة، وترتفع نهارًا إلى أن تصل 170 درجة مئوية، ومصدر الحرارة في هذه الطبقة هو امتصاص الأوزون الموجود فيها أشعة الشمس فوق البنفسجية، وتحدث عمليات احتراق الشهب والنيازك الساقطة فيها.

رابعا: طبقة الأيونوسفير

تعتبر هذه الطبقة كحد يتميز بحدوث الشفق القطبي فيه؛ " الشفق القطبي هو ظاهرة ضوئية تحدث كوهج نتيجة لشحنات كهربائية مغناطيسية تحدث في طبقة الأيونوسفير، ويحدث بالمعتاد في القطبين والأماكن القريبة منهما ".

خامسا: طبقة الأكزوسفير

هي عمو ًما تغلف باقي الطبقات وتفصلها عن الفضاء.

ب) **تركيب الغلاف الجوي**

الطبقة الغازية السميكة التي تغلف الأرض والتي تمتد إلى عدة آلاف من الكيلومترات، كثيفة للغاية في مستوى الأرض، تصبح نادرة مع الارتفاع. بدونها، ستكون الأرض خاضعة لدرجات الحرارة القصوى هذه الطبقة هي الغلاف الجوي التي تتكون من غازات مختلفة بعضها ثابت، وبعضها غير ثابت وتتغير نسبة وجوده من مكان إلى آخر مثل بخار الماء وثاني أكسيد الكربون، ويضم الغلاف الجوي مواد أخرى غير غازية مثل ذرات الغبار وقطرات الماء.

ويتكون الغلاف الجوي من:

78 % النيتروجين، 21 % الأوكسجين، Argon 1% ثاني أكسيد الكربون 0,03%

والباقي هو عبارة عن: الهيليوم، المعادن، الكريبتون، أول أكسيد الكربون، النيون والأوزون وزينون.

يظل هذا المزيج ثابتًا تقريبًا ما عدا حوالي 30 إلى 40 مترًا حيث يوجد الأوزون في ما يسمى "طبقة الأوزون". تم العثور على الغبار والرماد والبلورات الجليدية بكمية متغيرة في الغلاف الجوي وتلعب هذه الجسيمات المختلفة المعلقة في الجو دورًا مهمًا في تكثيف وامتصاص الإشعاع الشمسي.

Azote N2	0,7808	homogène
Oxygene O2	0,2095	homogène
Eau H2O	<0,030	très variable
Argon A	0,0093	homogène
CO_2	345 ppmv	homogène
Ozone O_3	10 ppmv	stratosphère
Méthane CH_4	1,6 ppmv	décroit avec z
Oxyde nitreux N2O	350 ppbv	décroit avec z
NO, CFC-11, CFC-12	< 0,3 ppbv	

Remarque : la composition est indiquée en rapport de mélange en volume

4. موازين المياه في الغلاف الجوي

4.1.التبخر والنتح في موازين الحرارة

أ) هيكل تشبع بخار الماء

الماء عنصر طبيعي متجدد متواجد ي الطبيعة بنوعين، عذب ومال.

ليس لدورة الماء نقطة انطلاق، وتُعد الشمس المحرك الأساسي لدورة الماء تقوم بتسخين المياه في المحيطات التي تتبخر (تتحول) إلى بخار ماء داخل الجو. وتقوم التيارات الهوائية المتصاعدة بأخذ بخار الماء إلى أعلى داخل الغلاف الجوي، حيث درجات الحرارة الباردة التي تتسبب في تكثيف بخار الماء، وتحويله إلى سحاب.

تقوم التيارات الهوائية بتحريك السحب حول الكرة الأرضية، وتصطدم ذرات السحاب وتنمو وتسقط من السماء كأمطار، ويسقط بعض من هذه الأمطار كجليد، ويمكن أن يتراكم كأنهار جليدية. وفي ظل الظروف المناخية الحارة يتعرض الجليد إلى الذوبان، خصوصاً عندما يحل فصل الربيع، وتتدفق المياه المذابة على سطح الأرض، وتجري كمياه أمطار. جليدية مذابة. وتسقط أغلب مياه الأمطار داخل المحيطات، أو على سطح الأرض حيث تسيل على سطح الأرض كمياه أمطار جارية نتيجة للجاذبية الأرضية.

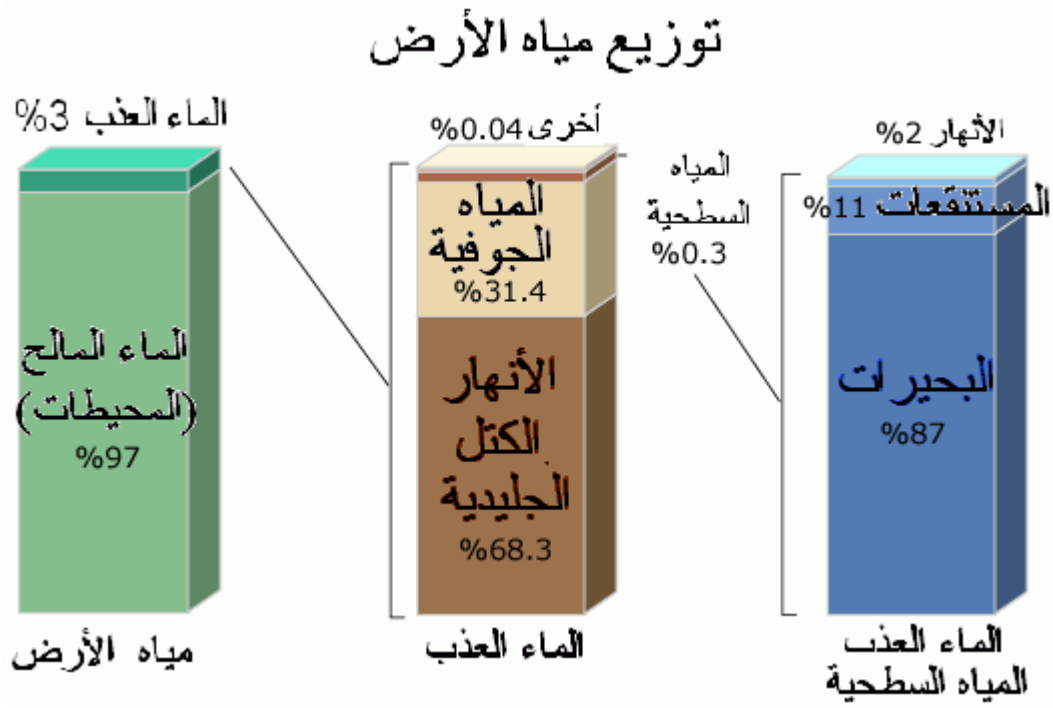
يدخل جزء من مياه الأمطار الجارية إلى مجاري الأنهار ويتحرك نحو المحيطات. وتسيل مياه الأمطار السطحية والمياه الجوفي لتشكل مياهاً عذبة في البحيرات والأنهار. ومع أن مياه الأمطار لا تذهب كلها إلى الأنهار إلا أن الكثير منها يتسرب إلى داخل الأرض كارتشاح.

يبقى جزء من هذه المياه قريباً من سطح الأرض، ويمكن أن يسيل مرة أخرى إلى داخل مجاميع المياه السطحية (والمحيطات) لتشكل مياهاً جوفية. وتجد بعض من المياه الجوفية فتحات على سطح الأرض حيث تخرج منها كينابيع من المياه العذبة. وتقوم الجذور النباتية بامتصاص المياه الضحلة، ثم ترتشح من خلال أسطح الأوراق النباتية، لتعود مرة أخرى إلى الغلاف الجوي.

ب) **التوزيع العالمي للماء**

للحصول على تفسير مفصل حول مواقع وجود الماء في الكرة الأرضية أنظر إلى الخارطة وجدول البيانات المبين أدناه. لاحظ أن إجمالي إمدادات المياه في العالم يصل إلى حوالي 1.386 مليون كيلومتر مكعب (332.5 ميل مكعب) من الماء، منها أكثر من 96% عبارة عن ماء مالح. وفيما يتعلق بالماء العذب، منها ما يزيد على 96% محجوز بالأنهار والكتل الجليدية و30% موجود بالأرض.

أما مصادر الماء العذب المتمثلة في الأنهار والبحيرات فهي تشكل حوالي 93.100 كيلومتر مكعب (22.300ميل مكعب)، أي حوالي 150/1 من 1% من إجمالي الماء. ولا تزال الأنهار والبحيرات تشكل معظم مصادر المياه التي يستخدمها الناس يومياً.



ت) **التبخر**

لتبخر هو العملية التي يتحول بموجبها الماء من سائل إلى غاز أو بخار، ويعد الطريقة الرئيسة لانتقال المياه مرة أخرى إلى دورة الماء، لتصبح بخار ماء داخل الغلاف الجوي. وتوفر المحيطات والبحار والبحيرات والأنهار حوالي 90% من الرطوبة الموجودة في الغلاف الجوي عن طريق التبخر، في حين أن نسبة الـ 10% المتبقية تأتي من ارتشاح النباتات.

تعتبر الحرارة (الطاقة) التي توفرها الشمس ضرورية لحدوث التبخر. وتستخدم هذه الطاقة في كسر جزيئات الماء المتماسكة، لذا يتبخر الماء عند درجة الغليان (212 درجة فهرنهايت، 100 درجة مئوية) بسهوله، ولكن ذلك يحدث ببطء شديد للغاية عند درجة التجمد. ويتعذر حدوث التبخر عندما تصل الرطوبة النسبية في الجو إلى معدل 100% (درجة التشبع). وكما أن التبخر يزيل الحرارة من البيئة، فإن الماء الذي يتبخر من جسمك هو الذي يجعلك تشعر بالبرودة.

ث) **الغلاف الجوي ملئ بالماء**

على الرغم من أن الغلاف الجوي ربما لا يشكل مستودعاً كبيراً للماء، إلا أنه يعتبر "مساراً كبيراً" يستخدم لنقل الماء حول العالم. وعادة ما توجد هنالك مياه بصفة دائمة داخل الغلاف الجوي. وتعتبر السحب شكلاً من أشكال الرطوبة الجوية التي يمكن رؤيتها بالعين المجردة، ومع ذلك فإن الهواء النقي يحتوي على مياهاً على هيئة ذرات صغيرة يتعذر رؤيتها. ويصل حجم الماء الموجود في الغلاف الجوي في أي وقت إلى حوالي 12900 كيلومتر مكعب (3100 ميل مكعب) . وإذا سقطت كل المياه الموجودة في الغلاف الجوي مرة واحدة كأمطار فإنها ستغطي الأرض بعمق يصل إلى 2.5 سم حوالي 1 بوصة.

ج) **التكثف في الهواء**

حتى لو كانت السماء زرقاء صافية فلا يزال الماء موجوداً على هيئة بخار ورذاذ متناهي الصغر وبالتالي يتعذر رؤيته بالعين المجردة. وتتوحد ذرات الماء مع ذرات صغيرة من الغبار والدخان في الجو لتشكل رذاذ السحب الذي يتوحد مع بعضه ليكون السحب. وعندما يتوحد رذاذ الماء مع بعضه وينمو في الحجم، يمكن أن يحصل التساقط.

تتشكل السحب في الغلاف الجوي لأن الجو يحتوي على بخار الماء، الذي يتصاعد بدوره ثم يبرد. وتقوم الشمس بتسخين الجو بالقرب من سطح الأرض الذي يصبح بالتالي خفيفاً ويتصاعد إلى أعلى حيث تكون درجات الحرارة أبرد. وعندما تكون درجات الحرارة بمعدلات أبرد يحدث مزيد من التكثف وتتشكل السحب

ح) **العوامل المؤثرة في التبخر**

- بالرغم من أن الحرارة هي العامل الأكثر أهمية في التخبر، الا أن هناك عوامل أخرى تسرع أو تبطئ من العملية وهي:
- درجة الحرارة: فكلما ارتفعت درجة الحرارة زاد اكتساب الماء لها مما يسرع في حركة جزيئات الماء وبذلك يزداد التبخر. وقد وضحنا ان جزيئات الماء تحتاج الى الحرارة كطاقة لتستطيع الانفصال عن جسم الماء لتتحول الى بخار ماء. لذلك كلما ارتفعت درجة الحرارة كلما تسارعت عملية التبخر. ففي المناطق الحارة الجافة تكون أكبر كمية تبخر.
- كمية الاشعاع الشمسي: فالماء قادر على امتصاص الاشعاع الشمسي المباشر مما يؤدي الى تحوله الى طاقة حركية فيرفع من حرارته وبذلك يزداد التبخر. فالتخبر تحت ضوء الشمس أسرع منه في الظل.

- سرع الرياح: الرياح تزيح الطبقة الهوائية المشبعة ببخار الماء وتحل محلها هواء أكثر جفاف مما يساعد على استمرار التبخر. وبذلك كلما زادت سرعة الرياح تسارعت عملية إزاحة الهواء الرطب مما يسرع من التبخر.
- كمية الرطوبة في الهواء: فالهواء المشبع ببخار الماء لا يستطيع حمل كميات إضافية من بخار الماء وبذلك يتوقف التبخر حتى لو كانت درجة الحرارة عالية. فالمعرف ان الهواء يستطيع ان يحمل كمية معينة من بخار الماء في درجة حرارة معينة.
- ملوحة الماء: الماء المالح أبطئ في التبخر من الماء العذب، فالماء المالح يحتاج الى طاقة حرارية أكبر لاستخلاص الماء العذب من الاملاح المذابة ولتحويله الى بخار ماء.

4.2.مياه الأمطار

أ) **تعريف تساقط الامطار**

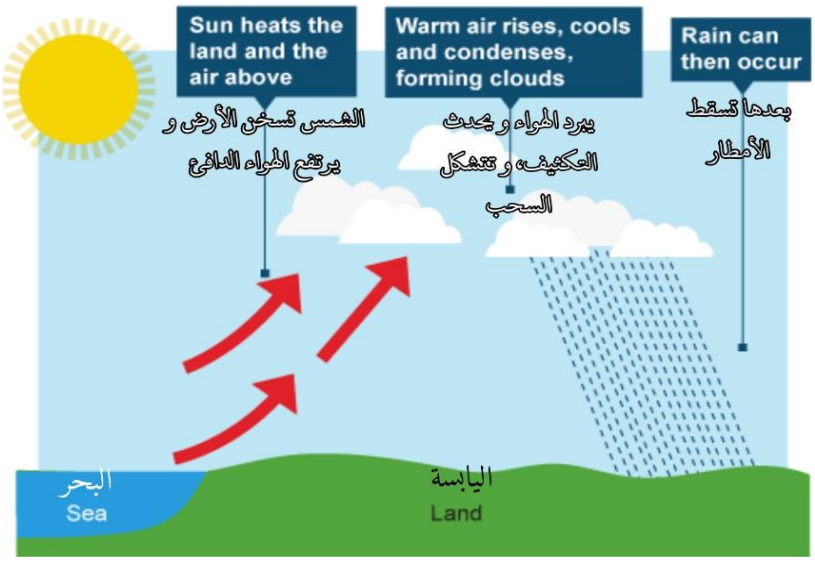
هو احدى ظواهر الطقس المختلفة ويعرف هطول الأمطار بأنه عملية سقوط جزيئات الماء السائلة والصلبة من السحب إلى الأرض بفعل الجاذبية الأرضية، وتشمل الأشكال الرئيسية لسقوط الأمطار كلًا من الرذاذ والمطر والصقيع والثلج والحصى والبرد وكريات الجليد، وتتشكل هذه القطرات عبر عدة مراحل تبدأ من تبخر مياه البحار والأنهار والبحيرات نتيجة درجات الحرارة، فإن الهواء الساخن يصعد للأعلى حاملاً معه بخار الماء، وعند وصوله إلى طبقات الجو العليا تنخفض حرارته ويبدأ بالتكاثف على شكل سُحب وغيوم وبأنواعٍ مختلفة

ب) **مراحل نزول المطر**

لا يتساقط الماء مباشرةً على الأرض بعد تكاثفه في الغلاف الجويّ؛ وذلك لأنّ قطرات الماء تكون صغيرةً جداً، بحيث تستطيع أضعف تيارات الهواء الصاعدة حملها، لذلك تبقى في الغلاف الجويّ حتّى تتكاثف وتندمج معاً مُشكّلةً قطرات ماء ثقيلة وحينها يبدأ نزول المطر، والجدير بالذكر أنّ جزيئات الغبار الموجودة في الهواء تُعدّ من العوامل الأساسية التي تُساهم في تكاثف قطرات المطر؛ وتُسمّى بنوى التكاثف، إذ توفّر سطحاً يسمح لحبيبات الماء الصغيرة بالتكاثف حوله، فتتجمّع مع بعضها البعض ليكبر حجمها ويحدث الهطول.

تحمل تيارات الهواء بخار الماء أحياناً إلى طبقات الجو المرتفعة حيث تكون درجات الحرارة دون الصفر، فتتجمّد قطرات الماء مكونةً البَرَد أو الثلج وفقاً لدرجة حرارة السحابة، وتبقى حبيبات الثلج محمولةً في الهواء حتّى تصطدم ببعضها ببعض وتتجمّع ويكبر حجمها فتبدأ بالتساقط،

ومن الجدير بالذكر أنّ المطر غالباً ما يكون على شكل حبيبات ثلج قبل وصوله إلى الأرض، ولكن أثناء سقوط الحبيبات نحو الأرض تمرّ بطبقات الجو الاكثر دفئاً، فتسخن وتتحوّل الى قطرات من الماء أو المطر.



5. تصنيف تساقط الأمطار

5.1. السحب

أ) تعريف السحب

السحب تتكوّن وتتشكّل عندما يتحول الماء في المحيطات، والبحيرات، والأنهار من حالته السائلة إلى حالته الغازية؛ وهو ما يُعرف بالبخار عن طريق عملية التبخّر ليطفو في الهواء؛ فعندما يرتفع الهواء في الغلاف الجوي يتعرّض للبرودة، ولضغط أقل، عندها لا يستطيع حمل بخار الماء دفعةً واحدة، فيتحول بخار الماء إلى قطرات ماء صغيرة، أو بلورات ثلجية، كما تتكاثف قطرات الماء على جُسيمات أو جزيئات صغيرة، مثل: الغبار، وحبوب اللّقاح التي تسمّى بنوى التكاثف، وعندما يتكاثف بخار الماء الزائد على هذه النوى، تتشكل السحاب.

ب) أنواع السحب

- **السحب مستقرة**: السحب الطبقية أو السحب من عائلة الطبقات، هي غيوم خيطية ذات طابع مستقر وتطور أفقي .
- **السحب غير المستقرة**: السحب الركامية أو الغيوم من عائلة الركام، هي غيوم ذات طابع غير مستقر وتطور رأسي.

ت) أسباب تشكل السحاب

توجد عدة أمور تتسبب في تشكل السحاب، وهي:

- **التدفئة السطحية:** تحدث عندما تُسخن الشمس الأرض، وبالتالي فإنّ الهواء القريب منها سوف يسخُن أيضاً، ويرتفع للأعلى على شكل أعمدة صاعدة، مسبباً ما يسّمى بالتيارات الحرارية، أو الدافئة، والتي تُشكل السحب الركامية.
- الطبوغرافيا أو التضاريس: تتشكّل السحب الطبقية عندما يرتفع الهواء فوق الجبال، أو التلال، ويتعرّض للبرودة .
- الجبهات: تتشكّل الغيوم عندما ترتفع كتلة من الهواء الدافئ فوق كتلة من الهواء البارد الكثيف في مناطق واسعة على طول الجبهات؛ والجبهة عبارة عن الحدود بين الهواء الدافئ، والهواء البارد والرطب، والهواء الجاف.
- تجمع الرياح: هو عبارة عن تيّارات هوائية تتدفق من اتجاهات مختلفة، لترتفع عالياً وتتدفق معاً، ممّا يُسبّب تشكل السحب الركامية، كما يسبب أجواء ماطرة .
- لاضطراب: هو تغيير مفاجئ في سرعة الرياح مع ارتفاعه للأعلى، مما يتسبب في دوامة مضطربة في الهواء

5.2.أنواع السحاب

توجد طريقتان تصنّف بهما الغيوم، هما :

أ) حسب الارتفاع

يتم تصنيف السّحب حسب ارتفاعها في السماء، وهي:

- السحب المرتفعة.
- السحب المنخفضة؛ التي تتشكّل بالقرب من سطح الأرض، ويمكن أن تلامسها، وهو ما يُسمّى بالضباب.
- السحب المتوسطة؛ التي تتواجد بين السحب العالية والمنخفضة .

ب) حسب الشكل

تتم تسمية السحب حسب شكلها، وهي :

- **السحب السمحاقية** (خفيف من كتل صغيرة): السحب العالية التي تبدو مثل الريش .
- **السحب الركامية**: السحب المتوسطة؛ بحيث تبدو مثل كرات القطن العملاقة في السماء.

ت) **أنواع السحب:**

- ***السحب المرتفعة***

وتقسم إلي ثلاث مجموعات هي:

- السحاب الرقيق المرتفع ويعرف عند العرب باسم القزع.Cirrus
- السحاب الركامي المرتفع أو السمحاق الركامي .Cirrocumulus
- السحاب الطباقي المرتفع أو السمحاق الطباقي Cirrostratus

- ***السحب المتوسطة***

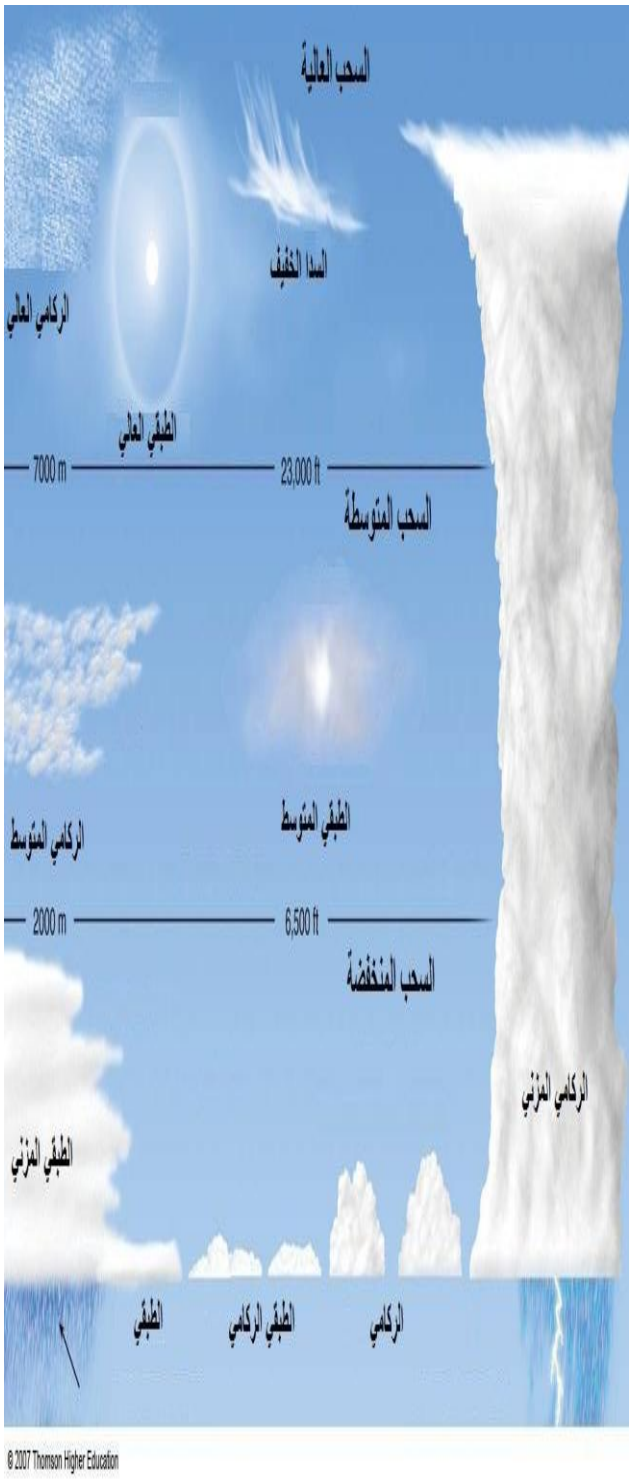
وتقسم إلي ثلاث مجموعات هي:

- السحاب الركامي المتوسط Altocumulus.
- السحاب الطباقي المتوسط Altostratus.
- المزن الطباقية Nimbostratus

- ***السحب المنخفضة***

وتقسم إلي أربع مجموعات هي:

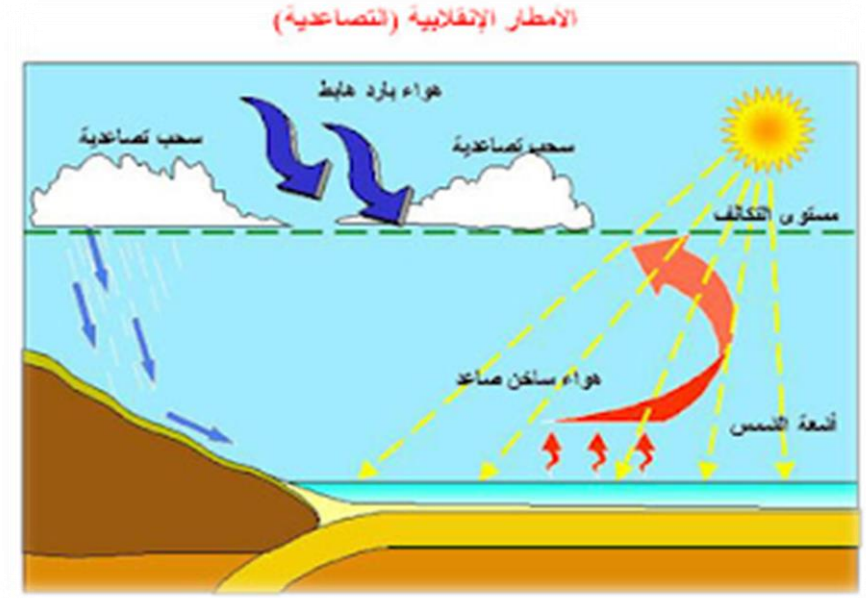
- السحاب الطباقي المنبسط الخفيض أو الرهج. Stratus
- السحاب الركامي الطباقي Stratocumulus.
- السحاب الركامي المنخفض أو الخفيض ويعرف عند العرب باسم القرد. Cumulus
- المزن الركامية(الركام المزني) ويعرف عند العرب باسم الصيب.Cumulonimbus



5.3.تصنيف الامطار

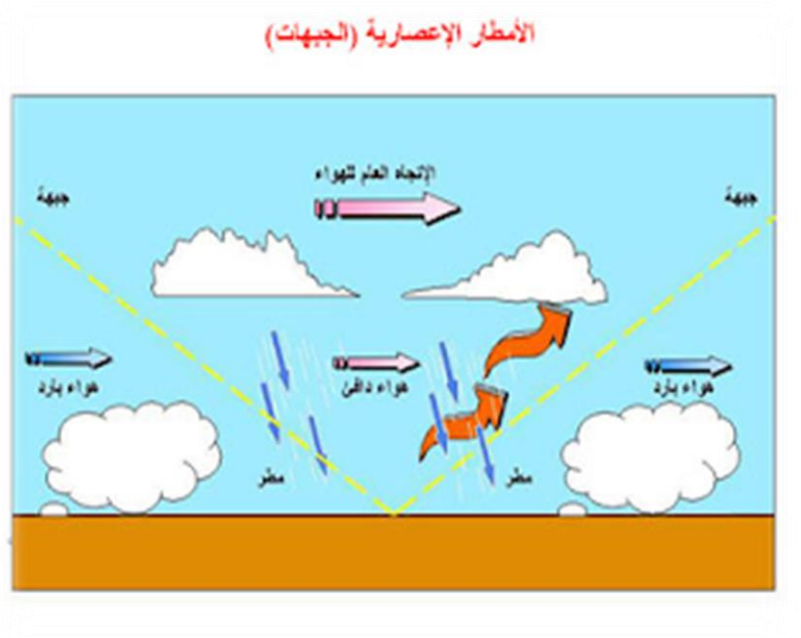
أ) الأمطار التصاعدية

تحدث هذه الأمطار بفعل ارتفاع درجة الحرارة بشكل غير عادي، حيث يتسبب هذا الأمر في تمدد الغلاف الجوي وجعله خفيفاً في الوزن مما يؤدي إلى تصاعده، ثم تتشكل السحب لتصبح هذه السحب محملة بقطرات الماء بالحجم الذي يجعلها تتساقط على شكل أمطار، ويسبب **الهواء المتشبع** ببخار الماء والحرارة الشديدة تيارات تصاعدية قوية قد تؤدي إلى هطول أمطار غزيرة مصحوبة بعواصف رعدية، ويكثُر هذا النوع من الأمطار في **المناطق الاستوائية**.



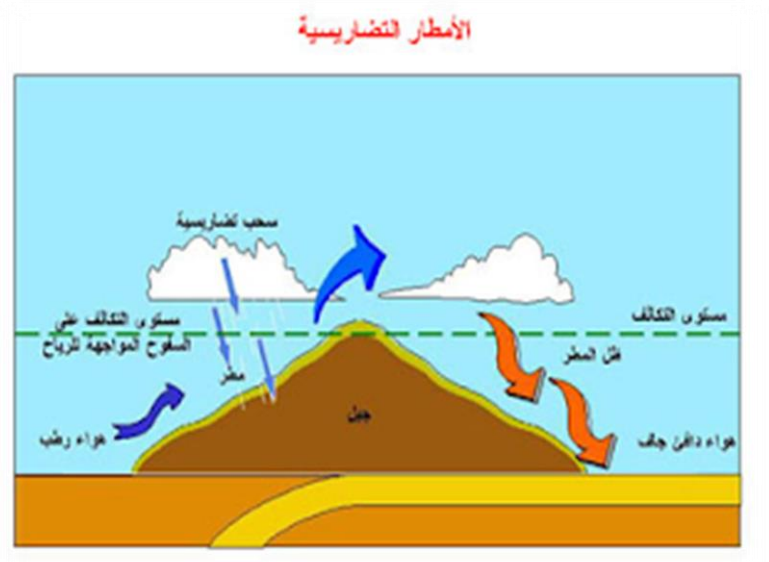
ب) أمطار إعصارية

يتم حدوث الأمطار الإعصارية من خلال تلاقي كتلتين من الهواء، حيث يكونان مختلفان عن بعضهما البعض في درجة الحرارة، وعند التقاءهما تبدأ كتلة الهواء الساخنة في الارتفاع إلى أعلى نتيجة امتلاكها وزناً خفيفاً، أما الكتلة الباردة تظل موجودة في الأسفل، وهذا بدوره يتسبب في تبريد الهواء الدافئ وتكاثفه، فتتشكل السحب وتتساقط الأمطار والتي قد تترافق أحياناً بالعواصف الرعدية المصحوبة ببرق.



ت) الأمطار التضاريسية

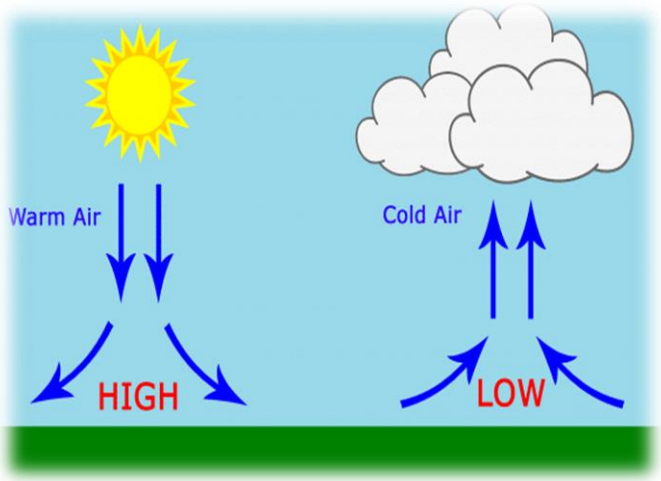
تهطل هذه الأمطار نتيجة اصطدام كتلة من الهواء بمرتفعات جبلية، حيث يتسبب هذا الاصطدام في ارتفاع كتلة الهواء مما يؤدي إلى انخفاض درجة حرارتها بشكل كبير ويعمل هذا الأمر على حدوث تساقط الأمطار، التى تصل الى حد السيول بسبب سرعه هطول الأمطار من تلك السحب بكميات كبيرة جدا فى وقت قصير.



5.4.المرتفع الجوي والمنخفض الجوي

هو جزء من الهواء فوق منطقة معينة من الأرض يتميز بضغط أعلى من ضغط الهواء في المناطق المحيطة به وهو عبارة عن هواء ثقيل الوزن يكون في منطقة مغلقة بخطوط الضغط المتساوية حيث تكون أكبر قيمة **للضغط الجوي** في المركز وتقل كلما ابتعدنا عن المركز، واتجاه الرياح يكون فيها مع عقارب الساعة في نصف الكرة الأرضية الشمالي والعكس في نصف الكرة الجنوبي، وعادة يكون الطقس المصاحب **للمرتفع الجوي** صافياً ولكن في بعض الأحيان تظهر بعض السحب دون حدوث هطول فيها

ودرجة الحرارة تعتمد على الموقع المراد التنبؤ له ولكن ليس بالضرورة أن يؤدي الى ارتفاع درجات الحرارة، المهم من أين المصدر ومسار الرياح التي تهب، وفي النهاية هو ارتفاع قيم الضغط وليس ارتفاع في درجات الحرارة ويرمز له علمياً بحرف **H.**



- **خصائص المرتفع الجوي:**
  - وجود تيارات هوائية هابطة حيث يسخن الهواء
  - يكون الجو صافيا مشمسا
  - تزيد قيم **الضغط الجوي** كلما اتجهنا نحو مركز **المرتفع الجوي**
  - يشكل **المرتفع الجوي** منطقة توزيع الرياح حيث تتجه من المركز الى جميع الاتجاهات

- **خصائص المنخفض الجوي:**

وجود تيارات هوائية صاعدة الى الأعلى فهو يكون مصحوب بتكون الغيوم وتساقط الامطار تتناقص قيم الضغط الجوي بالاتجاه نحو مركز المنخفض يتصف المنخفض بخاصية تجميع الرياح حيث تهب الرياح ومن جميع الاتجاهات نحو مركز المنخفض.

- **الفرق بين المنخفض الجوي والمرتفع الجوي**

- ارتفاع أو هبوط الهواء
- تحديد الحالة الجوية في منطقة ما، فمثلاً لكي تتشكل الغيوم والأمطار، يحتاج الهواء إلى الارتفاع إلى الأعلى ليبرد ويتكاثف وتتشكل الغيوم وتهطل الأمطار أو الثلوج، وهذا الأمر يحدث في مناطق ذات **الضغط المنخفض**، حيث الهواء يرتفع، على عكس الضغط العالي فالهواء يهبط للأسفل وغالباً ما يرافقه استقرار في الأجواء. نتيجةً لذلك، ستجد الغيوم وهطول الأمطار بالقرب من مراكز **الضغط المنخفض** بينما الاستقرار بالقرب من مراكز **الضغط المرتفع.**

6. وسائل تقدير هطول الأمطار

6.1. وسائل قياس

أ) **درجة الحرارة**

تُعرّف درجات الحرارة بأنّها مقياس لدرجة سخونة أو برودة الهواء المحيط، وهناك مقياسان هما الأشهر لقياس درجات الحرارة؛ وهما المقياس الفهرنهايتي والمقياس المئوي، حيث إنّ درجات تجمّد الماء وغليانه حسب المقياس الفهرنهايتي 32 و 112 على التوالي، أمّا حسب المقياس المئوي فإنّ درجات تجمّد الماء وغليانه 0 و 100

Fig n° 1 : Photos d'abris météorologiques.

على التوالي، ويُعدّ المقياس الفهرنهايتي النظام الأكثر انتشاراً في الولايات المتّحدة أمّا النظام المئوي فهو الأشهر في باقي أنحاء العالم.

يُستخدم لقياس درجات حرارة الهواء أنواع مختلفة من أجهزة قياس الحرارة، مثل: مقياس الحرارة الزئبقيّ؛ وهو أنبوب زجاجيّ رفيع يحتوي على سائل الزئبق في قاعه، ويتمّ تثبيت الأنبوب داخل صندوق خشبيّ، إذ يزداد حجم الزئبق في الأنبوب مع زيادة درجات الحرارة ويتقلّص بانخفاضها، أمّا النوع الآخر من مقاييس الحرارة فهو جهاز القياس الإلكتروني الذي يحتوي على مستشعر للحرار ضمن وحدة تهوية تسمح للهواء بالعبور من خلاله لاستشعار درجة حرارته وقياسها، ومن الجدير بالذكر أنّ كلا النوعين يجب أن يكونا مظلّلين بعيداً عن أشعة الشمس المباشرة لتجنّب الخطأ في قياس درجات الحرارة.

Fig n° 2 : thermomètre.

Les unités de mesure sont :

°C	Degré Celsius	°C = 0.56 x (°F – 32)
°F	Degré Fahrenheit	°F = 1.8 x (°C + 32)
K	Kelvin	K = (273 + °C)

ب) وسائل قياس الرطوبة

تُعبّر الرطوبة عن كميّة بخار الماء الموجود في الهواء، فكلّما زادت كميّة بخار الماء في الهواء كانت الرطوبة عالية والعكس صحيح، ويُستخدم جهاز المرطاب (بالإنجليزية: Hygrometer) بأنواعه المختلفة لقياس الرطوبة النسبية للهواء، وذلك من خلال مقياسان لدرجة الحرارة أحدها يقيس درجة الحرارة الجافة والآخر يقيس درجة الحرارة الرطبة، إذ تُمثّل درجة الحرارة الرطبة درجة حرارة جسمٍ ما بعد تبخّر الماء عن سطحه وهي أقلّ من درجة الحرارة الجافّة، لذا يحتوي مقياس درجة الحرارة الرطبة في قاعدته على كمية من الماء الذي يتبخّر ويمتصّ الحرارة ممّا يُقلّل من قراءة درجة الحرارة .

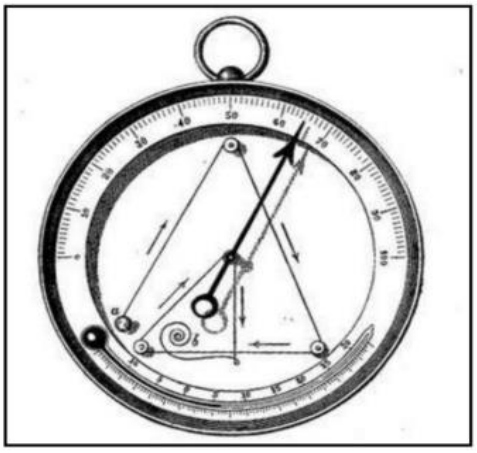


Fig n°5 : Photo d'un hygromètre simple.

يتمّ حساب الرطوبة النسبية في الهواء عن طريق قراءة كلٍّ من درجة الحرارة الجافة ودرجة الحرارة الرطبة وإيجاد الفرق بينهما، ثمّ يتمّ وضع هذه القراءات في جداول خاصة لتحديد الرطوبة النسبية في موقع معيّن، ويعتمد خبراء الأرصاد الجوية على استخدام مرطاب مُعلّق لتحديد الرطوبة

النسبية للغلاف الجويّ، كما أنّ هناك العديد من أجهزة استشعار الرطوبة الأتوماتيكية التي تُستخدم في قياس كميّة بخار الماء ونسبته في الغلاف الجوي.

100٪ يتوافق مع الهواء المشبع بالبخار الماء: خطر السحب أو المطر أو الضباب أو الندى أو الصقيع و 0٪ يتوافق مع الهواء الجاف تماما.

ت) وسائل قياس الضغط الجوي

يُقاس الضغط الجوي باستخدام مقياس الضغط الجوي Barometer، ومن أشهر أنواعه مقياس الضغط المعدني Aneroid Barometerالذي يتكوّن من غرفة هوائية صغيرة محكمة الإغلاق تماماً ومدرّجة وتحتوي على إبرة مؤشّر، وفي حال زيادة الضغط فإنّ حجم الهواء داخل الغرفة يصغر قليلاً ممّا يدفع إبرة مؤشّر الضغط نحو الضغط الأعلى، وعند انخفاض الضغط فإنّ حجم الهواء يتمدّد وتُشير إبرة المؤشّر إلى انخفاضه، وفي وقت سابق استُخدمت ورقة رسم بياني مرتبطة بالمؤشّر لتتبّع تغيّرات الضغط مع مرور الوقت، وهناك أجهزة إلكترونية حديثة تُرسل إشارات إلكترونية يتمّ قراءتها ورسمها وتحليلها من خلال أجهزة الحاسوب.

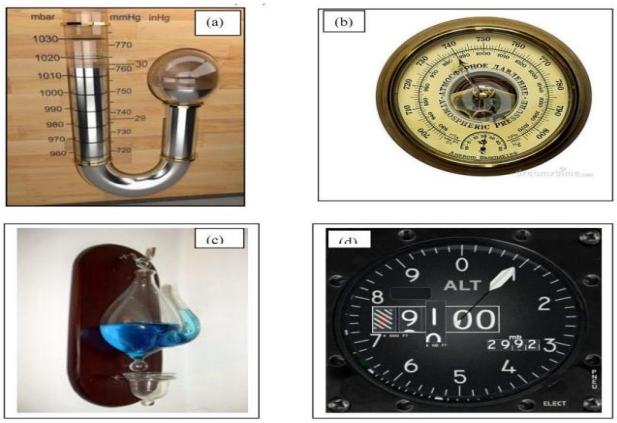


Fig n°4 : Photos représentant des baromètres (a) à mercure, (b) anéroïde, (c) à eau de Goethe et (d) à gaz d'Eco-Celli.

ث) وسائل قياس المطر

يعدّ مقياس كمية المطر Rain Gauge الجهاز الأشهر لقياس كمية الهطول المطريّ خلال فترة زمنية محددة، ويتكوّن المقياس من دلوين أحدهما كبير والآخر صغير يرتبطان بمحور دوران واحد، وعند الهطول فإنّ المطر يدخل إلى الدلو الصغير ويتجمّع فيه وعند امتلائه ينقلب ويُفرغ كمية المطر التي تجمّعت فيه داخل الدلو

Pluviomètre à lecture direct

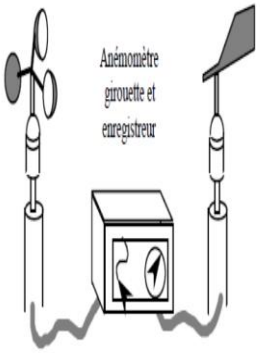
Pluviomètre électronique

الكبير، وبمجرّد تفريغه من ماء المطر فإنّ جهاز قياس المطر يُرسل بيانات عن كميّة الهطول في هذه اللحظة إلى محطّة الرصد الجويّ. يتمّ وضع مقياس كمية المطر في مناطق مفتوحة بعيدة عن أيّ عوائق قد تعزل المطر عن الجهاز، لكن يصعب استخدامه أثناء الأعاصير والعواصف الرعدية؛ فقد يمتلئ دلو جهاز القياس أو يفيض، كما أنّ هبوط درجات الحرارة تحت الصفر المئويّ يؤدّي إلى تجمّد المياه داخل المقياس وتعطّل عملية القياس، ولتجنّب هذه الحالة فإنّ غالبيّة محطّات الطقس تستخدم نوعاً خاصاً من مقاييس المطر وهو مقياس الدلو ذي القلب الساخن، والذي يُذيب المطر في حال تجمّده وبالتالي يُحافظ على استمرار عمليّة الترسيب في الدلو.

ج) وسائل قياس الرياح

يُستخدم مقياس شدّة الرياح Anemometer لقياس سرعة الرياح في منطقة معيّنة، وهو جهاز شائع الاستخدام في محطات الرصد الجويّ، ويتكوّن بشكل رئيسي من عدد من الأكواب الصغيرة نصف الكروية تكون مُثبّتةً على أذرع أفقيّة متصلة جميعها بقضيب عموديّ، ويُمكن أن يُضاف لمقياس شدّة الرياح دوّارة رياح Wind vane وظيفتها تحديد اتجاه هبوب الرياح. يتمثّل مبدأ عمل مقياس شدّة الرياح في كون الرياح تتسبّب في دوران الأكواب نصف الكروية، ممّا يؤدّي إلى دوران القضيب العمودي بسرعة تتناسب مع سرعة الرياح، وبالتالي يتمّ تحديد سرعة الرياح واتجاهها، وفي بعض التطبيقات العلمية المتقدّمة يتمّ استخدام أجهزة قياس سرعة للرياح تعتمد على سرعة الصوت لقياس سرعة الرياح وتحديد اتجاهها حسب مصدرها.

Manche à air



Girouette et anémomètre

Anémomètre Electronique

6.2. شبكة قياس واستغلال الأمطار

أ) شبكة المراقبة:

بالنسبة لمنطقة تجمع معينة bassin versant أو منطقة معينة ، تتشكل محطات هطول الأمطارشبكة مراقبة. أنها توفر قياسات لحظية ponctuelle. بيانات المحطة ذات أهمية كبيرة لإحصاءات المناخ ، وتخطيط الموارد وإدارتها ، ومشاريع البناء ؛ لذلك يجب أن تأخذ طبيعة وكثافة الشبكات في الاعتبار الظاهرة المرصودة أو الغرض من الملاحظات أو الدقة المطلوبة أو

التضاريس أو العوامل الاقتصادية أو غيرها. يعتمد تمثيل هطول الأمطار بواسطة القياسات على شبكة المراقبة.وكلما كانت أكثر كثافة ، كانت المعلومات أفضل وكلما كانت مجموعة القياسات ممثلة لطبقة الماء التي سقطت على سطح معين. ومع ذلك ، فإن الشبكة هي نتيجة حل وسط بين الدقة المطلوبة والإمكانيات أو تكاليف التشغيل.لذلك يجب التخطيط للشبكة.

ب) **نشر بيانات:**

هطول الأمطار يعتبر نشر بيانات هطول الأمطار من مسؤولية الخدمات العامة (المحطات الأرصاد الجوية) تجمع أدلة هطول الأمطار معًا ، لكل محطة من محطات القياس ،النتائج التالية:

- هطول الأمطار اليومي ،
- هطول الأمطار الشهري ،
- هطول الأمطار السنوي ،
- متوسط وحدة هطول الأمطار السنوية (المتوسط الحسابي لارتفاعات هطول الأمطار السنوية) ،

- نسبة هطول الأمطار الشهرية (النسبة بين الوحدة السنوية والوحدة الشهرية المعتبرة) ،
- المتوسطات ، ومتوسط عدد الأيام الممطرة ، وتقلبات هطول الأمطار والأيام الممطرة ،

خرائط هطول الأمطار الشهرية والسنوية.

ت) **تحليل اللحظي:**

يتم تحليل القياسات المحددة التي تم الحصول عليها على مستوى مقاييس المطر أو مقاييس المطر وإخضاعها لمعالجات إحصائية مختلفة.

ث) **مفهوم الامطار المتفرقة والشدة:**

بشكل عام ، يشير مصطلح " **الامطار المتفرقة** " إلى مجموعة من الأمطار مرتبطة باضطراب جوي محدد جيدًا. لذلك يمكن أن تختلف مدة هطول الأمطار من بضع دقائق إلى مائة ساعة وتتعلق بمنطقة تتراوح من بضعة كيلومترات مربعة (عواصف رعدية) إلى بضعة آلاف (أمطار إعصارية). أخيرًا ، يُعرَّف **الامطار المتفرقة** بأنه نوبة مطر مستمرة ، يمكن أن يكون لها عدة قمم من الشدة. يتم التعبير عن متوسط شدة الدش بالعلاقة بين ارتفاع المطر الملاحظ ومدة الاستحمام:

$$Im = h/t$$

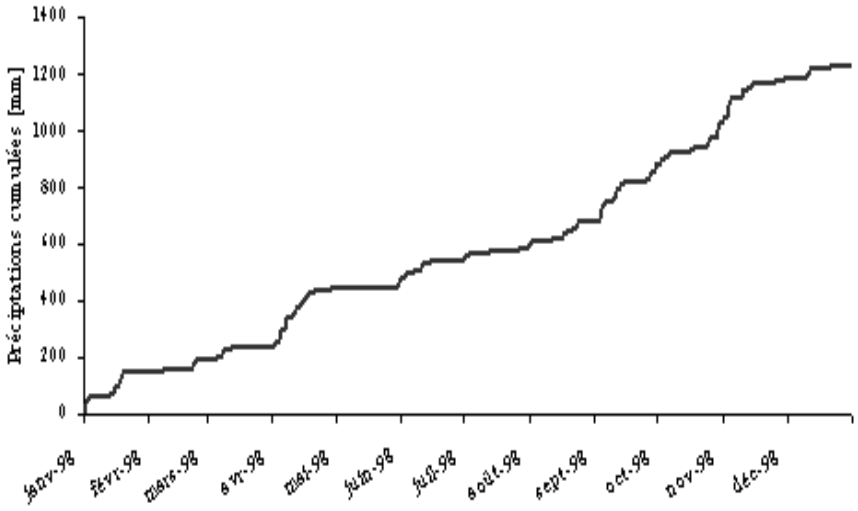
Où :
i_m : intensité moyenne de la pluie [mm/h, mm/min] ou ramenée à la surface [l/s.ha],
h : hauteur de pluie de l'averse [mm],
t : durée de l'averse [h ou min].

تختلف شدة هطول الأمطار في كل لحظة خلال نفس هطول الأمطار وفقًا لخصائص الأرصاد الجوية. بدلاً من النظر في هطول الأمطار بالكامل ومتوسط شدته ، يمكننا التركيز على الشدة التي لوحظت على مدار الفترات الزمنية التي تم خلالها تسجيل أكبر هطول للأمطار. ثم نتحدث عن الحد الأقصى من الشدة. يتم استخدام نوعين من المنحنيات المستخلصة من تسجيلات مقياس المطر (بلوفيوجرام) لتحليل زخات المحطة:

- منحنى ارتفاعات هطول الأمطار التراكمية ،
- مخطط الهييتوجرامle hyétogramme

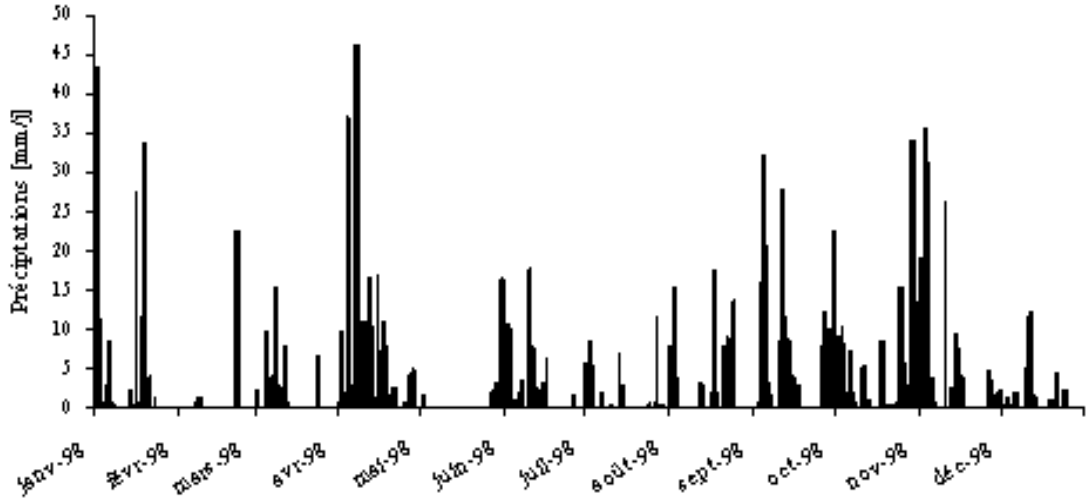
- **منحنى هطول الأمطار التراكمي:**

يمثل على الإحداثي، لكل لحظة t، كل ارتفاعات المطر الذي سقط منذ بداية هطول الأمطار



- **مخطط الهييتوجرام le hyétogramme**

هو تمثيل ، في شكل مدرج تكراري ، لشدة المطر بدالة للوقت



- **حساب متوسط مياه المطر على أي منطقة :**

ان من المفروض عند توزيع مقاييس المطر على أي منطقة أن تغطي هذه المقاييس معظم أجزاء المنطقة وأن تكون موزعة توزيعا صحيحا حتى تبين الاختلافات المحلية لكميات الأمطار

الساقطة. ولهذا هناك طرق حسابية لحساب كمية المطر التي تسقط على المنطقة من قراءات المراصد الموجودة بها، ومن أبسط هذه الطرق ما يأتي:

- طريقة المتوسط الحسابي.
- طريقة الوزن المساحي.
- طريقة خطوط المطر المتساوي.

✓ **طريقة المتوسط الحسابي:**

وهي أبسط طريقة لحساب متوسط كمية المطر على أي منطقة؛ إذ إنها لا تتطلب أكثر من جمع متوسطات الأمطار التي تسجلها شبكة المراصد وقسمتها على عددها كما يأتي: فعلى فرض المنطقة1 يراد حساب متوسط أمطارها وأن بها خمس محطات فإن المتوسط الحسابي لأمطارها على حسب المتوسطات المسجلة بجانب المحطات يكون:

$$3,2 = \frac{160}{5} = \frac{1,6+2,5+4,5+3,6+4,1}{5}$$

وهذه الطريقة تصلح للمناطق ذات السطح المستوى تقريبا، وخصوصا إذا كانت مرصداها موزعة عليها توزيعا جيدا .

- وفي المناطق الأخرى يمكن الحصول على نتائج مقبولة إذا كانت المراصد ممثلة للمنطقة تمثيلا صادقا حيث إن النقص الذي تظهره بعض المراصد تعوضه الزيادة التي تظهرها المراصد الأخرى.
- وهذه الطريقة تعطي نتيجة موضوعية سريعة، ويسهل استخدام الآلات الحاسبة لاستخراج نتائجها.

✓ **طريقة الوزن المساحي: Areal weaghting**

طريقة المضلع Thiessenهي الأكثر استخدامًا ، لأنها سهلة التطبيق وتعطي نتائج جيدة بشكل عام. إنها مناسبة بشكل خاص عندما لا تكون شبكة هطول الأمطارغير متجانسة مكانيًا (مقاييس المطر موزعة بشكل غير منتظم). تتيح هذه الطريقة تقدير القيم المرجحة من خلال مراعاة كل محطة هطول أمطار. يخصص لكل مقياس مطر منطقة تأثير تمثل مساحتها ، معبراً عنها بنسبة٪ ، عامل الترجيح للقيمة المحلية. يتم تحديد مناطق التأثير المختلفة من خلال التقسيم الهندسي للحوض على خريطة طبوغرافية 1 (انظر الشكل). ثم يتم حساب المتوسط المرجح لهطول الأمطار

Pmoyللحوض عن طريق حساب مجموع هطول الأمطار Piلكل محطة ، مضروبًا في عامل الترجيح (المنطقة Ai، مقسومًا جميعًا على المساحة الإجمالية Aللحوض

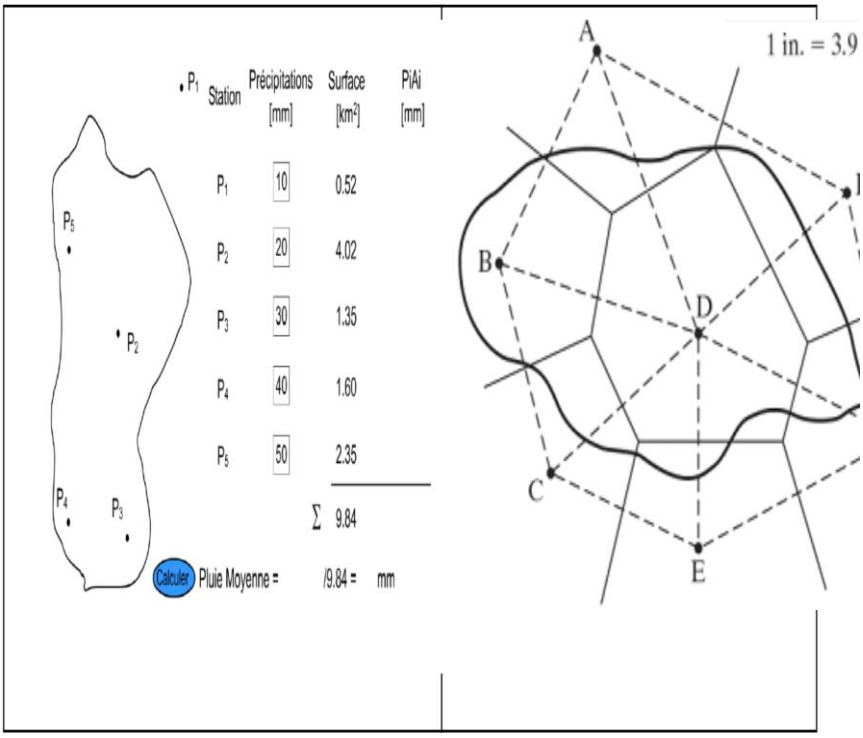
$$P_{moy} = \frac{\sum A_i \cdot P_i}{A}$$

Avec :

P_{moy} : précipitation moyenne sur le bassin,
A : aire totale du bassin (=å A_i),
P_i : précipitation enregistrée à la station i,
A_i : superficie d'influence du polygone associée à la station i.

✓ **الطريقة التي تعتمد على خطوط المطر المتساوي:**

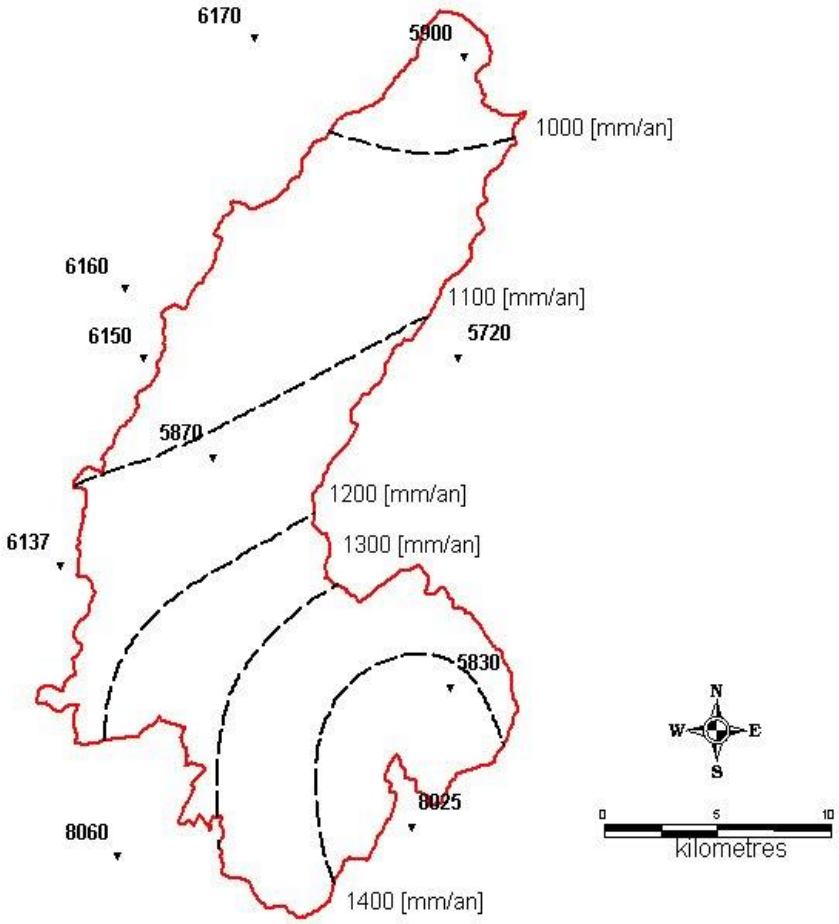
إن خطوط تساوي الأمطار هي خطوط من نفس هطول الأمطار (تساوي هطول الأمطار السنوي واليومي ، وما إلى ذلك) مرسومة باستخدام قيم هطول الأمطار المكتسبة في المحطات في الحوض وفي المحطات المجاورة الأخرى. عندما يتم رسم منحنيات isohyet، يمكن حساب متوسط هطول الأمطار على النحو التالي:



$$P_{moy} = \frac{\sum_{i=1}^{K} A_i \cdot P_i}{A}, \quad avec \quad P_i = \frac{h_i + h_{i+1}}{2}$$

Avec :

Pmoy : précipitation moyenne sur le bassin,
A : surface totale du bassi,.
Ai : surface entre deux isohyètes *i* et *i+1*,*K* : nombre total d'isohyètes.



6.3. استخدام البيانات المناخية في المشاريع الحضرية

قبل التحدث عن استخدامات البيانات المناخية، يجب تحديد أنماط المناخ و مقياس المناخ.

أ) أنماط المناخ:

هناك عدة تصنيفات للمناخ التي تحدد حسب متوسط القيم الشهرية لدرجة الحرارة وهطول الأمطار. من أشهرها **تصنيف كوبن** يتكون من خمس درجات من الحرف A إلى .E والدرجات الرئيسية هي :A استوائي، B جاف، C معتدل في دوائر العرض المتوسطة، D بارد في دوائر العرض المتوسطة، E قطبي. كما يُمكن تصنيف هذه التصنيفات الرئيسية إلى تصنيفات ثانوية، مثل الغابات المطيرة والرياح الموسمية والسافانا المدارية والمناخ الرطب شبه المداري والمناخ الرطب القاري والمناخ المحيطي والمناخ المتوسطي والصحراء والسهوب والمناخ شبه القطبي والتندرا والغطاء الجليدي القطبي.

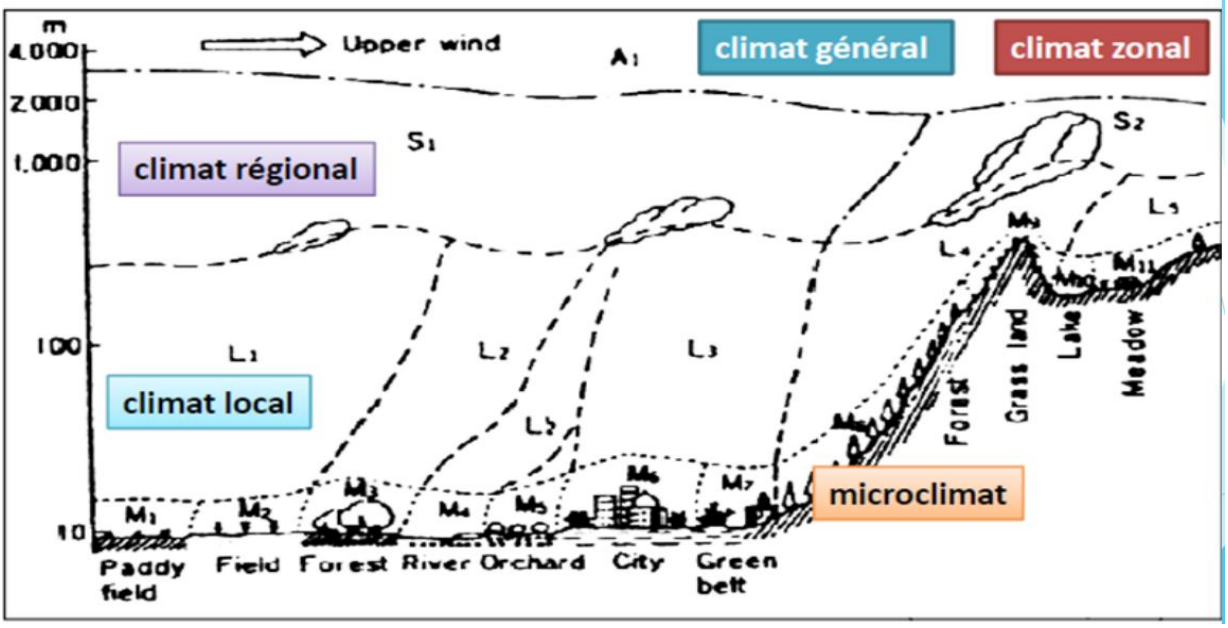
- **الغابات المطيرة** تتميزة بكميات هطول مطرية كبيرة جداً، ومعدل الهطول المطري فيها ما بين 1,750 ملم وبين 2,000 ملم. ومتوسط درجات الحرارة تتجاوز 18°مئوية خلال جميع أشهر السنة.
- **الرياح الموسمية** وهي الرياح التي تنتشر في موسم ما وتستمر لعدة أشهر، مما يؤدي لتساقط الأمطار في المنطقة. وتحدث الرياح الموسمية في أمريكا الشمالية وأمريكا الجنوبية وأفريقيا جنوب الصحراء الكبرى وأستراليا وشرق آسيا.
- **السافانا المدارية** وهي أرض عشبية تعتبر موطن بيئي ومناخها يتراوح ما بين شبه القاحل وشبه الرطب، وتقع هذه المنطقة ما بين المناطق شبه الاستوائية والاستوائية على خطوط العرض الجغرافية. ومعدل درجات الحرارة تكون أعلى من 18° مئوية طوال العام، ومعدل تساقط الأمطار السنوي يكون بين 750 ملم وبين 1,270 ملم. وهي منتشرة في إفريقيا، وتوجد في الهند والأجزاء الشمالية من أمريكا الجنوبية وماليزيا وأستراليا.
- **الغطاء السحابي** لمدة شهر في عام 2014، الصورة مأخوذة من مرصد الأرض التابع لوكالة ناسا.
- **شبه الاستوائية الرطبة** وهي منطقة مناخية تهطل فيها الأمطار في فصل الشتاء وأحياناً الثلوج، وتترافق هذه الأمطار مع عواصف ضخمة تتحكم بها الرياح الغربية القادمة من الغرب إلى الشرق. أما الأمطار الصيّفية تحدث خلال العواصف الرعدية أو الأعاصير الإستوائية. تقع المناخات شبه الاستوائية الرطبة على الجانب الشرقي من القارات، بين خطي العرض 20 درجة و40 درجة تقريبًا بعيدًا عن خط الاستواء.
- **المناخ القاري الرطب** يتميز بأنماط طقس متغيرة وتباين كبير بدرجات الحرارة الموسمية. ويدخل تحت هذا التصنيف الأماكن التي يزيد متوسط درجة الحرارة اليومية فيها عن 10°مئوية، وأبرد درجة حرارة شهرية تصل إلى –3°مئوية، وهذه المنطقة لا تستوفي معايير المناطق الجافة وشبه الجافة، لذلك تُصنف على أنها قارية.

- **المناخ المحيطي** عادةً ما يتم العثور على المناخ المحيطي على طول السواحل الغربية في خطوط العرض الوسطى لجميع قارات العالم، وكذلك في جنوب شرق أستراليا، وفي هذا المناخ يحدث هطول وفير على مدار السنة.
- **مناخ البحر الأبيض المتوسط** وهو المناخ الذي يُشبه المناخ السائد على أراضي حوض البحر الأبيض المتوسط، ومن هذه المناطق أجزاء من غرب أمريكا الشمالية، وأجزاء من أستراليا الغربية وأستراليا الجنوبية، وفي المنطقة الجنوبية الغربية لجنوب أفريقيا، وأجزاء من وسط تشيلي. وهذا المناخ يتميز بصيفٍ حار وجاف وشتاءٍ بارد ورطب.
- **السهوب** وهي أراضي عشبية جافة، تتباين فيها درجات الحرارة بشكل كبير جداً، حيثُ تصل بالصيف إلى 40°مئوية وخلال فصل الشتاء تصل إلى أقل من –40°مئوية.
- **المناخ شبه القطبي** وهو مناخ شحيح الأمطار، أعلى معدل لدرجات الحرارة في هذا المناخ 10°مئوية ويستمر هذا المعدل لمدة ثلاثة شهور، تنتشر فيها التربة الصقيعية على مساحة واسعة بسبب انخفاض درجات الحرارة طوال العام. درجة حرارة الشتاء في المناخ شبه القطبي تصل في المناطق الشمالية إلى أقل من 0°مئوية.
- **التُندرا** وهو المناخ السائد في أقصى شمال نصف الأرض الشمالي، شمال حزام التايغا، ومناخ التُندرا ينتشر بشكل واسع في شمال روسيا وكندا.
- **الغطاء الجليدي القطبي** أو القبعة الجليدية القطبية وهي خطوط العرض البعيدة عن خط الاستواء في أي كوكب أو قمر وتكون مغطية بالجليد بالكامل، وتتكون هذه الأغطية الجليدية نتيجة تلقيها أشعة شمس أقل من المناطق الاستوائية، مما يؤدي لانخفاض درجة حرارة السطح.
- **الصحراء** وهي المناطق الطبيعية التي تتلقى أقل معدل لهطول الأمطار، كما أنها مناطق لديها أكبر تباين في درجات الحرارة خلال اليوم الواحد وكذلك بين فصول السنة بارتفاع وانخفاض مستمر. أعلى درجات الحرارة في هذا المناخ تكون في نهار فصول الصيف وتصل إلى أعلى من 45°مئوية، وأقل درجات الحرارة تكون في ليالي فصل الشتاء وتصل إلى أقل من 0°مئوية، وذلك بسبب الرطوبة المنخفضة للغاية. تتشكل معظم الصحاري بسبب الظل المطري، حيث تمنع الجبال مسار الرطوبة والأمطار إلى الصحراء.

مقياس المناخ:

- المناخ المجالي وهو الأكبر مساحة وهو يوافق الميدان المناخي او نمط المناخ.
- المناخ العام وهو يحدد عن طريق الارتفاع و في كل مناخ مجالي يوجد 3 أكبر مناخ عام.
- المناخ الإقليمي وهو مرتبط بالتضاريس.
- المناخ المحلي وهو مرتبط بالبيومناخ مثل الغابات الخ
- المناخ المصغر وهو يتغير من عدة أمتار الى عدة سنتمترات.

Échelles climatiques :



Échelle du climat	Facteurs affectant le climat	Caractère dimensionnel		Caractère temporel
		Horizontal(km)	Vertical (km)	
Climat global	▪ Latitude ▪ Altitude ▪ Relation à la mer	2000	3 à 10	1 à 6 mois
Climat régional	▪ Latitude/altitude ▪ Situation continentale ▪ Relation aux autres eaux ▪ Reliefs ▪ Relations aux régimes de vent majeurs (temps, côté sous le vent)	500 à 1000	1 à 10	1 à 6 mois
Climat local	▪ Altitude relative ▪ Relation aux eaux ▪ Végétation ▪ Développement/densité/trafic	1 à 10	0.01 à 0.1	1 à 24h
Microclimat	▪ Topographie ▪ Conditions des sols ▪ Type de végétation ▪ Formes des constructions ▪ Types des eaux	0.1	0.01	24h

يمكن استخدام البيانات المناخية في المشاريع الحضرية في العديد من الأشكال والأساليب، بما في ذلك:

1- **تصميم وتخطيط المدن**: يمكن استخدام البيانات المناخية لتحديد وتصميم المواقع التي تتناسب مع ظروف المناخ المحلية، أو لتحديد أفضل وسيلة لضمان تدفق الهواء الطبيعي والإضاءة الطبيعية المتوفرة.

2- **تحسين الطاقة والمستوى الحراري**: يمكن استخدام البيانات المناخية لتصميم المباني والهياكل الخارجية بهدف الحفاظ على درجات الحرارة المعتدلة ومنع الاحتكاك المباشر بالشمس.

3- **خطط الطوارئ**: يمكن استخدام البيانات المناخية لتطوير خطط الطوارئ للتكيف مع الحوادث الجوية والطقس، مثل الفيضانات والعواصف الشديدة.

4- **تحديد مصادر الطاقة المتجددة**: يمكن استخدام البيانات المناخية لتحديد مصادر الطاقة المتجددة المتاحة، مثل الطاقة الشمسية والرياح.

5- **تحسين الجودة الهوائية**: يمكن استخدام البيانات المناخية لتحليل وتحديد مصادر التلوث الهوائي ومن ثم وضع استراتيجيات لتحسين جودة الهواء في المدن.

بصفة عامة، يمكن استخدام البيانات المناخية لتصميم أحياء حضرية أكثر صحة وأمنًا واستدامةً، ولتحديد المخاطر المحتملة والتعامل معها بشكل فعال.

يمكن استخدام البيانات المناخية في المشاريع الحضرية على النحو التالي:

1- **تصميم الخضروات والحدائق**: يمكن استخدام بيانات المناخ لتصميم الخضروات والحدائق حسب الظروف المناخية المحلية. على سبيل المثال ، يمكن تصميم الحدائق المناسبة للمنطقة الجافة والحارة أو الرطبة والباردة.

2- **الإدارة البيئية والتخطيط الحضري**: يمكن استخدام البيانات المناخية لتطوير خطط للحد من التغيرات المناخية في المدن. على سبيل المثال، يمكن تصميم أنظمة لتوفير المياه من خلال المحافظة على المياه الأمطار وإعادة تدويرها.

3- **تصميم المباني**: يمكن استخدام البيانات المناخية لتصميم المباني الذكية، حيث يمكن تضمين خصائص مثل الحرارة والضوء الطبيعي لتوفير الطاقة وتحسين جودة الهواء في المباني.

4- **الإنذار المبكر**: يمكن استخدام البيانات المناخية لإنذار السكان المحليين في المناطق المعرضة للكوارث الطبيعية، مثل الأعاصير والفيضانات والحرائق.

5- **النقل العام**: يمكن استخدام البيانات المناخية لتحديد مواعيد تشغيل النقل العام بشكل أفضل، حيث يمكن تحديد مواعيد الذروة وتوفير المركبات المناسبة للتأكد من وصول الركاب في الوقت المناسب.

القائمة المراجع

- Peel, M. C ؛.Finlayson B. L ؛.McMahon, T. A. (2007). "Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification". Hydrol. Earth Syst. Sci–1633 :5 . .1644doi:10.5194/hess-11-1633-2007. ISSN 1027-5606.
- Emsolem R., climatologie générale, tome1 et 2 , NL 1990. Chaumont M., hydro climatologie, Alger 1967.
- Guide pratique de la météorologie, ONM 2005.

- Jouzel J. et Debroise A., (2007). le climat : jeu dangereux derrières nouvelles de la planète, Dunod, paris.

- ORNEC, (2003).conséquences du réchauffement climatique sur les risques liés aux événements météorologique extrêmes, paris.
- Billaut, M., Birot, P., Cavalier, D., & Pédelaborde, P. (1956). Problèmes climatiques sur la bordure nord du monde
- méditerranéen. In Annales degéographie (Vol.65, No. 347, pp. 15-39). Société degéographie.
- Berger, A. (1981). Le Soleil, le climat et leurs variations : La théorie astronomique des paléoclimats. Ciel et Terre, 97, 229.
- Dessens, H. (1954). Noyaux de condensation et pluie arti1cielle. Bull. Obs. du Puy de Dôme, 4, 113-119.
- Vetter, J. (2004). Contribution d'un code de calcul météorologique méso-échelle à la climatologie des pluies en zone du relief (Doctoral dissertation, Grenoble INPG).

- قصي عبد المجيد السمائري، (2008). المناخ و الإقليم المناخية. دار النش رالياز وري العلمية لنشر والتوزيع. عمان الأردن. 505ص.