المناخ والارض

النظام المناخي العالمي والعوامل المؤثرة فيه

اعداد: دكتور/ اشرف صابر ذكي
رئيس الإدارة المركزية لبحوث الأرصاد والمناخ

المقدمة

خلال سلسلة من المقالات سوف نتعرض لموضوع المناخ و التغيرات المناخية والمسببات وطرق التكيف معها واساليب القياس الفيزيائي لهذا العلم. ففي (المقال الاول) هذا سوف نعرض النظام المناخي والمؤثرات العامة علي النظام المناخي. في واقع الامر ان علم المناخ يتمركز في تغيره وتطرفه وتأثيراته على أنشطة مختلفة تشمل صحة الإنسان، والبيئه، والزراعة ومصادر المياه، ويمكن تعريف المناخ في نطاق أضيق بأنه متوسط ظروف الطقس في مكان معين وفي وقت معين. ويمكن أيضا وصف المناخ بأوصاف إحصائية للنزعات الوسطية وتقلبية العناصر ذات الصلة مثل درجة الحرارة، والامطار، والضغط الجوي، والرطوبة والرياح، أو من خلال مجموعة من العناصر، مثل أنواع وظواهر الطقس، التي تحدث عادة خلال فترة زمنية في منطقة أو إقليم أو في العالم ككل. وخلال العقود الأخيرة من القرن العشرين، بدأت مسألة تغير المناخ تركز الاهتمام على ضرورة فهم المناخ كجزء رئيسي من نظام عالمي لعمليات تفاعلية تشمل جميع النطاقات الرئيسية للأرض ويعرف تغير المناخ بأنه تقلب ذو دلالة إحصائية إما في متوسط حالة المناخ أو في تقلبيته تستمر لفترة طويلة، تصل الي عدة عقود أو لفترات أطول. وبصفة عامة فان تغير المناخ يعبر عن اي تغير مؤثر وطويل المدى في معدل حالة الطقس يحدث لمنطقة معينة. بحث ان معدل حالة الطقس يمكن ان تشمل معدل درجات الحرارة، معدل الامطار، وحالة الرياح. لذلك فان هذه التغيرات يمكن ان تحدث بسبب العمليات الديناميكية للارض كالبراكين، أو بسبب قوى خارجية كالتغير في شدة الاشعة الشمسية أو سقوط النيازك الكبيرة ،ومؤخراً بسبب نشاطات الإنسان كما هو مبين بالشكل رقم (١). لقد أدى التوجه نحو تطوير الصناعة في الاعوام ال١٥٠ المنصرمة إلى استخراج وحرق مليارات الاطنان من الوقود الاحفوري لتوليد الطاقة.

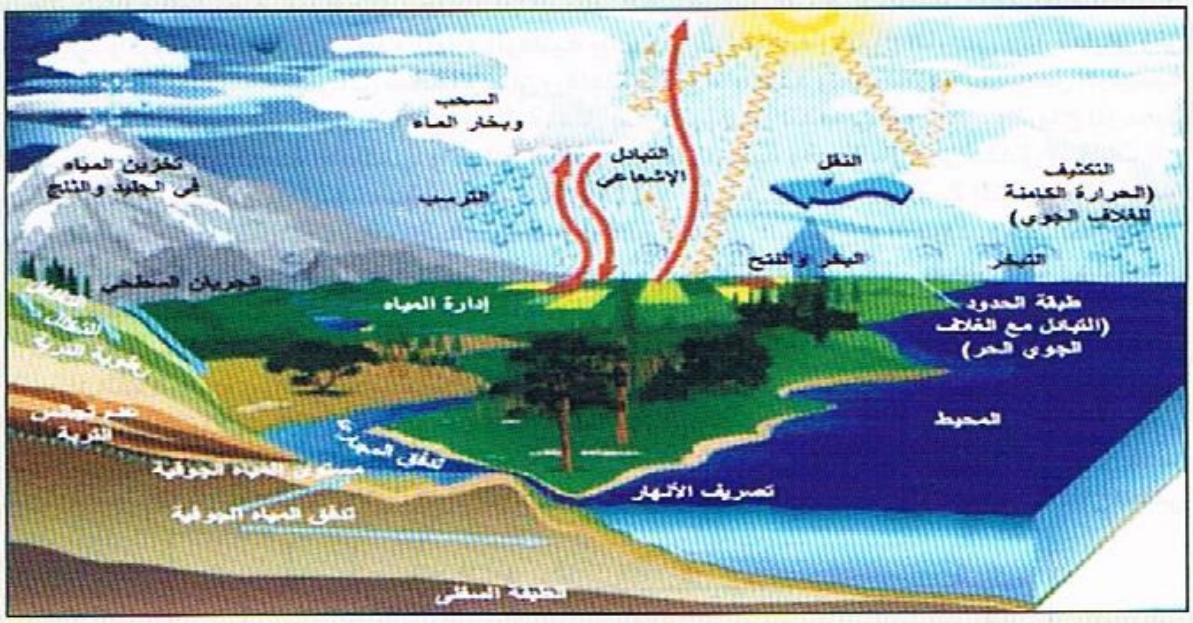
شكل (١) التأثير الصناعي والبشري علي التغيرات المناخية

هذه الأنواع من الموارد الاحفورية اطلقت غازات تحبس الحرارة كثاني أوكسيد الكربون وهي من أهم أسباب تغير المناخ. وتمكنت كميات هذه الغازات من رفع حرارة الكوكب إلى ١,٢ درجة مئوية مقارنة بمستويات ما قبل الثورة الصناعية. كما توجد حاليا جهود وطنية ودولية كبيرة نحو جوانب أخرى من علم المناخ. وتشمل هذه الجهود تحسين قياس ومراقبة المناخ، وزيادة فهم أسباب وأنماط التقلبية الطبيعية، واستحداث اساليب يمكن الاعتماد عليها بدرجة أكبر للتنبؤ بالمناخ على مدى فصول وسنوات، وتحقيق فهم أفضل للروابط بين المناخ ومجموعة من الأنشطة الاجتماعية والاقتصادية والتغيرات الايكولوجية. تبين انه هناك انخفاض في معدلات سقوط الأمطار يوافقه ازدياد في الظواهر المناخية بالغة الشدة بسبب تغير المناخ ومن المرجح أن تسبب انخفاض ملحوظا في توافر المياه في المنطقة ومع تأثيرات سلبية على الانتاج الغذائي والاجهزة الاقتصادية. هذا ومن المرجح أن يؤدي هذا الأمر الى ازدياد حدة التوتر بين البلدان التي تتقاسم الموارد المشتركة للمياه، وكما ستؤدي إلى الأزمات المدنية والهجرة التي يمكن أن تهدد الاستقرار السياسي داخل البلدان. بالإضافة الى ارتفاع مستوى سطح البحر، ومن المحتمل أن يكون لها تأثير كبير على منطقة دلتا النيل في مصر، مما قد يؤدى إلى اغراق الأراضي السكنية والزراعية الكبيرة، وخسائر اقتصادية نتيجة لندرة الغذاء. وفي ضوء النتائج العلمية الأخيرة التي تبين أن التغير المناخي يحدث بشكل أسرع وأكثر مما كان متصورا من قبل، حيث تحث الابحاث الحديثة علي تظافر كل الجهود من اجل التخفيف للتغيرات المناخية المحتملة. بما في ذلك منع انبعاث الغازات المسببة للاحتباس الحراري في العالم يتم تنفيذه فورا في المقام الأول، وكما تحث على اتخاذ وتنمية اجراءات للتكيف المجتمعي.

النظام المناخي

التقلبات القصيرة الأمد (التي تحدث كل ساعة وكل يوم) هي التي تحدد الطقس، في حين يحدد المناخ التغيرات والاتجاهات الأطول أمداً على مدى سنوات وعقود. وتتحكم بالمناخ العالمي تدفقات الطاقة عبر الغلاف الجوي للأرض. ومعظم هذه التدفقات تحدثها المياه عندما تتحول من سائلة إلى بخار إلى ثلج، فيما يعرف بالدورة المائية (الهيدرولوجية) . والدورة المائية تحرك الطاقة الشمسية والحرارية الوافدة في المحيطات، وسطح الأرض، والغلاف الجوي، والتي أصبحت تتأثر بشكل متزايد بالنشاط البشري. ولهذه الأفعال البشرية المنشأ آثار شديدة الأهمية على تفاعلات الطقس. فالإنسان اليوم في مرحلة من التفاعل بين نظم الأرض الطبيعية والنشاط البشري. وكلها تؤثر على المناخ. ويقيم العلماء التفاعل بين هذه العناصر من خلال قياس المعايير الإحصائية التي تتصف بها التغيرات في الغلاف الجوي والمحيطات واليابسة. فيتضح نمط العديد من هذه التفاعلات وتبرز العلاقة بين النشاط البشري والتغيرات في المناخ العالمي مع مرور الزمن. وبإمكان العلماء تقييم التغيرات التي طرأت في الماضي على تركيبة الغلاف الجوي إزاء مستوى النشاط الاقتصادي خلال الفترة نفسها، ومقارنة هذه البيانات بالاتجاهات المناخية الماضية والبيانات المناخية المرصودة. حيث ان العلماء في دراستهم يستندون إلى حصيلة التقييم لتوقع تغيرات مستقبلية في تركيبة الغلاف الجوي، وما يترتب عليها من تغيرات وتقلبات في المناخ. وقبل الحديث عن التغير المناخي يجب التطرق الي معرفة النظام المناخي المتكامل حيث ان النظام المناخي أمر بالغ التعقيد من حيث العلاقات المركبة فيما بينها. النظام المناخي كما هو مبين بالشكل رقم (٢) هو نظام تفاعلي معقد يتكون من الغلاف الجوي، وسطح الأرض، والثلج والجليد، والمحيطات والكتل المائية الأخرى، والكائنات الحية. والغلاف الجوي هو الغلاف الغازي المحيط بالأرض،حيث يتكون الغلاف الجوي الجاف كله تقريبا من النيتروجين والأكسجين، غير أنه يحتوي أيضا على كميات ضئيلة من الأرجون والهيليوم، وثاني أكسيد الكربون، والأوزون، والميثان، وغازات ندرة كثيرة أخرى. ويحتوي الغلاف الجوي أيضا على بخار ماء، وقطرات ماء صغيرة متكثفة في شكل سحب وايروسولات. لذلك فان حالة المناخ هي حالة شمولية للنظام الثيرموديناميكي للغلاف الجوي اما النظام المناخي فهو الحالة الناتجة عن تفاعل مجموعة من الانظمة المترابطة والتي تمثل الغلاف الجوي والمحيطات والبحار والبحيرات والانهار والاجزاء اليابسة من الارض (القارات) بعضها مع البعض الاخر مما يؤثر على النظم البيئية والطبيعية الموجودة على سطح كوكب الارض. واذا كان الغلاف الجوي (Atmosphere) يمثل نظاماً مناخيا تنتقل فيه الحرارة والرياح والامطار من مكان

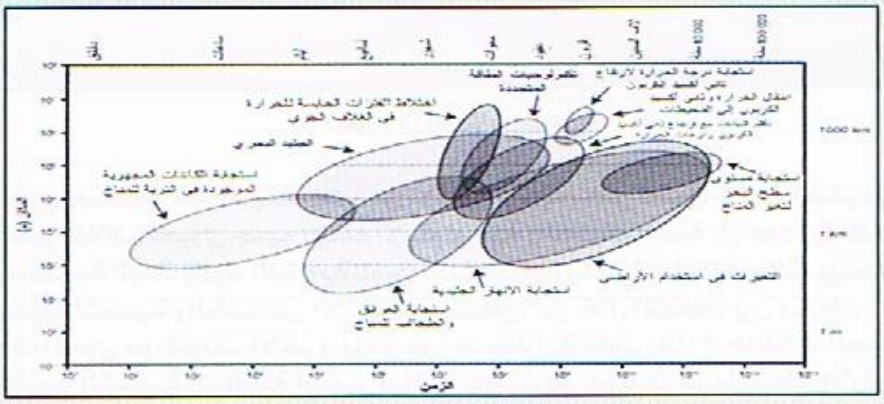
الى اخر وتؤثر في الانظمة الاخرى فان الغلاف المائي (Hydrosphere) والذي يتكون من المحيطات والبحار والبحيرات والانهار وجليد القطبين يمثل نظاماً مؤثراً في المناخ. اذ يقوم هذا النظام بتزويد الغلاف الجوي بالرطوبة (بخار الماء) ويعتبر عامل اساسي في تلطيف (خفض) درجة حرارة الأرض من خلال قوة امتصاصه العالية للاشعة الشمسية الحرارية ونفاذيته العالية لها. ويمتص الغلاف المائي ما نسبته ٢٥٪ من تركيزات غاز ثاني اوكسيد الكربون المنطلقة الى الغلاف الغازي. اما الاجزاء اليابسة من كوكب الارض فتتكون من الجبال والوديان والصحارى والسهول والهضاب وتحتوي على مجموعة من الانظمة الطبيعية والحيوية (Biosphere) والبشرية (Anthropologicalsphere) والجليدية (Cryosphere). والغلاف المائي هو ذلك الجزء من النظام المناخي للأرض المحتوي على الماء السائل الموزع على سطح الأرض في المحيطات، والبحار، والأنهار وبحيرات الماء العذب، ومكامن المياه الجوفية، وغير ذلك من الكتل المائية. وتعد الاهمية الخاصة الأنظمة البيوفيزيائية في كونها انها تحدّد من خلال التفاعلات بين كوكب الأرض ونظم المناخ الفيزيائية كالغلاف الجوي، والمحيطات، وسطح الأرض، وما عليها من أشجار ونباتات وعوالق. وتوضع نماذج هذه التفاعلات من خلال معادلات حتمية تصف مختلف التفاعلات من خلال العلاقات العلمية الرياضيه والفيزيقيه حيث تستخدم نماذج الدوران العالمية والنماذج المناخية الإقليمية لوصف هذه العلاقات. ويعتبر الغلاف الجليدي مصطلح يصف بصورة مجملة لعناصر النظام الأرضي المحتوية على الماء في حالته المتجمدة وتشمل كمية الثلج والجليد بكاملها الجليد البحري، وجليد البحيرات والأنهار، والغطاء الجليدي، وأشكال التساقط الصلبة، والأنهار الجليدية، والقلنسوات الجليدية، والمسطحات الجليدية، والجليد الدائم، والأراضي الفصلية التجمد.



شكل (٢) النظام المناخي

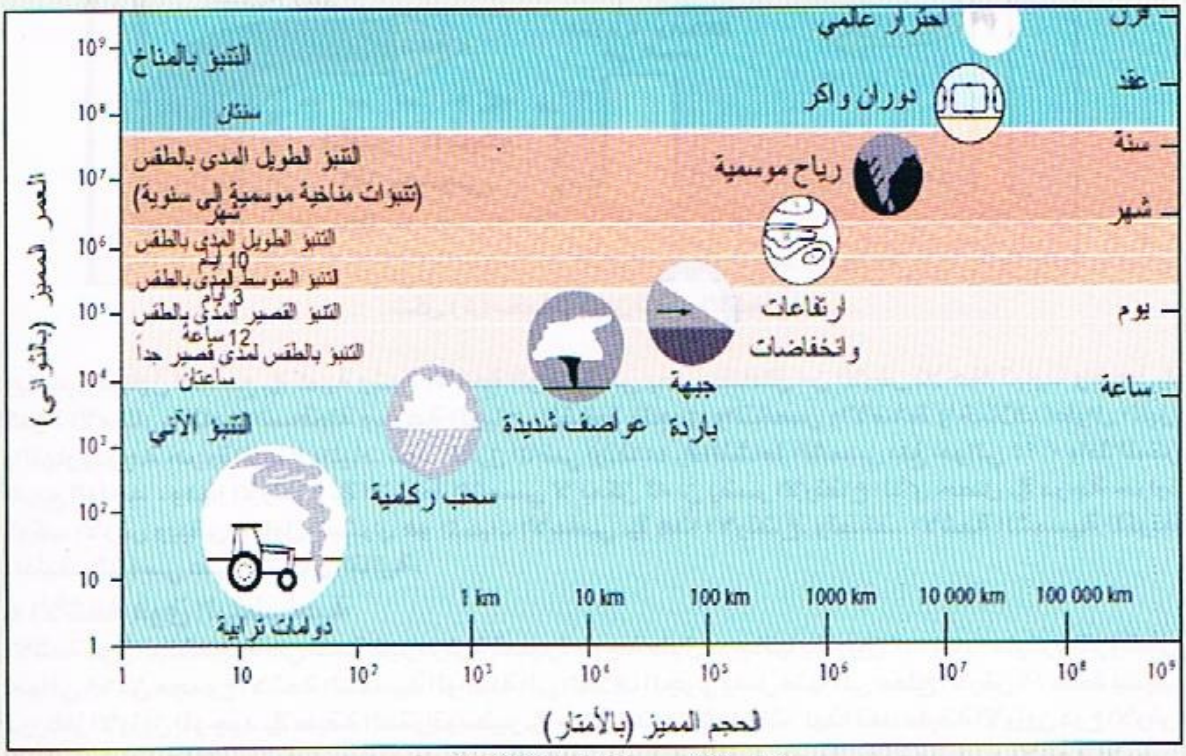
والغلاف الصخري السطحي هو الطبقة العليا من الأرض الصلبة، التي تشمل كلا من القشرة القارية وقيعان المحيطات. ويضم الغلاف الحيوي جميع النظم الايكولوجية والكائنات الحية الموجودة في الغلاف الجوي، بما في ذلك المواد العضوية الميتة، والمواد العضوية الموجودة في التربة، و فوق قيعان المحيطات. ويتحدد مناخ الأرض بتأثيرات الأشعة الشمسية والخصائص الإشعاعية للسطح، من خال التفاعل بين مكونات النظام المناخي. فتفاعل الغلاف الجوي مع المكونات الأخرى يؤدي دوراً مسيطراً في تكوين المناخ. فالغلاف الجوي يتلقى طاقة مباشرة من الأشعة الشمسية الساقطة أو غير مباشرة عن طريق عمليات تشمل سطح الأرض. ويعاد توزيع هذه الطاقة بصورة مستمرة رأسياً وأفقياً من خال عمليات ديناميكية حرارية أو تحركات واسعة النطاق ذات

هدف يستعصى بلوغه يتمثل في تحقيق النظام لحالة استقرار وتوازن. ويؤدي بخار الماء دوراً مهماً في إعادة التوزيع الرأسية للحرارة من خال التكثيف والحرارة الكامنة للنقل. ويحد المحيط بسعته الحرارية الهائلة من معدل تغير درجة الحرارة في الغلاف الجوي ويمدّ الغلاف الجوي ببخار ماء وكمية كبيرة من الحرارة. كما يؤثر توزيع القارات على التيارات المحيطة، وتعيد الجبال توجيه حركة الغلاف الجوي. ويعكس الجليد الموجود في القطبين وفي الجبال والجليد البحري الأشعة الشمسية مرة أخرى إلى الفضاء. وعند خطوط العرض المرتفعة، يعمل الجليد البحري كعازل. ويحمي المحيط من الفقدان السريع للطاقة إلى الغلاف الجوي الذي يكون أبرد منه بدرجة كبيرة. ويؤثر الغلاف الحيوي، بما يحتويه من أنشطة بشرية، على مكونات الغلاف الجوي مثل ثاني أكسيد الكربون، فضلا عن خصائص سطح الأرض، مثل رطوبة التربة والألبيدو. وتحدث التفاعات فيما بين المكونات على جميع النطاقات كما هو موضح في الشكل (٣) و الشكل (٤) فمن الناحية المكانية، تشمل النطاقات الجزئية سمات لخصائص المناخ فوق مساحات صغيرة، مثل المباني أو النباتات أو الحقول. وأي تغير في المناخ على هذا النطاق الصغير يمكن أن يكون ذا أهمية كبيرة عندما تتغير الخصائص الفيزيائية لمنطقة ما من المناطق. فالمساكن الجديدة يمكن أن تسبب مزيداً من حركة الريح، وتقلل التهوية ، ومزيداً من التلوث والحرارة. كما أن التغيرات الطبيعية في المناخ الجزئي، من قبيل التغيرات المتصلة بالمأوى والتعرض، وسطوع الشمس، والظل مهمة أيضاً؛ إذ يمكن أن تحدد، مثلا أي من النباتات سيزدهر في مكان معين. ويشمل النطاق المتوسط المناخ في إقليم ذي مدى محدود، كمستجمع أمطار نهر من الأنهار، أو واد، أو منطقة التقاء حضري أو غابة. والتغيرات المتوسطة النطاق مهمة ، بما في ذلك استخدام الأراضي، والري، وبناء السدود. وتحديد مواقع مرافق الطاقة الطبيعية، ومواقع المنتجعات. أما النطاق الكلي فيشمل المناخ في المناطق الجغرافية الكبيرة، والقارات، والكرة الأرضية. فهو يحدد الموارد الوطنية والقيود التي تواجه الإنتاج الزراعي وإدارة المياه. ومن ثم فهو مرتبط بالطبيعة وبمجالي صحة الإنسان ورفاهيته. كما أنه يحدد ويعين تأثير الخصائص الرئيسية لحركات دوران الرياح من خلال النماذج العالمية، مثل تيار النينيو أوالتذبذب الجنوبي، والرياح الموسمية والتذبذب في شمال المحيط الأطلسي. والنطاق الزمني هو فترة زمنية وقد تتراوح من دقائق وساعات إلى عقود، وقرون، وفترات أطول. وخصائص عنصر من العناصر على مدى ساعة مهمة في العمليات الزراعية، مثل، المكافحة بمبيدات الآفات وفي مراقبة استخدام الطاقة لأغراض التسخين أو التبريد. وخصائص عنصر من العناصر على مدى يوم قد تحدد الأنشطة البشرية التي يمكن أن تؤدي بأمان. ويحدد المناخ على مدى شهور أو سنوات، مثلا، المحاصيل التي يمكن زراعتها أو مدى توافر مياه الشرب والأغذية. أما النطاقات الزمنية الأطول، والتي تمتد لعقود أو قرون، فهي مهمة لدراسات تغير المناخ بتأثير الظواهر الطبيعية، مثل التغيرات في دوران الغلاف الجوي والمحيطات نتيجة للأنشطة البشرية. لقد أصبح تغير المناخ قضية رئيسية للمجتمع البشري. وأحدثت الأنشطة البشرية وبخاصة حرق أنواع الوقود الأحفوري تغيرات في تركيب الغلاف الجوي على الصعيد العالمي. فالزيادات الملموسة في كميات ثاني أكسيد الكربون والميثان في التروبوسفير خلال عصر الصناعة، إضافة إلى زيادة المواد الايروسولية والانبعاثات الجسيمية والتي تؤثر تأثيراً مهما على المناخ العالمي



شكل (٣) النطاقات الزمنية والمكانية

ومركبات الكلوروفلوروكربون التي كانت تستخدم في الماضي على نطاق كبير كمواد داسرة للإيروسولات، وسوائل التنظيف والمواد المبردة تعد سببا رئيسيا لتضوب الأوزون الاستراتوسفيري. وقد أزيل أكثر من خمس الغابات المدارية في العالم خال الفترة من عام ١٩٦٠ إلى ٢٠٠٠ ، ومن المرجح أن هذا يغير من النطاق المتوسط المعقد، ومن الدورات الهيدرولوجية العالمية. والأخاديد الصناعية الضيقة التي تكونها المباني في المدن، مع وجود الأسطح الأسفلتية للطرق، يزيدان الكميات الممتصة من الأشعة ومن الجزر الحرارية للمناطق الحضرية. كما أن تزايد سرعة جريان مياه الأمطار وقطع الأشجار والنباتات الأخرى يقلل من كمية بخار الماء الناتج عن النتح والتي تساعد في غير ذلك من الأحوال على اعتدال درجة الحرارة. كما أن التلوث من المركبات والمباني يتراكم، وبخاصة في الظروف التي تتسم بالسكون، ويسبب الكثير من المشاكل الصحية للإنسان ومن التدمير للهياكل. وإدراكا منها للقلق العالمي المتزايد إزاء التغيرات غير المعكوسة التي تحدث في البيئة الطبيعية. بادرت المنظمة العالمية للأرصاد الجوية بتشجيع دراسة التغيرات في النظام المناخي وتأثيراتها على الجنس البشري، وعلى الطاقة العالمية وإنتاج الأغذية، وعلى احتياطيات الماء. وقد أصبح التغير وعواقبه المحتملة، فضلا عن التأثيرات التي حدثت بالفعل، من أهم المواضيع التي تشغل مقرري السياسات خال السنوات الأخيرة، وفي بعض البلدان لاتسبق هذه الشواغل من حيث الأهمية سوى الشئون الاقتصادية وشئون الدفاع. وحتى في هذين المجالين الأخيرين، يراعى المناخ في التخطيط الاستراتيجي وصنع القرارات التكتيكية. قد عقد الكثير من المؤتمرات الدولية من أجل استنباط طرق للتقليل من التأثير البشري على المناخ وتصميم استراتيجيات من أجل استغلال المناخ لتحقيق منافع اجتماعية واقتصادية. وتشمل هذه الاجتماعات مؤتمرات المناخ العالمي التي عقدت في جنيف في ١٩٧٩ و ١٩٩٠ و ٢٠٠٩؛ ومؤتمر الأمم المتحدة للبيئة والتنمية الذي عقد في ريودي جانيرو في ١٩٩٢ ؛ والقمة العالمية للتنمية المستدامة التي عقدت في جوهانسبرغ في ٢٠٠٢. كما يمثل إنشاء الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ ولجنة الأمم المتحدة الحكومية الدولية للتفاوض بشأن الاتفاقية الإطارية المتعلقة بتغير المناخ علامة فارقة مهمة في التصدي للتغيرات المناخية المتصلة بالأنشطة البشرية.



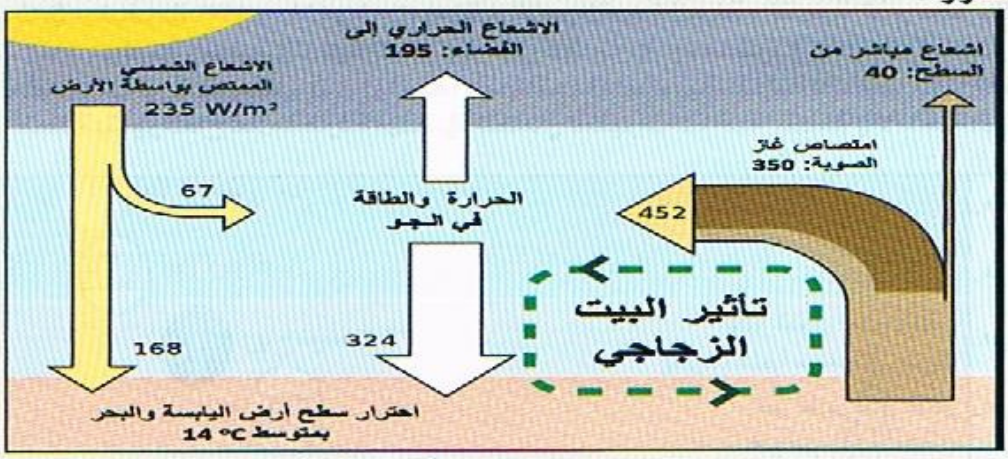
شكل (٤) عمر ظواهر الغلاف الجوي

العوامل المؤثرة في النظام المناخي

هناك مجموعة من العوامل تؤثر وتتحكم بنوعية المناخ والطقس ولها يعود كل تغيير يحصل على المناخ سواء كان محلياً او اقليمياً او قاريا.

١- الاشعاعات الشمسية الحرارية الواصلة الى الارض

تعد الشمس أهم العوامل المؤثرة في المناخ وذلك لانها مصدر الطاقة الرئيسي الذي يزود الارض بالحرارة والطاقة اللازمة لاستمرار الحياة ولولا الطاقة الشمسية لتحولت الارض الى كوكب بارد ذو درجة حرارة منخفضة وانعدمت سبل الحياة فيه. تدور الأرض في فضاء منخفض الحرارة يصل إلى حوالي ٧٠ درجة مئوية تحت الصفر. ان الشكل الدائري للارض ودورانها حول الشمس يجعل اجزائها تتلقى مقادير متباينة من الاشعة الشمسية الحرارية. إذ تسقط اشعه الشمس بشكل عمودي او شبه عمودي على المناطق الاستوائية والمدارية للارض وبذلك تكون هذه المناطق اكثر تعرضاً لاشعة الشمس وحرارتها من المناطق الشمالية والجنوبية والقطبين الشمالي والجنوبي للارض حيث تسقط الاشعة الشمسية عليها بشكل مائل دائماً. وكما يبين شكل (٥) وشكل (٦) وتنخفض نسبة الاشعة الشمسية الساقطة على مناطق خطوط العرض الشمالية والجنوبية ومنطقة القطبين بنسبة ٨٠٪ مقارنة بالنسبة نفسها من الاشعة الساقطة على المناطق الاستوائية. تفسر هذه الاختلافات التباين الكبير بين مناخ المناطق القطبية من جهة والمناطق الاستوائية من جهة اخرى في معدلات درجة الحرارة.



شكل (٥) مخطط يبين تأثير الاشعاع

وبسبب التباين الشاسع في كمية وشدة الاشعة الواصلة الى بعض المناطق من الارض نلاحظ تبايناً واضحاً في كمية الامطار والثلوج الساقطة وسرعة الرياح والضغط الجوي والتشمس والاضاءة واختلاف اطوال الليل والنهار ودرجة حرارة الرياح والمياه. شهد القرن الماضي إرتفاعاً في النشاط الشمسي بلغ حوالي ٠,٣٥ واط للمتر المربع الواحد ، وهذا الإرتفاع في النشاط الشمسي لا يمكن له أن يفسر الإرتفاع الذي حصل في درجة حرارة كوكب الأرض ويبقى العامل البشري هو المسبب الأساسي في هذا الإرتفاع. وتصنف الأشعة الشمسية المكونة للطيف الشمسي على الأشكال التالية:

- **الأشعة فوق البنفسجية**

الأشعة فوق البنفسجية هي اشعة غير مرئية قصيرة الموجة طول موجاتها يقع بين ٠,٢ و ٠,٤ مايكرومتر وتمثل حوالي ٩٪ من مجموع الاشعة الشمسية الواصلة الى الغلاف الجوي يصل منها الى سطح الارض ٢٪ فقط بسبب دور غاز الأوزون الموجود في طبقة الستراتوسفير في حجز هذه الاشعاعات. لهذا تعد طبقة الأوزون درع الأرض الواقي من أثارها المدمرة كما يعيق بخار الماء والدقائق الصلبة كالغبار وصول جزء من هذه الأشعة للأرض.

وللأشعة فوق البنفسجية أهمية حيوية للانسان والحيوان لدورها في تشكيل مادتي الهيستامين Histamine والميلانين Melanine اللتان تكسبان الجسم مناعة ضد التاثيرات الضارة للأشعة الشمسية. كما وتقوم هذه الأشعة بتثبيت فيتامين D الضروري لتكلس العضام وحمايتها من مرض الكساح. اما التعرض الطويل للأشعة فوق البنفسجية وخصوصا في المناطق التي تقع تحت ثقب الأوزون او التي تكون طبقة الأوزون فوقها رقيقة فانه يؤدي الى الإصابة بمرض سرطان الجلد ويساعد على حصول تغيرات في كروسومات الخلايا المولدة مما يؤدي لحدوث الطفرات الوراثية.

• الأشعة المرئية

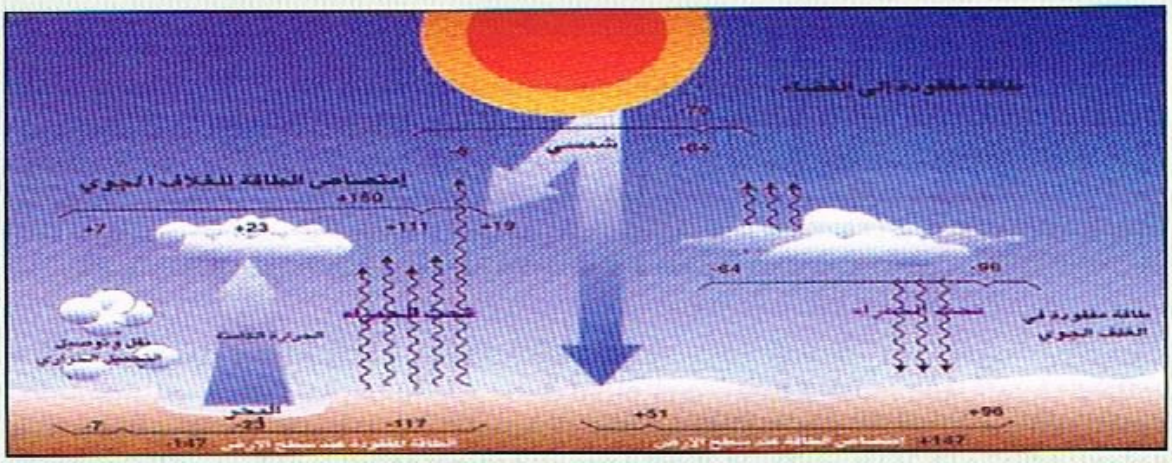
الأشعة المرئية هي من الاشعة القصيرة- المتوسطة، يتراوح طول موجاتها بين ٠,٤-٠,٩ مايكرومتر وتمثل ٤١٪ من مجموع الأشعة الشمسية الواصلة الى سطح الأرض. وتتكون هذه الأشعة من ألوان مختلفة هي: البنفسجي والأزرق والأخضر والأصفر والأحمر وتكون بمجموعها اللون المرئي وهي المسؤلة عن ظهور ضوء النهار. يمكن رؤية مكونات الضوء المرئي عند تحليل الضوء بواسطة منشور زجاجي ويمكن تمييزها عند تكسر أشعة الشمس اثناء مرورها بجزيئات الماء الموجوده في السحب على شكل قوس قزح (Rainbow), تولد الأشعة المرئية طاقة حرارية عند سقوطها على الأنسجة الحيوية والأجسام المختلفة.

• الأشعة تحت الحمراء

الأشعة تحت الحمراء هي اشعة حرارية، غير مرئية، طويلة الموجات يتراوح طول موجاتها ٠,٧٥-٤ مايكرومتر وتؤلف حوالي ٥٠٪ من مجموع الاشعة الشمسية الواصلة إلى الغلاف الجوي لكوكب الأرض. تكمن اهمية الاشعة تحت الحمراء في تامين الطاقة الحرارية الضرورية للحياة على الأرض وبدون هذه الطاقة الحرارية لاصبحت الأرض كوكبا باردا لا يمكن العيش فيه. تعتمد الكائنات الحية نباتية كانت ام حيوانية على الأشعة تحت الحمراء بالحصول على الطاقة اللازمة لقيامها بالفعاليات الحيوية والكيميائية كما تزودها بالطاقة اللازمة لمقاومة تقلبات المناخ وغيرها من الظواهر الطبيعية. هناك مجموعة من العوامل التي تؤثر في شدة الإشعاعات الشمسية الساقطة على الأرض وتؤدي الى التباين في تاثير هذه الأشعة على الوسط او الجسم الذي تسقط عليه. اذ تعتمد شدة الإشعاعات الشمسية على الكيفية التي تنتقل بها هذه الإشعاعات عبر الأوساط المختلفة (غاز أو سائل أو صلب) وذلك لان نفاذية هذه الأوساط تتباين حسب نوعية الوسط وتقارب ذراته او جزيئاته. تسمح الأوساط الغازية للأشعة الشمسية المرور خلالها اكثر من السوائل والسطوح الصلبة وذلك لأن ذرات وجزيئات الغاز تكون متباعدة أكثر من مثيلاتها في السوائل والمواد الصلبة كما وان هذا التباعد بين الذرات والجزيئات يقلل إحتمالات تصادم الأشعة الشمسية مع هذه الذرات. اما في حالة السوائل والمواد الصلبة حيث تتكاثف وتقترب الذرات والجزيئات من بعضها البعض مما يتيح إمكانية أكبر لتصادم الأشعة الشمسية بالذرات والجزيئات ويقلل من نفاذها خلال هذه الأوساط. كما تؤثر طبيعة السطح الخارجي للمادة (خشنا ام املسا) ولونه في إنعكاس وتشتت وامتصاص الأشعة الشمسية. إذ تقوم السطوح السوداء اللون بامتصاص كامل للأشعة الشمسية بينما تعكس السطوح فاتحة اللون نسبة عالية من الأشعة الساقطة عليها. وتمتاز الأجسام السوداء بخاصية تساوي قدرتي الإمتصاص والإشعاع للطاقة الحرارية . من جانب اخر تلعب نوعية الأشعة دورا اساسيا في إيصال الطاقة الحرارية للمواد وذلك لان الأشعة الشمسية تختلف في اطوالها الموجية وكذلك في الطاقة الحرارية التي تحملها. ومن الواضح ايضا ان شدة الإشعاعات الشمسية الواصلة الى الأرض تختلف باختلاف ارتفاع الشمس والوقت وطول الليل والنهار. تعادل شدة الأشعة الشمسية والطاقة الحرارية الواصلة عند خط الاستواء ٢,٥ ضعف الأشعة الساقطة على القطبين وهذا يعتمد على كل من المسافة التي تفصل بين الأرض والشمس عند المنطقتين (عند خط الاستواء تكون المسافة اقرب) وطريقة سقوط الأشعة الشمسية على الارض اذ تسقط عند خط الاستواء بشكل عمودي، بينما يكون سقوطها عند القطبين بشكل مائل مما يزيد المسافة بين مصدر الطاقة والأرض وهذا يؤدي الى زيادة الزمن اللازم لوصول الأشعة مما يفقدها جزءً من الطاقة الحرارية.

٢. طبيعة السطوح والوانها ومعامل الإنعكاس (البيدو، Albedo)

تؤثر طبيعة السطوح والاجسام (ملساء او خشنة) والوانها (فاتحة او داكنة) في عكس الأشعة الشمسية الحرارية وإمتصاصها. إذ تقوم السطوح البيضاء وفاتحة اللون والملساء مثل الجليد والرمل بعكس كميات أكبر من الأشعة الشمسية بينما تقوم السطوح الخشنة والمتعرجة وداكنة اللون بإمتصاص او تشتيت هذه الأشعة بنسب اكبر عن المتوسط كما هو مبين في جدول (١) ، ويكون معامل الإنعكاس للبقع فاتحة اللون والملساء عالياً بينما يكون منخفضاً للبقع الداكنة والخشنة .



شكل (٦) الميزان الحراري للاشعاع الشمسي

لذلك تقوم البقع الجليدية في القطبين الشمالي والجنوبي وفي جزيرة ايسلاند بعكس كميات كبيرة من الأشعة الشمسية وبذلك تقوم بتخفيض درجة حرارة الارض وغلافها الغازي بينما تقوم الغابات مثلا بامتصاص كميات كبيرة من الأشعة الشمسية وبذلك ترفع من درجة حرارة الارض. ويعتمد معامل الإنعكاس (انعكاس الاشعة الشمسية وعودتها للفضاء الخارجي) لكوكب الارض على عدة عوامل اهمها ارتفاع عدد السكان وزياده حجم المباني والتعمير وحجم البقع الجليدية الموجودة على سطح الارض وكمية الاراضي المزروعة واخيراً لون الطبقة السطحية للارض. وتبلغ نسبة معامل الإنعكاس للارض حاليا ٣٪ بالاعتماد على العوامل المذكورة انفا. من جانب اخر يلعب المكان وكيفية سقوط الأشعة (مائلة او عمودية) دوراً مهماً في ظاهرة البيدو. من الملاحظ ان اللأشعة الشمسية تسقط بشكل مائل على الأجزاء الشمالية والجنوبية من الأرض وبشكل خاص القطبين الشمالي والجنوبي وتنعكس بنفس زاوية السقوط ناهيك عن لون الثلج والجليد الذي يعكس بدوره كميات أكبر من الأشعة. يكون سقوط الأشعة الشمسية بشكل عمودي أو شبه عمودي في المناطق الإستوائية والمدارية مما يسمح بامتصاص أكبر للاشعة يضاف الى ذلك إن هذه المناطق تكون داكنة اللون أكثر من القطبين (منطقة بيضاء ثلجية) وهذا ما يتيح نسبة إمتصاص أكبر للأشعة الشمسية مما هو عليه في الأجزاء الشمالية والجنوبية للأرض. وهنا تجدر الإشارة ألى ان كروية الارض ودورانها حول الشمس يجعل الأشعة الشمسية الحرارية تصل إلى المناطق الإستوائية في وقت اقل مما هو عليه في المناطق القطبية وذلك لان المسافة بين خط الاستواء والشمس تكون أقصر وهذا ما يفسر سقوط الأشعة بشكل عمودي او شبه عمودي على هذه المناطق . تفقد الأشعة الشمسية اثناء مرورها في الفضاء الخارجي جزءاً من الحرارة والطاقة لذلك نرى ان الأشعة الساقطة على القطبين تكون حرارتها وطاقتها أقل من مثيلاتها ألتي تسقط على المناطق الإستوائية وهذا ما يفسر إرتفاع درجة الحرارة في المناطق الاستوائية عن المناطق القطبية. بين الجدول رقم (١) تباين معدلات إنكسار الأشعة الشمسية الساقطة على كوكب الأرض لمختلف المواد في الطبيعة. حيث يلعب معامل الإنكسار دوراً مؤثراً في إرتفاع او انخفاض درجة حرارة الأرض.

السطح العاكس للأشعة الشمسية	معامل الإنعكاس (الألبيدو) (٪)
ثلج حديث السقوط	٩٠ - ٨٠
جليد	٧٠ - ٥٠
قمم الغيوم	٧٥
مسطحات مائية	٦٠ - ٥٢
سطح الأرض	٨٥ - ٨٠
اراضي رملية	٣٠
رمل جاف	١٨
اراضي زراعية مفلوحة	٢٠
سطح مغطى بالحشائش	٢٥ - ٢٠
غابات	١٠ - ٣

جدول (١) معامل الإنعكاس (الألبيدو) (٪)

٣. المسطحات المائية (المحيطات والبحار والبحيرات والأنهار)

تلعب المسطحات المائية دوراً مهماً ومؤثراً في مناخ الأرض وهي تغطي حوالي ٧١٪ من مساحة سطح الكرة الأرضية وتتفاعل بشكل مباشر مع الغلاف الجوي (٧١٪ من الغلاف الجوي يقع فوق هذه المسطحات المائية). يؤدي إرتفاع درجة حرارة المسطحات المائية الى زيادة سرعة الكتل والتيارات الهوائية والرياح كما يزيد من سرعة تبخر الماء مما يرفع نسبة بخار الماء في الغلاف الجوي والذي يؤدي بدوره لزيادة تساقط الأمطار على سطح الكرة الأرضية وخصوصاً في المناطق القريبة من المحيطات والبحار. وبسبب المساحات الشاسعة للمسطحات المائية فانها تمثل خزانات عظيمة للطاقة الشمسية الحرارية وذلك لقدرتها الفائقة على إمتصاص الاشعة الشمسية بسبب نفاذيتها العالية للأشعة. تؤدي عملية الإمتصاص الزائد للطاقة الحرارية الشمسية الى رفع الطاقة الحركية لجزيئات الماء مما يؤدي الى تسريع عمليات التبخر وهذا بدوره يرفع نسبة تساقط الأمطار. كما تقوم هذه المسطحات المائية بتحرير واشعاع الطاقة الحرارية المخزونة لديها الى الغلاف الخارجي للأرض مما يساعد على رفع درجة حرارة الغلاف الجوي. تعد المحيطات والبحار مصدر للمنخفضات الجوية والعديد من الحالات الجوية المتطرفة مثل العواصف والأعاصير (مثل التسونامي وكاترينا والنينو). تقوم التيارات المائية بنقل الحرارة وتبادلها بين البقع الجغرافية للأرض وتؤثر بشكل كبير على المناطق الساحلية. وتلعب المسطحات المائية دوراً مهماً في تقليل تركيز غاز ثنائي اوكسيد الكربون في الغلاف الجوي. اذ تعد هذه المسطحات مغاطس طبيعية لهذا الغاز المسبب لظاهرة الإحتباس الحراري ولها القدرة على إمتصاص ما نسبته ٢٥٪ من تركيزات هذا الغاز المنبعثة للغلاف الجوي. تساهم المسطحات المائية بدور مهم واساسي في تكوين مناخ الأرض كما وتلعب نفس الدور في التغيير المناخي لكوكب الأرض سواءاً كان هذا الدور سلبياً او ايجابياً.

٤ ـ المرتفعات (الجبال والهضاب)

تمتاز المرتفعات الجبلية بلطافة مناخها لانها ترتفع كثيراً عن مستويات سطح البحر ومعروف انه كلما إرتفعنا عن مستوى سطح البحر إنخفضت درجه الحرارة والضغط الجوي. في الوقت نفسه كلما إقتربنا من قمم الجبال العالية كلما إقتربت درجه الحرارة الى الصفر المئوي او انخفضت عن هذا المعدل. ينخفض الضغط الجوي كلما إرتفعنا وذلك لان طبقات الهواء وضغطها على اجسامنا تقل. وتعد الجبال بمثابة مصدات للتيارات الهوائية المنطلقة من المحيطات والبحار وهذا ما يساعد على هطول الأمطار والتقليل من تاثيرات هذه التيارات الهوائية على المناطق الداخلية والقارية. وتسود الأراضي الرطبة وشبه الرطبة في المناطق الجبلية المواجهة للمسطحات المائية بينما تسود المناطق المعاكسة للجبال والمناطق الداخلية المناخ شبه الجاف والصحراوي. كثيراً ما يغطي قمم المناطق المرتفعة الثلوج وهذا ما يساعد على خفض درجه الحرارة في الجبال والمناطق القريبة منها فيعتدل المناخ هناك. تؤثر الأنشطة البشرية على نحو كبير في المناخ في العالم. وتعتبر الجبال مؤشرا دقيقا على هذا الأثر. ويعتقد العديد من العلماء أن التغييرات التي تشهدها الأنظمة الايكولوجية الجبلية قد تقدم لمحة مبكرة عما يمكن أن يحدث في بيئات الأراضي المنخفضة. وأن الجبال تعمل بالتالي كنظم للإنذار المبكر. ومن هذا المنطلق. فإن فهم كيفية تأثير تغير المناخ في الجبال أمر حيوي لدى وضع الحكومات والمنظمات الدولية لاستراتيجيات تهدف إلى قلب مسار الاتجاهات الحالية للاحترار العالمي. وإن الأنظمة الايكولوجية الجبلية، بسبب ارتفاعها وانحدارها واتجاهها صوب الشمس، تتضرر بسهولة من جراء التغييرات التي تطرأ على المناخ. ومع ارتفاع درجات حرارة العالم، تذوب المثالج الجبلية بمعدلات غير مسبوقة، في حين تكافح النباتات والحيونات النادرة من أجل البقاء على قيد الحياة في مناطق تتقلص مساحتها أكثر فأكثر، وتتزايد الصعوبات التي يواجهها سكان الجبال الذين هم أصلا من بين أشد السكان فقرا في العالم. وسيكون للتغييرات التي تلحق بعمق المثالج الجبلية ونمط ذوبانها الموسمي تأثير كبير على موارد المياه في أنحاء كثيرة من العالم. ومع ذوبان هذه الطبقات الجليدية وتراجع مساحتها، تتأثر أيضا أشكال الحياة على نحو كبير. ولكن الأمر لا يقتصر على الطبقات الجليدية فحسب. ونظرا إلى أن ٣٢ في المائة من الغطاء الحرجي للأرض يتمثل في المثالج ونظرا إلى أن هذه الأخيرة تحتوي على كميات كبيرة من الكربون وتوفر خدمات النظام الايكولوجي، فإن تغير المناخ يشكل أيضا مشكلة رئيسية بالنسبة للذين يتولون إدارة الغابات والمجتمعات التي تعتمد على الغابات. هناك أيضا إشارات على تأثيرات تغير المناخ في المناطق الايكولوجية الجبلية في الأراضي الجافة، والتي من المحتمل أن تؤثر تأثيرا وخيما جدا في الزراعة والموارد المائية وانتاج النظام الايكولوجي وصحة الإنسان. توجد الجبال في الكثير من مناطق العالم. فهي تشغل مواقع مختلفة جدا في العالم وتختلف في الشكل والمساحة والارتفاع والغطاء النباتي والنظام المناخي. ولذلك فهي ستتأثر بشكل مختلف بتغير المناخ. ورغم ذلك فهي تشترك في بعض السمات فيما يتعلق بتغير المناخ: أولا، تتسم المناطق الجبلية بتضاريس ملحوظة ومعقدة ولذلك فإن مناخها يتباين بشكل كبير على مدى مسافة قصيرة. ثانيا، إن درجة الحرارة تتغير مع تغير الارتفاع. ثالثا، سيؤدي ذوبان المثالج والأراضي دائمة التجمد إلى الطينية. وثمة خطر محدد يتمثل في تراكم البحيرات الجليدية وخطر تفجرها، مما يمكن أن يؤدي إلى تدمير الممتلكات وإزهاق الأرواح. رابعا، تضطلع الجبال نفسها بدور رئيسي في التأثير على أشكال المناخ الإقليمية والعالمية. وتعمل بمثابة حواجز أمام هبوب الرياح لكن حدوث تغييرات في أنماط هبوب الرياح في الغلاف الجوي قد يتسبب في استجابات محلية كبيرة ومتفاوتة لهطول الأمطار في المناطق الجبلية. وهو ما يمكن أن يكون أقوى بكثير من المتوسط الإقليمي لتغير المناخ . وفي المقال الثاني سوف نعرض موضع التسخين العالمي ونستعرض اجابة السؤال التالي هل هي عملية احتباس حراري ام احتباس احترازي؟ والي لقاء في المقال الثاني.