

التغيرات المناخية وأثرها على الانسان والبيئة

د . امحمد عياد مقيلى *

مقدمة

يعتبر المناخ أحد الظواهر الطبيعية المعرضة للتغير على مختلف المقاييس الزمانية القصيرة والطويلة وكذلك المقاييس المكانية المحلية والاقليمية والعالمية . ولقد لفتت ظاهرة التغير المناخى هذه انتباه الانسان منذ القدم ، فكان باستمرار يتعرض لكوارث الجفاف والمجاعات ، والفيضانات والسيول الجارفة ، والعواصف والرياح الحارة او الباردة . ولكن الذاكرة البشرية ناقصة ، فهي لا تحتفظ بالصورة المناخية كاملة لمدة طويلة اذ سرعان ما تتغير لى تنطبع بطابع الظروف الجديدة . فاذا شهد الناس شتاء أبرد من المعدل الذى تعودوا عليه فسوف تجد الكثير منهم يتحدث عن ايام زمان الدفينة وكيف ان المناخ منجه نحو البرودة التى قد تقود الارض الى عصر جليدى . وبالعكس اذا شهدوا فصلا اسخن من المعدل العام فسوف يؤكدون لك بأن المناخ متجه نحو عصر دفيء تذوب فيه الغطاءات الجليدية ويرتفع فيه منسوب مياه المحيطات لى تغطى مساحات شاسعة من الاراضى المنخفضة .

وبالمثل فى حالة مشاهدة سنة مطيرة فالمناخ لا بد وانه متغير نحو عصر مطير تزدهر فيه الحياة النباتية وتتحول الصحارى الى مروج خضراء . اما اذا كانت الامطار اقل من معدلها فالمناخ متغير نحو الجفاف ، والصحارى سوف تتوسع فى كل الاتجاهات . ولتأكيد الفكرة نورد بعض الامثلة المقتطفة من بعض المجالات العربية .

ففى سنة 1977 شهدت امريكا الشمالية وأوروبا موجة برد قارسة أدت الى الكثير من المعاناة البشرية والخسائر الاقتصادية ، وبسرعة انطبع فى ذهن الجمهور بأن المناخ متجه نحو عصر جليدى ، فنقلت مجلة الثقافة العربية ، العدد (6) مقالا عن مجلة الاوروبيو ، العدد (1) جاء فيه (ان الحرارة الارضية هى على بعد أربعة درجات فقط من الحرارة التى كانت سائدة فى العصر الجليدى ، وخلال مائة سنة يمكن ان يصل القطب الشمالى الى خط الاستواء ... ان الارض تتجه بكل قوة نحو عصر جليدى (1) . اما فى أواخر الثمانيات فقد عقدت العديد من المؤتمرات العلمية الدولية بخصوص مؤثرات التلوث الجوى على المناخ ، حيث تتدخل الكثير من المخلفات الصناعية الغازية والصلبة

* استاذ مشارك ، قسم الجغرافيا - كلية التربية / جامعة الفاتح .

في وظيفة الغلاف الجوى المنظمة للاشعاع والحرارة مما يؤدي الى ارتفاع الحرارة او تناقصها والى الضرر بطبقة الاوزون الواقية لاحياء الارض من شرور الاشعة البنفسجية وفوق البنفسجية القادمة من الشمس . فانطلق العنان لكتاب الصحف والمجلات لكى يبالغوا في الوصف ويخرجوا بالموضوع عن اطاره الصحيح . فعلى سبيل المثال ، كتبت مجلة الصياد في عددها رقم (18) الصادر في مايو سنة 1990 مقالا بعنوان «تبدل مناخ الارض يهدد بازالة مناطق وربما بلدان من الوجود» جاء في بعض فقراته مايلى «ان الارض تشهد حاليا اعظم تحول مناخى منذ بداية الحضارة ، فهى مرشحة لأن تصبح اكثر سخونة ، انها تشهد تبديلا في نمط هطول الامطار وفي دويان جليد القارات المتجمدة .

وفي ارتفاع مستوى البحار والمحيطات مما يعنى أن بلدانا بكاملها قد تختفى من الوجود (2) . أما مجلة الاسبوع العربي فقد كتبت في عددها الصادر بتاريخ 28 مارس سنة 1991 مقالا بعنوان علماء الطبيعة يدقون ناقوس الخطر - خلل خطير في البيئة العربية والدولية ، جاء في بعض فقراته مايلى «يتوقع علماء البيئة أن تكون التبدلات المناخية الخطيرة ذات نتائج كارثية على عدد كبير من الدول وخصوصا دول المغرب العربي حيث الحاجة الى المياه تزداد عاما بعد اخر بنسبة 30٪ بينما نسبة الامطار تنقل سنويا بنحو 32٪ ... ويتأرجح المناخ الأرضى حاليا بين التسخين والصقيع وباختلال خطير في تقسيم الفصول الذى كان سائدا على مدى الاف السنين .

مما تقدم يتضح أن مقالات المجلات تتميز بطابع الاثارة والمبالغة المفرطة التى لا تسمن ولا تغنى من جوع ، فبدلا من تزويد القارئ بالمعلومات الدقيقة والحقائق التى تنير عقله ، تعطيه الكثير من الافكار المشوشة والمتناقضة في بعض الاحيان فتتركه في حيرة من الأمر . لذا كان الهدف من هذه الدراسة منصبا على معالجة موضوع المناخ من حيث التعريف ، والعمليات الطبيعية والبشرية المؤدية الى تغيره على المقياسين الطويل الامد والقصير ثم ينتقل البحث الى مناقشة جدوى دراسة التغيرات المناخية مستخدما في ذلك نتائج أحدث الابحاث المتخصصة في هذا المجال .

ماذا يقصد بالمناخ وماهى أهم خصائصه ؟ يعرف المناخ Climate بالمتوسطات الاحصائية لخليط متكامل من متغيرات الاغلفة الجوية ، والمائية ، والصخرية ، والنباتية ، على شرط أن تحسب تلك المتوسطات لفترة زمنية طويلة ولمساحة محدوده من سطح الارض .

أما التبدلات اليومية في احوال الجو فهى تعرف بالطقس (4) . وبجملة أخرى يمكن

تحديد مفهوم المناخ بالمتوسط العام لانواع الطقس التى يشهدها المكان ، فلكل نوع من تلك الانواع خصائص تكرارية معينة خلال الفترة الزمنية المراد أخذ متوسطها (5) . ومناخ أى مكان لا يكتسب طابعة المميز من المتوسط العام لاحوال الطقس فقط ، بل يشمل كذلك احصائيات الحيوذ عن المعدل في درجات الحرارة ، وكميات الامطار ، وفترات الجفاف ، الى غير ذلك .

ويمكن التمييز بين المناخ المحلى Local Climate الذى يختص بدراسة الخصائص المناخية لمساحة مغيره من سطح الارض قد تكون مدينة أو قرية ، والمناخ الاقليمى Re-gional Climate الذى يهتم بمساحة كبيرة كدولة أو جزء من قارة أو قارة بأكملها ، في حين ان المناخ العالمى Global Climate يختص بدراسة المناخ الشامل للكرة الارضية . والمناخ في أى مكان يكتسب خصائصه من خلال توازن بين العديد من العمليات الطبيعية المتداخلة في الاوساط المائية كالبهار والمحيطات ، والهواء ، وسطح الارض . فمحليا وعالميا يوجد المناخ في حالة تغير على جميع المقاييس الزمانية ، فهو متغير من فصل لآخر ومن سنة لأخرى ومن عقد لآخر ، ناهيك عن التغيرات الكبرى التى تحدث خلال الاف وملايين السنين والتى تتارجح بالأرض بين العصور الجليديه والدفيئة ، والسبب في هذه التغيرات يرجع الى العديد من ميكانزمات التغذية الارجاعية Feedback Mechanisms التى تجرى بين عناصر المنظومة المشكلة للمناخ كالاشعاع الشمسى ، وطبيعة الغلاف الجوى ، وخصائص المحيطات والقارات ومساحات الغطاءات الجليدية وكثافة الغطاء السحابى .. الخ . فهذه العناصر المتغيرة توجد باستمرار في حالة تفاعل مع بعضها البعض وأى تغير يحدث في احداها يؤدى الى حدوث تغيرات في العناصر الأخرى بطريقة معقدة ، لأن علاقة التفاعل ليست خطية يمكن التنبؤ بها بكل سهولة ويسر ، كما ان التفاعل يتم على اختلاف المقاييس الزمانية القصيرة والطويلة مما يؤدى الى خلق نظام متغير شديد التعقيد يسمى بالمناخ .

ان العمليات الطبيعية Physical Processes تتفاعل مع العمليات الكيميائية والبيولوجية بشكل قد يؤدى في بعض الاحيان الى تضخيم حالة الشدود في أحد المتغيرات ، كانهخفاض الحرارة عن المعدل مثلا ، ويحصل في هذه الحالة ما يسمى بالتغذية الارجاعية الموجبة Possitive Feedback أو قد يؤدى في احيان أخرى الى أضعاف الحالة فتكون التغذية الارجاعية سالبة Negative Feedback فالتغذية الموجبة تعمل باستمرار على مضاعفة الأثر ، فانهخفاض درجة الحرارة ، يؤدى الى مزيد من التساقط الثلجى واتساع مساحة الغطاء الجليدى في العروض العليا ، والذى بدوره يعكس المزيد من الاشعاع الشمسى فيبرد الجو أكثر مما يتسبب في اتساع رقعة الغطاء الجليدى

وهكذا في دائرة مفرغه لا نهاية لها . أما التغذية السالبة فهي تعمل باتجاه مضاد للتغير فتضعفه . فانخفاض درجة الحرارة قد يقلل من الرطوبة الجوية وبالتالي التقليل من كثافة الغطاء السحابي مما يسمح بوصول كميات اكبر من الاشعاع الشمسي الى سطح الارض فترتفع درجة حرارة الجو وتتقلص مساحة الغطاءات الجليدية .

ان ميكانزمات التغذية الارجاعية الموجبه والسالبة تعمل كصمام تحكم داخلي في منظومة المناخ ، كما انها تكشف عن حالة التعويض المتبادل الذي يتم بين عناصر المنظومة المناخية . لذا فان وجود حالة حيود مناخى Anomaly في أحد عناصر المناخ ، كفترة جفاف في اقاليم المطر الموسمي مثلا سوف يصحبه بالضرورة حيود مناخى معاكس في اماكن اخرى ، كفترة مطيره في اقاليم البحر المتوسط (6) .

هذا ويمكن التعرف على مجموعة من المصطلحات التى تستخدم بالتبادل في التعبير عن التغير المناخى مثل : تبدلات مناخيه Climatic Varations or Fluctuations ، واتجاه مناخى Climatic Trend وتقلبات مناخيه Climatic Oscillations ، ودورات مناخيه Climatic Cycle .

انه لايمكن التمييز بين هذه المصطلحات بدقه الا بعد أن يتم تحديد الفترة الزمنية المستعمله فاذا القينا نظرة طويلة على المناخ عبر الزمن فان التغيرات التى تجرى من سنه الى اخرى يمكن اعتبارها ذبذبات عشوائيه Random Variation حتى اذا كانت واقعة ضمن اتجاه مناخى واضح (7) . أما الدورات القصيرة التى تعيد نفسها خلال 4 / 7 / 11 / 22 سنة فهي تسمى بالتقلبات Oscillation (8) في حين أن التغير المناخى Climate Change يعرف بأنه ذلك التغير التدريجى في المتوسط العام نحو البروده أو الدفء ، وعادة مايتم خلال فترة زمنية طويله كما يصاحب ذلك التغير في المتوسط العام تغيرا آخر في قيمة معامل التباين . مما تقدم يتضح أن المقياس الزمني المأخوذ في الاعتبار يلعب دورا هاما في تحديد نوع المصطلح المستخدم ، فالتغير المناخى المحسوب لفترة زمنية معينه قد يصبح تبديلا مناخيا لفترة أطول من الزمن (9) .

تغيرات المناخ : منه في السبعين ، كثر استعماله في المجال المناخي ، تاريخيا

لقد تم تقدير اشكال التغيرات المناخية التى تعاقبت على الارض خلال المليون سنة الاخيرة بناء على نتائج تحليل النضائر المشعه لترسبات الطحالب المتراكمه في اعماق الطبقات الرسوبية البحريه ، وعادة ماتستخدم في هذا المجال النسبة بين نظيرى اكسجين 18 / 16 (10) ، وبناء على ما أورده الباحث ميسون Moson فان هذا السجل يظهر ثمانية فترات متعاقبة بين البرودة المناخيه والدفء المناخى بفواصل زمنية تبلغ حوالى

100,000 سنة . وان آخر قمة جليدية حدثت منذ 18000 سنة وأخر قمة دفيئة كانت قبل 6000 سنة ومنذ ذلك الحين بدأ المناخ يبرد تدريجيا ويتخلله بعض الفترات الدافئة كما أن بعض المناطق أصبحت أكثر جفافا من ذي قبل (11) .

أما سجل المناخ للألف سنة الأخيرة فقد تم تجميعه بواسطة المعلومات التاريخية وبعض الشواهد الطبيعية . فالمعلومات التاريخية تتضمن يوميات بعض المهتمين بالظروف الطبيعية المحيطة بهم ، وتواريخ الهجرات البشرية ، وسجلات الجفاف والفيضانات ، وسجلات المحاصيل الزراعية . أما الشواهد الطبيعية فتشمل دراسة معدلات نمو حلقات الأشجار المعمره ، ودراسة أنواع حبيبات اللقاح النباتية السائده في الطبقات الرسوبية في البحيرات المغلقة والبحار ، كما تتضمن تحليل نظائر الأكسجين الموجوده في طبقات الجليد القطبي (12) . وبناء على تلك المعلومات اتضح أن مناخ الأرض شهد خلال الألف سنة الأخيرة فترة زمنية دفيئة امتدت بين 1150 و 1350 تبعتها فترة باردة عرفت بالعصر الجليدي الصغير Little Ice Age امتدت من 1350 الى 1850 . وبداية من سنة 1880 أخذ المناخ يتجه نحو الدفء حتى سنة 1940 ومنذ ذلك الحين برد مناخ نصف الكرة الشمالي بمقدار 0.5 درجة مئوية بعكس النصف الجنوبي الذي اتجه نحو الدفء (13) .

نظريات التغيرات المناخية :-

يمكن تقسيم العوامل المسببة في تغير المناخ الى عوامل داخلية Internsic وعوامل خارجية Extrensic فالعوامل الداخلية تتضمن مختلف التغذيةيات الارجاعية الفيزيقيه التي تحدث بين مكونات المناخ . أما العوامل الخارجية فهي تشمل تغيرات في زاوية ميل محور الأرض ، وفي مدار الأرض حول الشمس وفي فترة تشمل الحضيض الشمسي ، ودورات البقع الشمسية السوداء . ان النظريات التي تتناول العوامل الخارجية هي الأكثر استعمالا في معالجة مسألة التغيرات المناخية ، كما أنها أكثر حتمية ، وتتضمن أن المناخ يتغير استجابة لمؤثرات تأتيه من خارج المنظومة الجوية . فعلى سبيل المثال ، نجد أن أعظم مؤثر خارجي في المناخ هو كمية الاشعاع الشمسي الواصل الى سطح الأرض ، وأي تغير في تلك الكمية بالزيادة أو النقصان سوف يؤدي حتما الى تغير المناخ . ولقد أثبتت الدراسات أنه على مقياس زمني قصير (سنوات الى مئات السنين) لا توجد أي دلائل تشير على أن كمية الاشعاع الشمسي الواصله الى سطح الأرض تشهد أي تغير يذكر . أما على مقياس زمني أطول فان كمية الاشعاع عرضه لتغيرات نتيجة لدورات فلكية بأطوال مختلفة في زوايه محوردوران الأرض التي تأخذ 41000 سنة وفي مدار

الارض حول الشمس (96000) سنة وفي دورة الحضيض الشمسي (21000) سنة .

أ- دورة المحور :

في الوقت الحاضر تبلغ زاوية ميل محور دوران الارض حول نفسها 23.5 درجة ، الا ان هذه الزاوية ليست ثابتة مع الزمن بل متغيره من 21.6 درجة الى 24.6 درجة في دورة زمنية تبلغ حوالى 41000 سنة . ان حجم زاوية ميل المحور يتحكم في درجة عرض تعامد الشمس خلال الانقلابين الصيفي والشتوي ، كما يتحكم في طول نهار الصيف والشتاء بالعروض المختلفة . فعلى سبيل المثال ، اذا كانت الزاوية تساوى الصفر يتطابق المحور على دائرة الاضواء الممتدة من القطب الشمالى الى القطب الجنوبي والتي تفصل بين نصف الكرة المظلم (الليل) والنصف المضيء (النهار) ، فيتساوى طول الليل والنهار وتتوزع الطاقة بالتساوى على نصفى الكرة الشمالى والجنوبى وتختفى الفصول . وفي المقابل عندما تصل زاوية ميل المحور الى 25 درجة فان هذا يؤدي الى تعامد شمس الانقلاب الصيفي على درجة عرض 25 درجة شمالا (اى يتحول مدار السرطان من 23.5 الى 25 درجة شمالا تتحول الدائرة القطبية الشماليه (التي يطول فيها نهار الانقلاب الصيفي الى 24 ساعة) من 66.5 درجة الى 68 درجة شمالا فتشهد العروض المداريه والوسطى نهارا واشعاعا اكثر تركيز مما يؤدي الى ارتفاع درجة حرارة الصيف ، وبالعكس تطول ليالي الشتاء بتلك العروض وتتناقص حرارتها بمعدلات اكبر مما هي عليه الان .

والخلاصة هي أنه بزيادة زاوية ميل المحور يزداد تطرف الفصول ، ويتناقصه يقل التباين الفصلي الى أن يختفي تماما عندما تصل الزاوية الى الصفر .

ب - دورة الحضيض :

ان المسافة التي تفصل بين الارض والشمس ليست ثابتة ، بل هي متغيرة من 152 مليون كيلومتر خلال الاوج Aphelion الى 147 مليون كيلومتر خلال الحضيض Perihilion والارض في الوقت الحالى تكون في اقرب نقطة من الشمس خلال منتصف الشتاء وبالتحديد في 3 يناير من كل عام وتكون في أبعد نقطة من الشمس خلال منتصف الصيف وبالتحديد في يوم 4 يوليو من كل عام . ولكن بعد حوال 10500 سنة يتبدل الوضع ويتزامن الحضيض مع الصيف ، والاوج مع الشتاء ، اى ينعكس الوضع الحالى فتكون الارض ابعد مسافة من الشمس خلال شتاء نصف الكرة الشمالى ، وهذا يعنى أن الشتاء سيكون أبرد مما هو عليه الان حيث تتضافر تلك البرودة مع الطابع

القارى للعروض الشماليه مما قد يضع الاساس لعصر جليدى جديد .

ج - دورة المدار :

اما الدورة الاخيريه فهى تبلغ 96600 سنة يتغير فيها مدار الارض من الشكل الاهليجى (الببيضوى) الى الشكل القريب من الدائرى . وهذا التغير فى مدار الارض يؤثر فى كمية الاشعاع الشمسى الواصل الى سطح الارض كما يغير من تواريخ الانقلابين الشتوى الى الصيفى والشتوى والاعتدالين الربيعي والخريف .

ان اول من اكتشف هذه الدورات الفلكيه هو العالم اليوغسلافي ميلانكوفتش سنة 1938⁽¹⁴⁾ . ومن الممكن أن تعتبر هذه الدورات الثلاثة مسئوله عن تعاقب فترات التوسع والانحسار الجليدى فوق القارات ، الا أنه من غير الممكن أن تؤدي الى حدوث تغيرات فى المناخ على مقياس زمنى أقصر كالتى تحدث خلال مئات السنين أو أقل ، لذا وجب البحث عن مسببات أخرى لتلك التغيرات القصيرة .

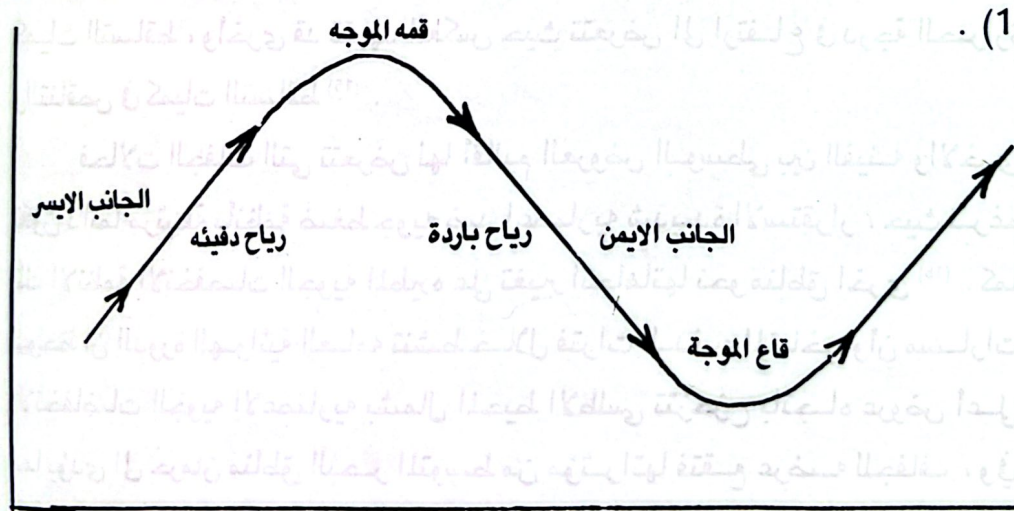
أسباب التغيرات المناخيه القصيرة :-

ان السبب المباشر فى معظم التغيرات المناخيه يكمن فى الدورة الهوائيه العامه للرياح حول الكرة الارضيه ، حيث يمكن ملاحظه تغيرات هامه فى اتجاهاتها وسرعاتها من وقت الى آخر . فالتغير فى نظام هبوب الرياح من وضع عرضى Zonal (متوافق مع درجات العرض من الغرب الى الشرق) الى وضع طولى Meridonal (متوافق مع خطوط الطول من الشمال الى الجنوب) سبب فى تطرف أحوال المناخ خاصة فيما يتعلق بالحرارة والتساقط . ونتيجة لذلك فان بعض الاقاليم تشهد انخفاضاً فى درجة الحرارة وزيادة فى كميات التساقط ، وأخرى قد تشهد العكس حيث تتعرض الى ارتفاع فى درجة الحرارة والتناقص فى كميات التساقط⁽¹⁵⁾ .

فحالات الجفاف التى تتعرض لها أقاليم العروض الوسطى بين الفينه والاخرى تكون دائماً مرتبطة بأنظمة ضغط جويه ضد اعصاريه شديدة الاستقرار ، حيث ترغم تلك الانظمة الانخفاضات الجويه المطيره على تغيير اتجاهاتها نحو مناطق أخرى⁽¹⁶⁾ . كما لوحظ أن الدورة الهوائية العامه تنشط خلال فترات الدفء المناخى وأن مسارات الانخفاضات الجويه الاعصاريه بشمال المحيط الاطلسى تتزحزح باتجاه عروض أعلى مما يؤدي الى حرمان مناطق البحر المتوسط من مؤثراتها فتقع عرضه للجفاف ، وفي الوقت نفسه تنشط الرياح الموسميه وتسقط أمطارها الغزيره على أقاليم جنوب وجنوب شرق آسيا والساحل بأفريقيا .

اما خلال فترات البرودة المناخية فان نطاق الرياح العكسية يتزحزح جنوبا ويصبح البحر المتوسط اكثر عرضه لمؤثرات تلك الرياح وانخفاضاتها الجوية المطيرة في حين يحدث العكس في مناطق المطر الموسمي ، حيث تضعف الرياح الموسمية وتتناقص كميات امطارها بسبب سيطرة مؤثرات أنظمة الضغط ضد الاعصارية على طقس تلك الاقاليم ⁽¹⁷⁾ .

ان الحيود عن المعدل في درجة حرارة الطبقة السطحية لمياه البحار والمحيطات فوق مساحات كبيرة يدوم لفترة طويلة بدون أن يطرأ عليه أى تغير مما يسمح بتوفير الوقت اللازم للدورة الهوائية العامة لأن تتوازن مع الظروف الجديدة . لذا اظهرت الكثير من الدراسات بأن تبدلات درجة حرارة سطح المحيط تشكل عاملا مهما في تحديد نوع الحيود الفصلي في ظروف الطقس ⁽¹⁸⁾ فعندما ترتفع درجة حرارة الطبقة السطحية لمياه غرب المحيط الهادى أو ما يسمى محليا بظاهرة EL — NiNio تتبدل دورة الرياح من عرضية الى طويلة ، فتشهد أقاليم العروض الوسطى والعليا تغيرات هامة في نظم الحرارة والامطار ، فمنها ما يقع عرضه لمؤثرات نظم ضغط جوية ضد اعصارية تتسبب في استقرار الجو والجفاف ومنها ما يقع عرضه لمؤثرات نظم جوية اعصارية تتسبب في اضطراب حركة الهواء والتساقط الغزير . كما أن بعض مناطق العروض العليا تشهد ارتفاعا اعلى من المعدل في درجة الحرارة ، وبعض مناطق العروض الوسطى تشهد في الوقت نفسه انخفاضاً في درجة الحرارة . ويعتمد نوع الحيود في الحرارة والتساقط على موقع المكان من موجات الرياح العكسية ، فالمناطق الواقعة على الجانب الايسر من الموجه تقع عرضه للرياح الدفيئة القادمة من العروض المدارية ، أما المناطق الواقعة على الجانب الايمن منها فهي تقع عرضه للرياح الباردة القادمة من العروض القطبية (شكل



شكل (1) - موجات الرياح واختلاف درجات حرارة المناطق باختلاف مواقعها من الموجات بنصف الكرة الشمالى .

وفيما عدا التأثيرات اليومية والفصلية للاشعاع الشمسي فان الاثر الاخر المحتمل للشمس على المدى القصير متمثل في دورات البقع الشمسية السوداء بأطوال مختلفة أهمها دورة 11 سنة الشهيرة . ففي نفس سنة 1971 وجد الباحث نيومان New man أن هناك ارتباطا قويا بين فترات الجفاف في اقاليم الوسط الغربي بالولايات المتحدة ودورة 22 سنة للبقع الشمسية (19) ، كما اكتشف الباحث Willett سنة 1974 وجود دورات أطول للبقع الشمسية بأطوال تتراوح بين 80 و 90 سنة (20) . وعلى أية حال ، بالرغم من اثبات العديد من حالات الارتباط الاحصائي بين عناصر الطقس (خاصة الامطار والحرارة) والتي لايسع المجال الى ذكرها هنا ، ودورات البقع الشمسية ، الا انه لم يتوصل الى الان الى تفسير سببي (سبب ونتيجة) لتلك العلاقات ، أى لم يتوصل العلماء الى سبب علمي مقنع يفسر التأثير الناتج عن زيادة عدد البقع الشمسية على الدورة الهوائية العامة والمطر والحرارة ، فان مجرد وجود ارتباط احصائي بين دورات البقع والجفاف على سبيل المثال ، لايعنى بأى حال من الاحوال أن البقع الشمسية مسببة لذلك الجفاف ، فقد يكون الارتباط ناتجا عن الصدفة فقط .

البراكين كسبب للتغيرات المناخية :

انه بإمكان الثورانات البركانية الضخمة أن تنفث بكميات هائلة من الغبار والغازات في الجو ، وكنتيجة لانعدام الحركة الرأسية في طبقة الستراتوسفير فان الجسيمات الدقيقة التي تصله قد تستقر هناك لمدة طويلة مما يؤثر في نورانية الغلاف الجوى وفي موازنة الاشعاع والحرارة . لذا فان التبدلات التي تطرأ على مواعيد وشدة الثورانات البركانية مرشحة لأن تكون سببا في حدوث تغيرات هامة في المناخ . لقد أثبتت بعض الدراسات حدوث انخفاض في درجة حرارة الجو بواقع بضعة اعشار الدرجة تبع الثورانات البركانية الكبرى⁽²¹⁾ . وهناك من الباحثين من يذهب الى أبعد من ذلك حيث يؤكد على ان فترات النشاط البركاني المطولة قد تقود الى تغيرات مناخية هامة نحو البرودة ، اذ غالبا مايتم ذلك نتيجة ميكانزمات التغذية الارجاعية الثانوية⁽²²⁾ .

فعلى سبيل المثال ، يؤكد الباحث بولدوين Baldwin وآخرون بأن الفترة امتدت من سنة 1880 الى سنة 1935 كانت خالية نسبيا من النشاطات البركانية مما أدى الى صفاء الجو وارتفاع في درجة حرارة نصف الكرة الشمالى خلال تلك الفترة⁽²³⁾ .

تأثيرات الانسان على المناخ :
انه بإمكان نشاطات الانسان المختلفة أن تؤدي بطريقة غير مباشرة الى تغيير المناخ

وذلك عن طريق تغيير خصائص سطح الأرض ، وتعديل الدورة المائية ، وتعديل بعض خصائص الغلاف الجوى . وتتخلص تلك النشاطات في ازالة الغابات بالقطع او الحرق ، والرعى المفرط ، والتوسع العمرانى على حساب الاراضى الزراعية والغابية ، والتوسع الزراعى على حساب الغابات والمراعى ، وتجفيف المستنقعات ، وتسوية الارض ، وبناء السدود ، والبحيرات ، وتحويل مجارى الانهار ، وشق القنوات البحرية ، واستعمال الوقود الحفرى والنووى في توليد الطاقة والصناعة والنقل . ان جميع هذه النشاطات تؤدى الى تغير في معدل انعكاسية السطح للاشعاع الشمسى ، وتغير في الدورة المائية ، كما تلقى بكميات هائلة من الغازات والابخرة والغبار في الجو ، وعلى راس تلك المخلفات غاز ثانى اكسيد الكربون ، واول اكسيد الكربون ، واكاسيد الكبريت والنيتروجين والجسيمات الدقيقة التى تعلق بالجوفتلوثه⁽²⁴⁾.

هذا ويوجد منذ فترة جدل علمى بخصوص تأثيرات كل من ثانى اكسيد الكربون ، والجسيمات الدقيقة على المناخ نوجزه في الفقرات التالية :

1-ثانى اكسيد الكربون والمناخ :

ينتج هذا الغاز عن جميع عمليات الاكسدة والتحلل والاحتراق ، كما يخرج مع المقذوفات البركانية . أما نسبة تركزه في الجوفهى ضئيلة وتعتبر النباتات المستهلك الرئيسى له ، فهى تمتصه أثناء عمليات التمثيل الضوئى .
أن زيادة تركز ثانى اكسيد الكربون في الجو يؤدى الى مايسمى حديثا بظاهرة الصوباء الخضراء Green House Effect اذ يعتبر هذا الغاز شفافا بالنسبة للاشعة القادمة من الشمس ولايتأثر بها اثناء عبورها الغلاف الجوى باتجاه سطح الارض ، لكنه معتم بالنسبة للاشعة الارضية ، حيث يقوم بامتصاصها ويعيد اشعاعات اغلبها ثانية باتجاه السطح مما يتسبب في ارتفاع درجة حرارة الجو الارضى . ومن الاسباب الرئيسية لهذه الظاهرة تزايد معدلات استهلاك الطاقة ذات الاصل الاحفورى كالفحم والبتروى والغاز الطبيعى في جميع مجالات الحياة اليومية كالنقل والصناعة والتدفئة وتوليد الطاقة الكهربائية مما يتسبب في انبعاث هذا الغاز وتركزه في الجو . كما يؤدى التوسع العمرانى والتلوث والرعى الجائر الى تقلص مساحات وكثافة الغطاء النباتى المستهلك الرئيسى لهذا الغاز . فمن حسابات الباحث شنايدر Schnieder اتضح انه في حالة تضاعف تركيز غاز ثانى اكسيد الكربون في الجو ، فان معدل حرارة الجوسوف يرتفع بواقع 2 الى 3 درجات مئوية⁽²⁵⁾. كما يرى الباحث باخ Bach ان الوقت اللازم لتضاعف تركيز غاز ثانى اكسيد الكربون الواصل حاليا الى 332 جزء بالمليون هو سنة

2020⁽²⁶⁾. طبعا سوف يصحب هذا الارتفاع في درجة حرارة الجو تغذيات ارجاعية موجبة وأخرى سالبة قد تؤدي في النهاية الى حدوث تغيرات هامة في المناخ والدورة المائية تشمل ذوبان الغطاءات الجليدية القطبية ، وارتفاع منسوب البحر وغرق السواحل ، كما يؤدي الى تغيرات هامة في الدورة الهوائية العامة ونظم الامطار في العالم ، حيث من الممكن ان تصبح الاقاليم الجافة اكثر مطرا ، والاقاليم المطيرة اقل مطرا مما كانت عليه مما يهدد امكانيات انتاج الغذاء في العالم بمصاعب جمه لاتقدر عليها في سبيل تأمين حاجيات سكان العالم الذين يتضاعفون كل 35 سنة تقريبا .

وهناك من الباحثين من يجزم بأن مفعول ثانى اكسيد الكربون ليس احتمالا مستقبليا ينتظر حدوثه بل هو في الواقع أمر حاصل في الوقت الحاضر ، حيث أدى تأثير الدفيئة الى اضعاف الاتجاه المناخي نحو البرودة الذي بدأ منذ سنة 1947 مما جعل المناخ أقل قسوة مما يفترض ان يكون عليه⁽²⁷⁾.

2- مؤثرات التلوث الجوى على طبقة الاوزون :

يعتبر الاوزون من الغازات النادرة في الغلاف الجوى ، اذ يتركز وجوده في طبقة الستراتوسفير بين ارتفاع 24 و40 كيلومترا ، ووظيفته الاساسية هي امتصاص الاشعة الشمسية البنفسجية وفوق البنفسجية الضارة وحصر كمياتها الواصلة الى سطح الارض في نسبة بسيطة لاتسبب ضررا . والاوزون عبارة عن اتحاد جزئىء اكسجين مع ذرة اكسجين بمساعدة الاشعة الشمسية البنفسجية وفوق البنفسجية . فعندما يتعرض جزئىء الاكسجين لتلك الاشعة يتفكك الى ذرتين من الاكسجين (01) وبعض تلك الذرات يتحد مع جزئيات الاكسجين المجاورة لها (02) لى تكون غاز الاوزون . وبطريقة معاكسة تجرى عملية تفكك للاوزون (03) تحت تأثير الاشعة البنفسجية وفوق البنفسجية . وفي الظروف الطبيعية صرفه يوجد الاوزون في حالة توازن ديناميكى حيث تتساوى كميات الاوزون المتكونة مع الكميات المتفككة الى أصلها الاكسجينى . ولكن في حالة وجود الملوثات الغازية (الاريسولية) مثل كلورفلوريد الكربون أو ما يعرف تجاريا بغازات الفريون ، وغازات الهيليوم يخلل التوازن في الاوزون ويتعرض للتفكك مما يشل فعاليته في امتصاص الاشعة الضارة .

وتشمل مجموعة الملوثات الفريونية تلك الغازات المتسربة الى الجو جراء استخدامات الانسان لها في التلاجات ومكيفات الهواء ، وكغازات ضاغطة في علب رش الروائح العطرية ومصففات الشعر والمبيدات الحشرية ، والمستخدمه ايضا كعوازل للانظمة الالكترونية ، وفي رغاوى اطفاء الحرائق ، أما غازات الهيليوم فهي ناتجة

اساسا عن احتراق اللدائن والنايلون والاسفنج الصناعى . أن وجود هذه الغازات بطبقة الاوزون يتسبب في ارباك شديد لعملية تكون الاوزون ، لأنه بمساعدة الاشعة فوق البنفسجية تنفصل ذرات الكلور من جزئيات الفريون وتجه الى اقرب جزيىء اوزون الذى يتكون من ثلاث ذرات اكسجين وتجذب اليها ذرة اكسجين وتتحد معها وتترك جزيىء الاوزون متكون من ذرتين اكسجين فقط ، أى اكسجين عادى ليس لديه القدرة على امتصاص الاشعة فوق البنفسجية مما يتيح الفرصة الى تسرب هذا الاشعاع السام ووصل جرعات كبيرة منه الى سطح الارض فتتسبب في وقوع اضرار كبيرة بالبيئة الحية ، ووقوع تغيرات هامة في المناخ نتيجة رفع المعدل العام لدرجة حرارة الجو الارضى⁽²⁸⁾.

3- مؤثرات الجسيمات العالقة في الجو على المناخ :

يدخل في تركيب الغلاف الجوى كميات كبيرة من الجسيمات الصلبة المتمثلة في جسيمات الاتربة والرمال الدقيقة التى تدورها الرياح أيام العواصف من الاراضى المحروية ومن المناطق الجافة وشبه الجافة ، كما يدخل الى الجو كميات معتبرة من الجسيمات جراء الثورانات البركانية ، والأملاح المتناثرة من تلاطم أمواج البحر بصخور الشواطىء ، وكميات اخرى من حبيبات اللقاح النباتية ، والبكتيريا ، ومخلفات احتراق الوقود العضوى سواء كان ذلك ناتجا عن وسائل النقل أو محطات توليد الطاقة والمصانع والمنازل أو عن طريق حرائق الغابات الطبيعية والمتعمدة من قبل الانسان .

وتؤثر الجسيمات العالقة في الموازنة الاشعاعية والحرارية لجو الارض عن طريق انعكاس وتشتيت وامتصاص نسبة من الاشعاع الشمسى . ومن الحقائق المتفق عليها ان الزيادة في كميات الغبار الجوى سوف تؤدى الى زيادة نورانية الغلاف الجوى ، وبالتالي الى نقص في كمية الاشعاع الشمسى الواصل الى سطح الارض ، ومن ثم تؤدى الى تناقص درجة حرارة الجو⁽²⁹⁾.

وبعض الباحثين يذهب الى اكثر من ذلك ويعلل السبب في البرودة المناخية المعاصرة يرجع الى تركيز الغبار الجوى بفعل التوسع في الانشطة الصناعية والزراعية والنقل ، والتصحر⁽³⁰⁾.

وبالاضافة الى التغيرات التى تحدثها أنشطة الانسان المختلفة في درجة الحرارة ، فهى تؤدى الى تغيرات أخرى غير مباشرة في عناصر المناخ الاخرى المرتبطة بالحرارة ، كالدورة الهوائية العامة ونظم توزيع الامطار . وفي هذا المجال يشير الاستاذ برايسون Bryson الى ان أنشطة الرعى المفرط ، واجتثاث الغابات بالقطع أو الحرق من أجل التوسع الزراعى تؤدى منفردة أو مجتمعة الى توسع رقعة الاراضى الصحراوية مباشرة ، كما أنها قد تؤدى الى حدوث ذلك بطريقة غير مباشرة عن طريق تغيير انظمة الرياح

والامطار (التغذية الارجاعية الموجبة) . فزيادة نوردانية الغلاف الجوى وبالتالى تناقص حرارة الجو بمعدلات مختلفة تبلغ اقصاها فى المناطق القطبية وأدناها بالمناطق المدارية يؤدى الى زيادة حجم الانحدار الحرارى بين الاستواء والقطب ، فتتزعزع خلايا الضغط المرتفع دون المدارية باتجاه الدائرة الاستوائية مما يؤدى الى تقلص نطاق المطر الموسمى بينما يتسع نطاق المطر الشتوى بأقليم البحر المتوسط⁽³¹⁾.

جدوى دراسة التغيرات المناخية :

قديمًا قال الفيلسوف اليونانى هيرقليطس بأن الشئ الوحيد الثابت هو التبدل المستمر ، وهذا ينطبق تماما على المناخ ، فالثابت فى المناخ هو انه دائم التغير من وقع الى آخر ولا يعرف الاستقرار على الاطلاق . ويرى الباحث ا.ج Agee بأن معدل التغير فى المناخ قد زاد خلال فترة البرودة المعاصرة⁽³²⁾. مع العلم بأن أثر التقلبات المناخية القصيرة سيزداد فى الاهمية كنتيجة مباشرة لتزايد الطلب على مصادر الغذاء والطاقة . فأى تغير فى المناخ نحو الأسواء قد يؤدى الى نقص فى موارد الغذاء والطاقة مما يضاعف من المشاكل التى تواجه سكان العالم ، وعليه فان مراقبة احوال المناخ وتحليل بياناته وفهم طبيعتها لأجل القيام بالتنبؤات طويلة الامد لهى امور جدية بالاهتمام ويجب ان توليها الدول والمنظمات والهيئات المختصة أهمية بالغة . ان التقلبات المناخية السابقة قد أدت الى الكثير من النتائج السلبية خاصة فيما يتعلق بسبل انتاج الغذاء وتوفير الماء والطاقة .

والامثلة على ذلك كثيرة ومتنوعة ، فهجرات التتار والمغول التاريخية من اواسط اسيا نحو الشرق الاوسط واوروبا ، وهجرات بنى هلال وبنى سليم من شبه الجزيرة العربية نحو شمال افريقيا والمغرب العربى لهى خير دليل على تطرف الظروف المناخية وعدم ملائمتها لحياة اعداد كبيرة من السكان ، أما فى الوقت الحالى فالكل يسمع عن اخبار الجفاف ويشاهد آثاره الاليمة على سكان اقاليم الساحل المحادية للصحراء الكبرى من جهة الجنوب . أما اختفاء مستوطنات النورمانديين من جزيرة غريندلاند فسببه المباشر هو تغير المناخ نحو البرودة وماتبعه من زحف جليدى على سواحل جنوب وغرب الجزيرة .

كما ان هناك الكثير من الامثلة على مايمكن ان تحدثه تغيرات ولو بسيطة فى معدلات الحرارة . فانخفاض معدل حرارة جزيرة ايسلاند درجة مئوية واحدة يؤدى الى تناقص فصل النمو النباتى بحوالى اسبوعين ، وعدد سعرات النمو الحرارية بحوالى 27%⁽³³⁾، والى تناقص معدل انتاجية حشائش الاعلاف HAYES بمعدل طن واحد

للتهكتار⁽³⁴⁾. وفي الجانب الآخر يذكر الباحث لامب LAMB بأن الدفء المناخي الذي شهده مطلع هذا القرن أدى الى اطالة فصل النمو بحوالى اسبوعين في بريطانيا⁽³⁵⁾. لذا فإن الزيادة في تقلبات المناخ نتيجة لاتجاهه نحو البرودة ستؤدى الى زيادة التذبذب في انتاجية المحاصيل الزراعية . هذا وتعتبر كل من كندا وروسيا من كبريات الدول المنتجة للقمح في العالم ، كما أنهما أول من يتضرر نتيجة اتجاه المناخ نحو البرودة . كما ان مناطق الامطار الموسمية سوف تتأثر بالجفاف عندما تشهد العروض العليا انخفاضا في الحرارة بسبب ترحل مناطق الضغط المرتفع نحوها⁽³⁶⁾.

ان تقلبات الحرارة يصاحبها تغيرات هامة في انظمة الضغط والرياح مما يؤدي بدوره الى تغيرات في انظمة توزيعات الامطار في العالم . لقد وجد الباحثان شولزى وهوفماير Schulze , Hofmyer أن تغيرا في المتوسط العام للحرارة بمقدار 0.4 درجة مئوية فقط يقابله تغيرا في معدلات أمطار جنوب افريقيا بحوالى 20%⁽³⁷⁾، ويؤيد ذلك نتائج الباحث سورنسون Sorenson التى تشير الى ان تغيرات مماثلة في معدلات الحرارة يصاحبها تغير في كميات الامطار بنفس المستوى في كل من روما والقدس⁽³⁸⁾. أما الباحث بتوك Pittock فقد اكتشف وجود ارتباط احصائى هام بين مواقع الضغط المرتفع دون المدارى وكميات الامطار بشرق استراليا خلال الفترة الممتدة من المرتفع دون المدارى وكميات الامطار بشرق استراليا خلال الفترة الممتدة من 1941 الى 1970⁽³⁹⁾.

وحيث ان انظمة الحرارة والامطار مرتبطتان ارتباطا وثيقا بالدورة الهوائية العامة ، فان الموازنة المائية لأى إقليم سوف تتأثر هى الاخرى بالاضاع الجديدة الناتجة عن التغير المناخي . وعليه فان مشاريع الري ، وأنظمة مكافحة الفيضانات و'سدود ، ومنشآت توليد الطاقة الكهرومائية هى أشد من سيتأثر بأى تغير يحدث في الموازنة المائية .

مما تقدم يتضح ان المناخ ليس ثابتا على حال خصوصا بتلك الاقاليم الانتقالية الفاصلة بين الاقاليم المطيرة والجافة وبين الاقاليم المتجمدة والمعتدلة . كما ان هذه التغيرات في المناخ تمس حياة الانسان في جميع جوانبها خاصة المتعلقة بسبل انتاج الغذاء والطاقة . عليه وجب علينا الاستعداد لدراسة المناخ وتقلباته وتحديد اتجاهاته لمعرفة المؤثرات الاقليمية والبيئية والاقتصادية المتوقعة حدوثها نتيجة لذلك التغير المرتقب حتى يمكن الاستعداد لها بمتسع من الوقت . فعلى سبيل المثال لا الحصر نشير الى سلسلة من انطرفات المناخية التى تركت أثرا سلبيا اليما في حياة السكان خلال السبعينات فقط من هذا القرن ، والتى من بينها الجفاف المدمر الذى ضرب أقاليم المطر الموسمى بالهند والساحل الافريقى خلال الفترة 1968-1973 ، وجفاف اوربا

وكاليفورنيا بالغرب الأمريكي خلال عامي 1976-1977 ، بالإضافة الى فصول الشتاء
الفارسة والفيضان المدمرة بمختلف أرجاء العالم⁽⁴⁰⁾.

الهوامش :

١- «عبد سلطان فطيس » عمر جليدي جديد « مجلة الثقافة العربية
العدد « 6 » يونيو 1977 .

٢- بدون اسم « تبدل مناخ الارض يهدد بازالة مناطق وربما بلدان من
الوجود » الصيد : 18 يوليو 1990 ، ص 40 .

٣- جان نكد « علماء الطبيعة يدقون ناقوس الخطر - خلل خطير
في البيئة العربية والدولية » الاسبوع العربي العدد (1633) يناير
1991 ص 32 .

4 — U.S. Committee for Garp. 1975. Understanding Climatic Change. National
Research Council. National Academy of Science. Washington. D.C. 1975.
Mason, B.J. « Towards The Understanding and Prediction of Climatic
Variations ». Quart. J. Roy. Met. Soc. Vol. (102). 1978. P. 433.

5 — SMIC Report. Inadvertant Climatic Modification. Mit Press. Cambridge
Mass. 1971.

6 — U.S. Committee For Garp. 1975. Op cite. Kellogge, W.W. And Schneider,
S.H. « Climate Stabilization For Better or for Worse ». Science. Vol. (186).
No. (4170) 1974. P. 1163.

7 — Lamb, H.H. « What can we find out about the trend of our Climate. ? ». Wheather. Vol. (18). P. 194.

8 — Maunder, W.J. « Weather and Climate As Variable Resources ». Climatic
Change And Variability. Pittock, et al (eds). Cambridge University Press.
London. 1978.

9 — Ibid.

10 — Johnsen, S.J. et al. « Climatic Oscillations 1200 - 2000 - AD ». Nature. Vol.
(227). 1970. P. 482. Dansgaard, W. et al. « Climatic Changes, Narseman
and Modern Man ». Nature. Vol. (255). 1975. P. 24. Bolin, B.R.
« Large-Scale Atmospheric Pollution Problems and Their Possible Reper-

- cussions on Global Climate ». Wmo. Special Environmental Report No. (2). Wmo No. (312) 1971.
- 11 — Mason, B.J. 1976. Op cite.
 - 12 — Barry, R.G. « Climatic Fluctuations During the Past 40 Millennia. Nature. Vol. (271) 1978. P. 736. U.S. Committee For Garp. 1975. Op cite. Mason, B.J. 1976. Op cite. Fritts, G.C. « Recent Advances In Dendrochronology In America With References To The Significance of Climatic Change ». Changes of Climate. UNESCO. Paris 1961. La-March, V.C. « Paleoclimatic Influences From Long Tree - Ring Records ». Science. Vol. (183) No. (4129) 1974. Webb, T. And R.A. Bryson. « Late And Fast Glacial Climatic Changes In The Northern Midwest United States ». Quart. Res. Vol. (2). 1972. P. 70. Dansgaard, W. et al. 1975. Op cite.
 - 13 — Mason, B.J. 1976. Op cite. Bryson, R.A. « A Perspective On Climatic Change ». Science. Vol. (184) 1974. P. 753. Lamb. H.H. 1977. Op cite. Ratcliff, R. « A Synoptic Climatologists Viewpoint of The 1975-76 Drought ». Met. Mag. Vol. (106). 1977. U.S. Committee For Garp. 1975. Op cite.
 - 14 — Milankovitch, M. Die Chronologie Des Pleistozans. Bulletin Academy of Natural Science And Mathematics. Belgrade. 1938.
 - 15 — Lamb, H.H. « Climate : Present, Past And Future ». Vol. 2. Methuen, London. 1972. Lamb, H.H. and H.T. Morth. « Arctic Ice Atmospheric Circulation and World Climate ». Geog. Jour. Vol. (144) 1978. P. 1. Kalinsky, R.A. « Climatic Change Since 1950 ». Annals, Assoc. Ame. Geog. Vol. (64). 1974. P. 100. Winstanley, D. « Rainfall Patterns And General Atmospheric Circulation ». Nature. Vol. (245). No. (5408). 1973. P. 464. Winstanley D. « Recent Rainfall Trends In Africa, The Middle East And India ». Nature. Vol. (243) 1971. P. 464. Pittock, A.B. « Patterns of Variability In Relation to the General Circulation ». In Climatic Change And Variability. Pittock et al (eds). Cambridge University Press. London. 1978.
 - 16 — Kelly, P.M. Wright. « The European Drought of 1975-76 And Its Climatic Context. » Progress In Physical, Geography. Vol. (2). 1978. P. 237. Kraus, E.B. « Subtropical Droughts and Cross-Equatorial Convergence Zone. Mon. Wea. Rev. Vol. (105). 1978. 1052. Ratcliff R. 1977. Op cite. Lamb. H.H. and H.T. Morth. 1978. Op cite. Namias, J. « Seasonal Interactions Between The North Pacific Ocean and the Atmosphere during the 1960 ». Mon. Wea. Rev. Vol. (97). 1969. Namias, J. « Thermal Communication Between the Sea Surface and the Lower Troposphere ». Jour. Phys.

- Oceanog. Vol. (3) 1973. P. 373.
- 17 — Lamb, H.H. and A.I. Johnson « Climatic Variation and Observed Changes in the General Circulation ». Part I and II. Geog. Annals. Vol. (41) 1959.
 - Lamb, H.H. « On the Nature of Certain Climatic Epochs which Differed from the Modern 1900-1939, Normals. Proceedings of the Wmo, UNESCO. Rome (Oct. 1960). Symposium on Climatic Change. 1963. Winstanley, D. 1973. Op cite.
 - 18 — Bjerknes, J. « Atmospheric Teleconnections from the Equatorial Pacific. Mon. Wea. Rev. Vol. (97) No. 3. 1969. Ratcliffe, R. and R. Murray ». New Lag Associations between North Atlantic Sea Temperature and European Pressure applied to Long Range Weather Forecasting ». Quart. Jour. Roy. met. Soc. Vol. (96) 1970 P. 226. Curry, L. « Climatic Change as a Random Series ». Assoc. Ame. Geogr. Annals. Vol. (52). 1962. P. 21.
 - 19 — Newman, J.E. « Climate Change : Some Evidence and Implication Weatherwise ». Vol. 18 (24). 1971. P. 56.
 - 20 — Willett, H.C. « Recent Statistical Evidence in Support of the Predictive Significance of Solar-Climatic Cycles ». Mon. Wea. Rev. Vol. (102). 1974. P. 679.
 - 21 — Mass, C. and S.H. Schneider. « Statistical Evidence on the Influence of Sunspots and Volcanic Dust on Long Term Temperature Records ». Jour. Atmos. Sci. Vol. (34). 1977. P. 1995. Taylor, B.L. et al. « Volcanic Eruptions and Long Term Effect ». Quart. Jour. Roy. Met. Soc. Vol. (96) 1980. P. 175. Lamb, H.H. 1977. Op cite, Hansen, J.E. et al « Mount Agung Eruption Provides Test for a Global Climate Perturbation ». Science. Vol. (199). 1978. P. 1065.
 - 22 — Bary, J.R. « Volcanism and Glaciation during the Past 40 Millennia ». Nature. Vol. (251). 1974. P. 736. Kennett, J.P. and R.C. Thunell. « Global Increase in Quaternary Explosive Volcanism ». Science. Vol. (187). 1975. P. 497. Bryson, R.A. and B.M. Goodman « Volcanic Activity and Climatic Changes ». Science. Vol. (204). 1980. P. 1041. Baldwin, B. et al. « Stratospheric Aerosols and Climatic Change ». Nature. Vol. (263) 1976. P. 551. Miles, M.K. and P.B. Gildersleeves. « Volcanic Dust and Changes in Northern Hemisphere Temperature ». Nature. Vol. (271). 1978. P. 235.
 - 23 — Baldwin B. et al. 1976. Op cite.
 - 24 — SMIC Report. 1971. Op cite.
 - 25 — Schneider, S.H. « On the Carbon Dioxide-Climate Confusion ». Jour. Atmo. Sci. Vol. (32). 1975. P. 2060.
 - 26 — Bach, W. « Global Air Pollution and Climatic Change / Reviews of Geophysics and Space Physics. Vol. (14). 1976. P. 429.

- 28 - سينشيا بولوك شى . ترجمة د. أنور عبدالواحد . حماية الحياة على الارض : خطط لانقاذ الاوزون . معهد مرياني
البيئة العالمية (وورلد واتش) وثيقة 87 . الدار الدولية للنشر والتوزيع . القاهرة . 1988 راجع كذلك . بولوك
الامم المتحدة للبيئة . طبقة الاوزون . المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم . تونس . 1991
- 30 - Mitchell, J.M. « The Natural Breakdown of the Present Interglacial and its
Possible Intervention by Human Activity ». Quart. Res. Vol. (2). 1972. P.
436. Grassel, H. « Possible Changes of Planetary Albedo due to Aerosol
Particles ». In Mans Impact on Climate. Bach, W. et al (eds) Amsterdam :
Elsevier Scientific Publishing Comp. 1979. Bryson, R.A. all Factors Being
Constant ». Weatherwise. Vol. (21) 1968. P. 56.
- 31 - Bryson, R.A. « Climatic Modification by Air Pollution. The Sahelian
Effect ». Report 9. University of Wisconsin Madison. 1973., Mitchell, J.M.
1972. Op cite. Kellogge, W.W. and S.H. Schneider. 1974. OP cite.
- 32 - Bryson, R.A. 1973. Op. cite.
- 33 - Agee, E.N. « A Diagnosis of Twentieh Century Temperature Records at
West Lafayette, Indiana ». Climate Change. Vol. (4) No. (4). 1982. P. 399.
- 34 - Bryson, R. A. 1974. Op. cite.
- 35 - Fridrikson, S. « Crop Production in Iceland ». International Jour.
Biometeor. Vol. (17). 1973. P. 359.
- 36 - Lamb., H.H. 1977. Op cite.
- 37 - Thompson, L.M. « Weather Variability, Climatic Change, and Grain
Production ». Science. Vol. (183). 1975. P. 535.
- 38 - Lamb, H.H. 1963. Op cite. Lamb, H.H. and H.T. Morth. 1978. Op cite.
- 39 - Sorenson, C.T. « Reconstructed Holocene Bioclimate. Ann. Assoc. Ame.
Geogr. Vol. (67). P. 214.
- 40 - Pittock, A.B. 1978. Op cite.
- 41 - Prospero, J.M. and R.T. Nees. « Dust Concentration in the Atmosphere of
the Equatorial North Atlantic : Possible Relationship to the Sahelian
Drought ». Science. Vol. (196). 1977. P. 1196., Ripley, E.A. « Drought in
the Sahara : Insufficient Biological Feedback ». Science. Vol. (191). 1976.
P. 100., Winstanley D. « Recent Rainfall Trends in Africa, The Middle East
and India ». Nature. Vol. (243). 1974. P. 464. Morris, R.M. Europe's
Drought (1) Under the Weather ». Nature. Vol. (264). 1976. P. 4. Murray,
R. « The 1975-76 Drought Over the United Kingdom. Hydromet-Eorolo-
gical Aspects ». Met. Mag. Vol. (106). 1977. P. 129. Kelly, P.M. and P.W.
Wright. 1976. Op cite. Shelton, M.L. « The 1976 and 1977 Drought in
California Extent and Severity ». Weatherwise. Vol. (30). 1977. P. 132.
Shelton, M.L. « Drought to Floods a Sudden Moisture Reveysal in
California ». Weatherwise. Vol. (31). 1977. P. 92.