قاعدة العلوم الفيزيائية

العلاقة بين تغير المناخ والطقس

إعداد:
أسرة التحرير

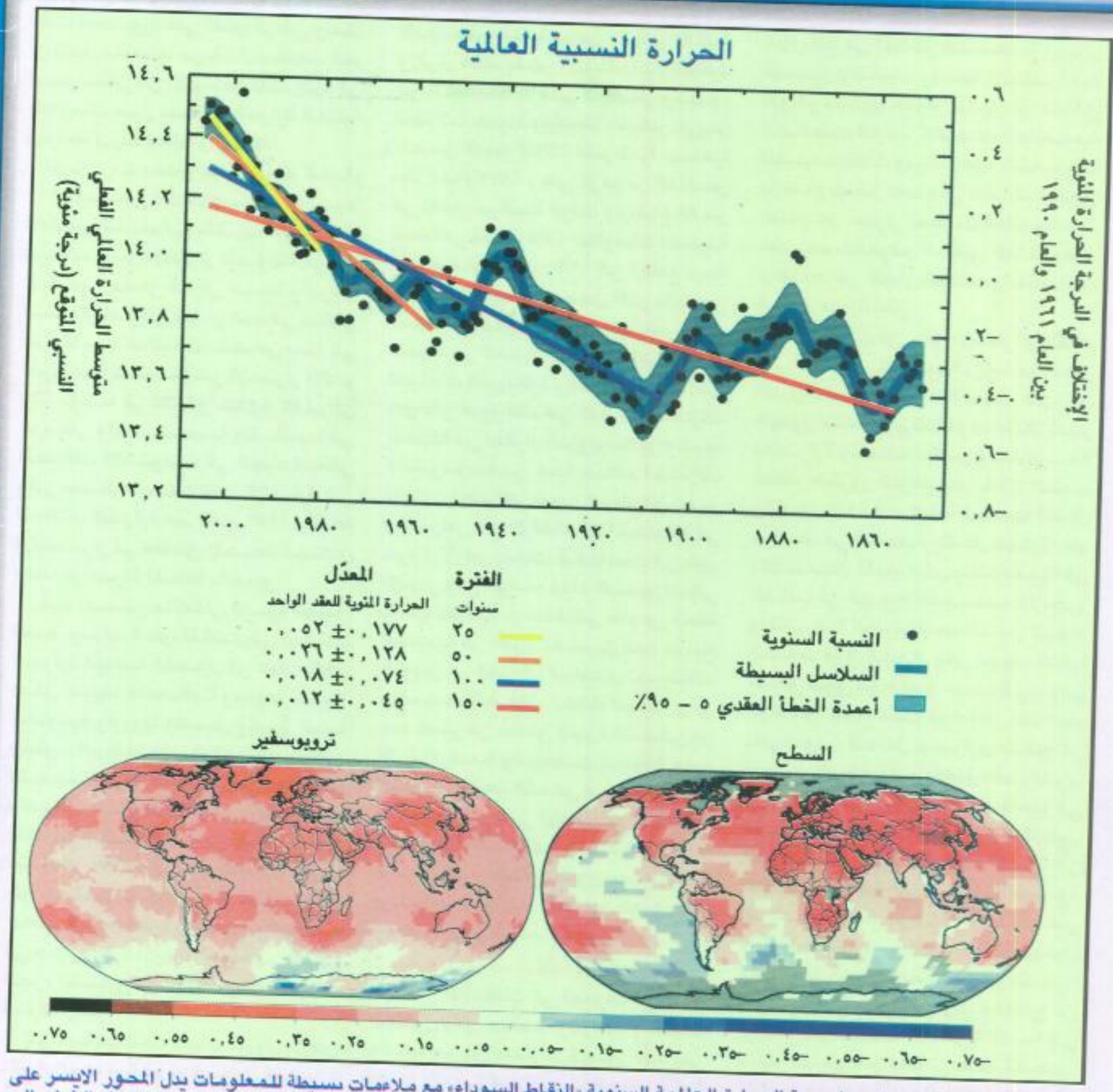
استكمالا لما طرحناه من أسئلة فى العدد السابق
أولا: كيف تتغير درجات الحرارة على الأرض؟

يشير الرصد الآلى الممتد على مدى ١٥٧ عاما إلى ارتفاع درجة الحرارة على سطح الأرض عموما على الرغم من وجود تباينات مناطقية. وكمعدل عالمى تشير الدراسات إلى أن الاحترار قد حصل فى القرن المنصرم على مرحلتين من العام ١٩١٠ وحتى العام ١٩٤٠ (٠,٣٥ درجة مئوية) وبشكل أقوى من العام ١٩٧٠ وحتى تاريخ اليوم «٠,٥٥ درجة مئوية». وقد ازداد الاحترار خلال السنوات الخمس والعشرين المنصرمة وتم تسجيل ١١ من أصل ١٢عاما هى الأكثر حرا فى الـ ١٢سنة الماضية. كما تدل على ارتفاع درجة الحرارة فى التروبوسفير فوق سطح الأرض «١٠كيلو مترات تقريبا» أكثر قليلا من ارتفاعها على سطح الأرض. فى حين برد الستراتوسفير «يمتد بعده عن الأرض من ١٠ إلى ٣٠كلم» بشكل ملحوظ من العام ١٩٧٩. وتتماشى هذه المحصلات مع التوقعات الفيزيائية ومع النتائج المثالية يتأتى التأكيد على الاحترار العالمى من خلال ارتفاع درجة حرارة المحيطات وارتفاع مستويات البحر وذوبان الأنهر الجليدية وتراجع جليد البحر فى القطب الجنوبى، كما يتأكد ذلك من خلال اختفاء الغلاف الجليدى فى الجزء الشمالى من الكرة الأرضية.

ما من مقياس واحد يستطيع قياس الحرارة الاجمالية للأرض ولكن فى المقابل يتم إحصاء العديد من القياسات التى ترصدها يوميا آلاف المحطات فى بقاع الأرض، المختلفة ويجرى دمجها مع آلاف القياسات الأخرى حول حرارة سطح البحر التى ترصدها السفن المبحرة فوق المحيطات، ومن خلال هذه القياسات يتم اصدار معدل الحرارة العالمى تقديرى لكل شهر ومن أجل الحصول على تغيرات ثابتة على مر الزمن تتركز التحاليل حول أنواع الشذوذ «وهى انحرافات ناتجة عن النسبية المناخية فى كل اتجاه» لأنها اكثر فاعلية فى تغير توافر المعلومات. يمكن فى الوقت الراهن استخدام القياسات المسجلة منذ العام ١٨٥٠ إلى يومنا هذا على الرغم من ان التغطية كانت اقل من شاملة فى القسم الثانى من القرن التاسع عشر، بيد ان تحسنا طرأ منذ العام ١٩٥٧ عندما بدأ تسجيل القياسات فى القطب الجنوبى، وازداد التحسن مع العام ١٩٨٠ عند بدء استعمال قياسات الأقمار الصناعية.

ارتفعت درجة الحرارة السطحية نحو ٠,٧٥ درجة مئوية كمعدل عام خلال السنوات المائة الفائتة «بين العام ١٩٠٦ والعام ٢٠٠٥ الرسم ١» غير ان هذا الاحترار لم يكن ثابتا فى مختلف المواسم ومختلف الأمكنة ولم يحصل تغير كلى منذ العام ١٨٥٠ وحتى العام ١٩١٥ باستثناد حركات الصعود والهبوط المرتبطة بالتقلبية الطبيعية التى قد تكون نتجت عن عملية أخذ عينات محدودة. وقد ارتفع مستوى الحرارة العالمى بنسبة ٠,٣٥ درجة مئوية بين العامين ١٩١٠ و١٩٤٠ ومن ثم تلاه انخفاض مبرد بسيط «٠,١ درجة مئوية» وحصل بعده احترار سريع «بلغ ٠,٥٥ درجة مئوية» واستمر حتى العام ٢٠٠٦ «راجع الرسم ١».

أما السنوات الأكثر حرارة بين المجموعات فامتدت بين العامين ١٩٩٨ و٢٠٠٥ «لا تظهر فى الاحصاءات». ومن السنوات الـ ١٢ الأكثر حرارة، سجلت ١١ فى السنوات المنصرمة «من ١٩٩٥ حتى ٢٠٠٦». وكان الاحترار أقوى على الأرض منه على المحيطات منذ العام ١٩٧٠ وعلى صعيد المواسم كان الاحترار أكبر فى الشتاء. وحصلت احترارات أخرى فى المدن والمناطق الحضرية «التى يرمز إليها بمفعول الجزيرة الحرارية المدنية» ولكن



الرسم (١) في الأعلى متوسط درجة الحرارة العالمية السنوية «النقاط السوداء» مع ملاءمات بسيطة للمعلومات يدل المحور الايسر على الشذوذ في معدل السنوات ١٩٦١ إلى ١٩٩٠ ويدل المحور الأيمن على الحرارة الفعلية المتوقعة بالدرجة المئوية. يشير الاتجاه الخطي إلى السنوات السابقة ٢٥ «الاصفر» ٥٠ «البرتقالي» وإلى المائة عام «بنفسجي» ١٥٠ «الاحمر» وهو يدل على السنوات التالية بحسب تسلسل الألوان من ١٩٨١ حتى ٢٠٠٥ ومن ١٩٥٦ حتى ٢٠٠٥ ومن ١٨٥٦ حتى العام ٢٠٠٥ تجدر الاشارة إلى ان الانحدار اكبر بالنسبة إلى الفترات الحديثة القصيرة وهي تدل على احترار متزايد اما الخط المنحنى الأزرق فهو تصور بسيط لإلتقاط التقلبات العقدية. تبدو التموجات معبرة من اجل اعطاء فكرة واضحة حول الطقس: العقدية ٥٪ إلى ٩٥٪ «باللون الرمادى الفاتح» كما تم تحديد هوامش الخطأ حول الخط «بالتالى تتخطى القيم السنوية هذه الحدود» تقول النتائج المثالية التى تم التوصل إليها من خلال التاثيرات الاشعاعية المقدرة للقرن العشرين «القسم ٩» ان ثمة تحولا بسيطا سبق العام ١٩١٥ وانكسارا فعليا حصل في التغير في بداية القرن العشرين بسبب التاثيرات الطبيعية الحاصلة بما فيها التغيرات في الاشعاع الشمسي والقوة البركانية والتقلبية الطبيعية وارتفعت نسبة التلوث في القسم الشمالي من الكرة الأرضية بسبب حركة التصنيع التي تلت الحرب العالمية الثانية من العام ١٩٤٠ حتى العام ١٩٧٠ وادى هذا التلوث إلى التبريد وإلى ازدياد ثاني اكسيد الكربون وغازات الدفيئة الاخرى وقد طبع هذا الازدياد الاحترار الحاصل في منتصف السبعينات.

* «اليمين - الأسفل» إلى جهة اليسار وضعت انماط عن اتجاهات الحرارة الخطية العالمية من العام ١٩٧٩ حتى العام ٢٠٠٥ المتوقع حصولها على السطح اما إلى اليمين فتم وضع النماذج المتوقع حصولها على التروبوسفير «جهة اليمين» اى من السطح إلى ارتفاع ١٠كلم وقد اخذت هذه المعلومات من تسجيلات القمر الصناعي. تشير المناطق الرمادية إلى معلومات غير مكتملة. تجدر الاشارة إلى ان التوحد المكاني في الاحترار المسجل في القمر الصناعي في التروبوسفير حصل عند تغيرات حرارة السطح ويتعلق الامر بالارض والمحيط.

كانت محصورة على المدى الزمنى ويمكن أن تتجل مفاعيلها من خلال استبعاد أكبر قدر ممكن من الأماكن المتأثرة من المعلومات حول مستوى الحرارة العالمية ومن خلال زيادة هامش الخطا.

لقد بردت بعض المناطق منذ العام ١٩٠١ ويبدو ذلك جليا فى المحيط الأطلسى الشمالى بالقرب من شمال غرينلاند وكان الاحترار أشد وطأة فى تلك الأيام فى أعماق قارتى آسيا وأمريكا الشمالية، ولكن بما ان هذه هى مناطق ذات تقلبية عالية تختلف من سنة إلى أخرى فقد حصل مؤشر الاحترار الاكثر وضوحا فى مناطق خطوط العرض الوسطى والمنخفضة وخاصة فى المحيطات الاستوائية. فى الجزء السفلى وإلى يسار الرسم ١ تمت الإشارة إلى اتجاهات الحرارة منذ العام ١٩٧٩ وأنماط الاحترار فى مناطق المحيط الهادى والمناطق المبردة المتعلقة بالنينيو.

لقد اصبح بالامكان اليوم تحليل التغيرات الطويلة المدى فى درجات الحرارة اليومية القصوى فى عدة مناطق (مثل أمريكا الشمالية وجنوب أمريكا الجنوبية وأوروبا وشمال وشرق آسيا وجنوب افريقيا واستراليا) تشير هذه التسجيلات إلى انخفاض فى عدد الأيام والليالى الباردة جدا وإلى ارتفاع عدد النهارات الشديدة الحرارة والليالى الدافئة منذ العام ١٩٥٠ على وجه التحديد. وازداد طول المواسم الخالية من الجليد فى معظم مناطق خطوط العرض العالية والوسطية فى جزئى الكرة الارضية. ويظهر ذلك فى الجزء الشمالى من الكرة الارضية كبداية مبكرة للربيع.

إلى جانب المعلومات حول الأرض المشار إليها سابقا تم تسجيل قياسات الحرارة عل الأرض فى فترة معقولة بواسطة بالونات الطقس منذ العام ١٩٥٨ وبواسطة الاقمار الصناعية منذ العام ١٩٧٩. المعلومات كلها مهياة لتقبل التغيير فى وسائل القياس ولمراقبة الممارسات عند الحاجة. لقد تم استخدام الاقمار الصناعية القصيرة الموج بغية انشاء «التسجيل الحرارى للأقمار الصناعية» من أجل الطبقات السميكة فى الغلاف الجوى إلى جانب التروبوسفير «يمتد من السطح حتى ١٠كلم صعودا» والستراتوسفير المنخفض «يمتد من ١٠ إلى ٣٠ كلم» ولاتزال هناك بعض الالتباسات والشكوك فى الاتجاهات على الرغم من وجود تحليلات جديدة بواسطة مقياس كروس المحسن التابع لثلاثة عشر قمرا صناعيا منذ العام ١٩٧٩ وعلى الرغم من التحسن فى تغير مراقبة الوقت وارتفاع القمر الصناعى تشير كافة المعلومات الحديثة المتوافرة منذ العام ١٩٥٠ إلى ارتفاع درجة حرارة التروبوسفير بمعدل أكبر بقليل من السطح فى حين برد الستراتوسفير بشكل ملحوظ من العام ١٩٧٩، ويتماشى ذلك مع التوقعات الفيزيائية والنتائج المثالية التى تدل على الدور المتنامى الذى تؤديه غازات الدفيئة فى احترار التروبوسفير وتبريد الستراتوسفير، كما يساهم استنزاف الأوزون فعليا فى تبريد الستراتوسفير وبالتزامن مع الارتفاعات الملحوظة فى حرارة الأرض سجلت انخفاضات فى طول الأنهار وفى مواسم تجلد البحيرات إلى جانب ذلك حصل انخفاض عام فى الكتلة الجليدية فى القرن العشرين كما اصبح الذوبان فى الغلاف الجليدى لجرينلاند واضحا وانخفض الغطاء الجليدى فى عدد كبير من مناطق الجزء الشمالى من الكرة الارضية وانخفضت سماكة جليد البحر فى القطب الشمالى فى كافة المواسم وبشكل درامى على الأخص فى الصيف وفى الربيع أما المحيطات فهى أيضا تشهد احترار وبدأ مستوى سطح البحر يرتفع بسبب التمدد الحرارى للمحيطات وبسبب ذوبان الجليد القارى.

ثانيا: كيف يتغير الهطول؟

تشير الملاحظات إلى تغيرات فى كمية الهطول وفى حدته وتواتره وأشكاله وغالبا ما تدل مميزات الهطول هذه على تقلبية طبيعية كبيرة ويملك النينيو تاثيرا كبيرا وكذلك هو الأمر بالنسبة إلى أنماط التغيرات فى دوران الغلاف الجوى كالتذبذب فى شمال الاطلسى على سبيل المثال. وقد تمت ملاحظة بعض التوجهات الطويلة الأمد فى كمية الهطول من العام ١٩٠٠ حتى العام ٢٠٠٥ فكانت أكثر رطوبة فى شمال غرب وجنوب أمريكا وفى شمال أوروبا وفى شمال ووسط آسيا ولكن أكثر جفافا فى ساحل وجنوب افريقيا وفى اسيا الجنوبية والمتوسطية. يأتى الهطول الآن على شكل مطر أكثر منه هطول على شكل ثلج فى المناطق الشمالية وجرى تسجيل ارتفاعات واسعة الانتشار لعدة ظواهر لهطول غزير حتى فى مناطق انخفضت فيها الكميات الاجمالية للمتساقطات وترتبط هذه التغيرات بارتفاع تبخر المياه فى الغلاف الجوى الناتج عن احترار محيطات العالم وخاصة عند خطوط العرض السفلى. كما تم رصد ارتفاعات فى ظهور الجفاف والفيضانات فى عدد من المناطق.

يدل لفظ الهطول على الامطار أو الثلوج التى تهطل من السحب إلى جانب اشكال أخرى متجمدة أو سائلة تنهمر منها. ان الهطول متقطع ويرتبط نوعه بشكل كبير بالحرارة وبحالة الطقس وتحدد حالة الطقس مخزون الترطيب من خلال السحب والتبخر كما تحدد كيفية تجمعها لتشكل عواصف فى السحب ويتشكل الهطول عند تكاثف بخار المياه الذى يمتد بعيدا فى الغالب فى الهواء المتصاعد ثم يبرد ويتاتى هذا الجزء المتصاعد من الهواء الصاعد فوق الجبال ومن الهواء الدافئ المحلق فوق هواء ابرد «حد دافىء» ومن هواء بارد يندفع تحت هواء أكثر دفئا «حد دافىء» ومن الحمل الحرارى الناتج عن احترار السطح ومن أنظمة طقس أخرى ومن السحب وبالتالى يعدل أى تغيير فى هذه المظاهر الهطول. تشير خرائط الهطول انه متقطع ومتفاوت لذلك تمت الإشارة إلى اتجاهات الهطول فى دليل بالمر لقسوة الجفاف «راجع الرسم ٢» وهو قياس لرطوبة الأرض من خلال استخدام الهطول والتوقعات البسيطة للتغيرات فى التبخر.

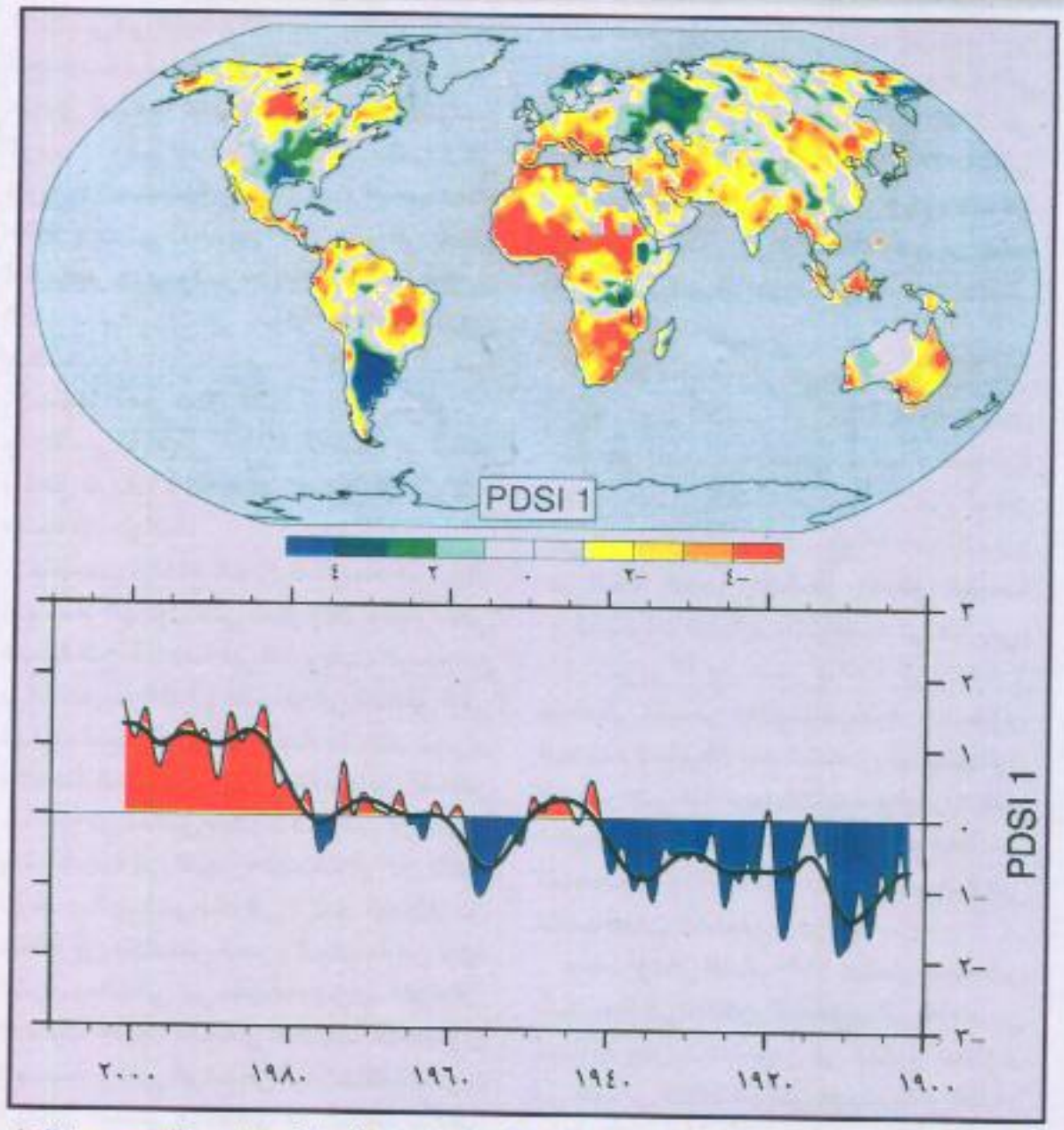
وقد ادى الاحترار المتزايد والناتج عن ارتفاع آثار الدفيئة البشرية المنشا إلى ازدياد التبخر مع العلم ان طبقة الترطيب المناسبة متوافرة بناء على ذلك تؤدى طبقة الترطيب دور «مكيف هواء» وبالتالى تعمل الحرارة المستخدمة فى التبخر لترطيب الهواء وليس لتهدفئته فتكون مواسم الصيف غالبا إما دافئة وجافة أو باردة وأكثر رطوبة. لقد ازدادت رطوبة الطقس فى غربى أمريكا الشمالية والجنوبية راجع الرسم «١» لذلك ارتفعت الحرارة هناك أقل مما ارتفعت فى مناطق أخرى «راجع الرسم ٢» التغيرات فى الأيام الدافئة ويرتبط الهطول بحرارات أكثر ارتفاعا فى الشتاء وفى القارات الشمالية

ويعود ذلك إلى أن قدرة الماء التماسكية فى الغلاف الجوى ترتفع فى الظروف الدافئة.

عندما يتغير المناخ يتأثر الهطول بطريقة مباشرة فتتبدل كميته وتوتراه وشكله. يسرع الاحترار جفاف سطح الأرض ويزيد من امكانية حدوث جفاف ومن حدته إذا ما حصل وقد تمت ملاحظة فى هذا الأمر فى عدة مناطق من العالم (راجع الرسم ١) لكن يفيد أحد القوانين الفيزيائية الثابتة «علاقة كلوزيوس - كلابيرون» بان قدرة تماسك الماء فى الغلاف الجوى هى نحو ٧ درجات مئوية وهى تزداد كلما ارتفعت درجة الحرارة درجة مئوية واحدة. تشير مراقبات اتجاهات الرطوبة النسبية إلى انها غير ثابتة. غير انها بقيت على حالها فى المجمل من السطح إلى داخل التروبوسفير، وعليه فإن الحرارات المتزايدة نتجت عن تزايد تبخر الماء طوال القرن العشرين كان متوقعا ان يزيد بخار الماء فى الغلاف الجوى فوق المحيطات بنسبة تقريبية هى ٥٪ وذلك استنادا إلى تغيرات فى حرارات سطح البحر يتاتى الهطول بشكل رئيسى من أنظمة المناخ التى ينتجها بخار الماء فى الغلاف الجوى ما يؤدى فى الإجمال إلى زيادة قوة الهطول وإلى زيادة خطر حدوث أمطار غزيرة وظواهر ثلجية. تؤكد النظرية الأساسية ومحفزات المناخ المثالية والحقيقة الوضعية ان المناخات الدافئة الناتجة عن بخار الماء تفضى إلى ظواهر متساقطات أقوى حين ينخفض إجمالى الهطول السنوى انخفاضا بسيطا كما تتوقع ظواهر أشد وطأة حين ترتفع كميات الهطول العامة بناء عليه يزيد المناخ الأكثر دفئا من خطر حصول جفاف - حيث لا تمطر - وحصول فيضانات - حيث تمطر - فى أوقات أو أماكن مختلفة. حتى الآن حمل العام ٢٠٠٢ الكثير من الفيضانات التى انتشرت فى أوروبا ولكن تلاه العام ٢٠٠٣ حاملا معه موجات حر وجفاف غير مسبوقة. يتاثر توقيت الفيضانات والجفاف وتوزيعهما بعمق بظواهر دورة النينيو خاصة فى المناطق المدارية وعلى خطوط العرض الوسطية وفى البلدان المطلة على المحيطات.

يقلص انخفاض التبخر مخزون الترطيب العام فى الغلاف الجوى فى المناطق التى يحجب فيها تلوث الهباء الجوى الأرضى عن ضوء الشمس المباشر وبينما يمكن حصول متساقطات أقوى تنتج عن تزايد كميات البخار بات يمكن أن تتقلص مدة هذه الظواهر وكميتها فى الوقت عينه لأن إعادة شحن الغلاف الجوى بالبخار تتطلب وقتا أكثر.

ترتبط التغيرات المحلية والاقليمية بشكل الهطول ارتباطا وثيقا فى اتجاهات حركة الغلاف الجوى التى يحددها النينيو والتنبنب الشمال الاطلسى (NAO) (وهو عبارة عن قياس قوة الرياح الغربية فى المحيط الاطلسى الشمالى خلال الشتاء) بالإضافة إلى بعض أنماط التقلبية. ترتبط بعض التغيرات بالحركة المشارإليها سابقا بتغير المناخ. ان التبديل المرتبط ببدء الاعصار يجعل بعض المناطق اكثر رطوبة وأحيانا تميل إلى أن تكون اكثر جفافا ما يجعل أنماط التغير معقدة وعل سبيل المثال حصل فى التسعينيات تنبنب فى شمالى المحيط



الرسم (٢) «فى الأعلى» الأنماط المكانية الأهم فى دليل حدة الجفاف بالمير الشهرى من العام ١٩٠٠ حتى العام ٢٠٠٢ وهو دليل هام عن الجفاف وعن قياسات العجز المتراكم «المرتبط بالشروط المحلية النسبية» فى ترطيب سطح الأرض من خلال ادخال الهطول السابق ومن خلال توقع مستوى الترطيب فى الغلاف الجوى «استنادا إلى حرارات الغلاف الجوى» يشير اللوح البيانى السفلى إلى كيفية تغير اشارة الاتجاه وقوته منذ العام ١٩٠٠. المناطق الملونة بالاحمر والبرتقالى هى أكثر جفافا «رطوبة» من المعدل، أما المناطق الزرقاء والخضراء فتكون اكثر جفافا «رطوبة» عندما تكون الارقام المذكورة فى الاسفل ايجابية «سلبية». يشير الخط الأسود المتموج إلى التقلبات العقدية. ترتبط سلاسل الوقت باتجاه معين أما انماطه وحساب تقلباته فتبلغ ٦٧٪ على وجه الأرض بحسب الدليل المذكور سابقا من العام ١٩٠٠ حتى العام ٢٠٠٢ ويلاحظ تزايد الجفاف فى افريقيا وخاصة عند الساحل تجدر الاشارة إلى وجود مناطق رطبة اخرى خاصة فى غرب امريكا الشمالية والجنوبية وشمال اوراسيا تمت الأقلمة من «Dai et al ،b٢٠٠٤.

الاطلسى فى القطاع الأوروبى وكان أكثر ايجابية فادى إلى ظروف اكثر رطوبة فى مناطق افريقيا الشمالية والمتوسطية «راجع الرسم ١» وقد استمر الجفاف الممتد فى افريقيا الساحلية «راجع الرسم ٢» منذ العام ١٩٦٠ حتى العام ١٩٨٠ على الرغم من انخفاض حدته وتم ربط هذا الجفاف الطويل الأمد بالتغيرات فى حركة الغلاف الجوى وبالتغيرات فى انماط حرارة سطح البحر الاستوائى على نطاق المحيط الهادى والهندى والاطلسى. وأمسى الجفاف منتشرا فى معظم مناطق افريقيا وعاديا فى المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية.

يتسبب ارتفاع الحرارة بازدياد احتمال انهمار الهطول على شكل مطر وليس على هيئة ثلج خاصة فى الخريف والربيع مع بداية موسم الثلج وانتهائه فى المناطق التى تقارب فيها الحرارة درجة التجلد. تجرى ملاحظة هذه التغيرات فى العديد من المناطق خاصة فى مناطق خطوط العرض الوسطية والمرتفعة فى الجزء الشمالى من الكرة الأرضية ويؤدى ذلك إلى ازدياد الأمطار من جهة وإلى تخفيض الحزم الجليدية من جهة أخرى وبالتالى إلى اختفاء موارد المياه فى الصيف عندما تتجلى الحاجة القصوى إليها. وعلى الرغم من ملاحظة تفاوت الهطول النسبى وتقطعها فإن أنماط التغيير معقدة ويشدد التسجيل الطويل المدى عل اختلاف انماط الهطول من عام إلى عام إلى حد ما ويشير إلى أن الجفاف الممتد على عدة سنوات يكون مقطوعا بسنة من الامطار الغزيرة فيمكن أن يشعر المرء مثلا بتاثيرات النينيو وكمثل عن ذلك تمكن الاشارة إلى الشتاء الرطب فى جنوب الولايات المتحدة الأمريكية خلال العام ٢٠٠٤ ـ ٢٠٠٥ الذى تلا ستة أعوام من الحزم الجليدية التى كانت دون المعدل.

ثالثا: هل حصل تغير فى الظواهر المتطرفة مثل الأمواج الدافئة والجفاف والفيضانات والأعاصير؟

منذ العام ١٩٥٠ ازداد عدد الأمواج الحارة والليالى الدافئة كما ارتفع عدد المناطق التى طالها الجفاف فى حين انخفض الهطول على الأرض قليلا فى ظل تزايد التبخر من جراء الشروط الباعثة على الاحترار كما ارتفع عدد الهطول اليومى الغزير الذى يفضى إلى الفيضانات ولكن ليس فى كل مكان يختلف تواتر العواصف الاستوائية والاعاصير من سنة إلى أخرى إلى حد كبير ولكن الواقع يدل على حصول ازدياد فعلى فى قوتها وفى مدتها منذ العام ١٩٧٠، فى المناطق خارج الاستوائية تدل التقلبية فى بدء العواصف وفى قوتها على وجود تقلبات فى أهم مميزات دوران الغلاف الجوى كما هو الحال فى التذبذب المحيط الاطلسى الشمالى.

لقد تم الحصول على معلومات تشير إلى حدوث تغير فى مختلف اشكال الظواهر المناخية المتطرفة. أما قصوتها فلا تتخطى غالبا ١,٥ و١٠٪ من الوقت «من الحد الأول» و٩٥, ٩٠و٩٩٪ من الوقت «من الحد الثانى» تتخطى الليالى الدافئة أو النهارات الحارة «المناقشة فى ما يلى» مستوى التسعين بالمائة فى حين لا تتخطى الليالى والأيام البادرة مستوى العشرة بالمائة يتم التعريف بالهطول الغزير على انه كميات يومية تزيد على ٩٥بالمائة من المستوى و٩٩ بالمائة من المستوى و٩٩ بالمائة منه بالنسبة إلى المتساقطات الشديدة الغزارة.

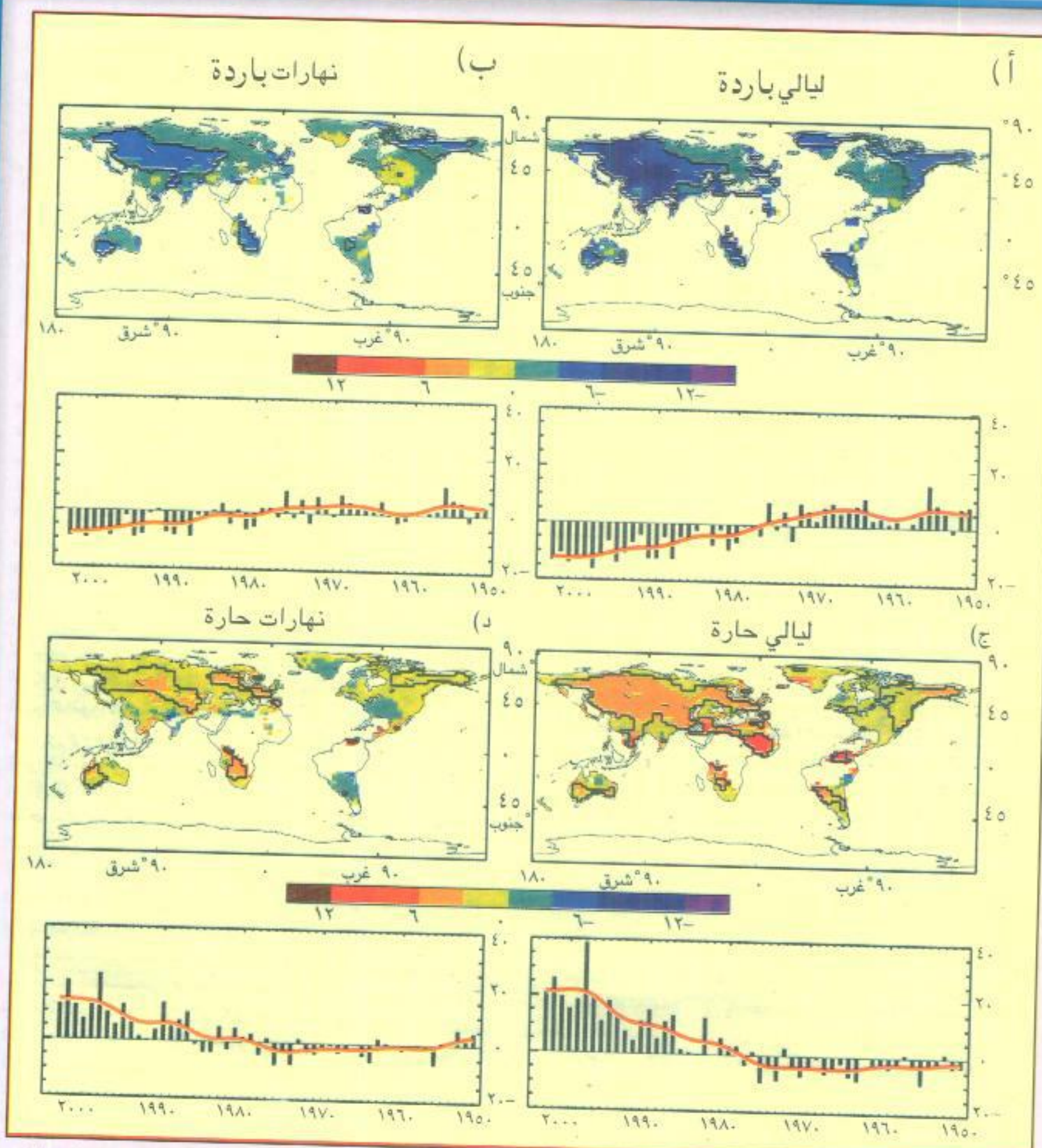
ومنذ أواخر العام ١٩٥٠ حصل انحفاض ملحوظ فى التكرر السنوى فى الليالى الباردة وتزايد ملموس فى التكرر السنوى فى الليالى الدافئة ولكن لم يتم ذكر الكثير حول الانخفاضات فى تكرر الأيام الباردة وارتفاع التكرر فى الأيام الحارة على الرغم من انتشارها الواسع «راجع الرسم ٣» لم ينتقل توزيع الحرارات القصوى والدنيا إلى أعلى مستوياتها الثابتة مع الاحترار العالمى فحسب بل احترت الحدود الباردة أكثر من الحدود الدافئة منذ خمسين عاما «راجع الرسم ٣» ويؤدى تزايد الحدود الدافئة إلى زيادة تواتر الموجات الحارة.

تشير معلومات إضافية إلى تجاه نحو بضعة أيام متجمدة تترابط مع معدل الاحترار فى معظم مناطق خطوط العرض الوسطية.

وخير دليل على تغير الحدود ملاحظة الزيادات فى ظواهر الهطول الغزير فى مناطق خطوط العرض الوسطى منذ السنوات الخمسين الماضية حتى فى المناطق التى لا يتم فيها تسجيل كميات من الهطول النسبية كما يتم رصد ارتفاعات متزايدة لظواهر الهطول الشديد الغزارة غير ان النتائج متوافرة حول بعض المناطق فقط.

ان قياس الجفاف اسهل من غيره بسبب طول مدته بينما يوجد عدد من المؤشرات وأجهزة قياس حول الجفاف تلجأ بعض الدراسات إلى مجموع الهطول الشهرى وإلى معدلات الحرارة وهما يشكلان متحدثين مع بعضهما البعض مقياسا يدعى دليل حدة الجفاف بالمير ويشير هذا المقياس الذى تم وضعه فى منتصف القرن العشرين إلى اتجاه كبير نحو الجفاف فى عدة مناطق من الجزء الشمالى للكرة الأرضية منذ منتصف الخمسينيات ويدل على جفاف واسع فى مناطق جنوب اوراسيا وشمال افريقيا وكندا وألاسكا «راجع الرسم ٣» ويدل ايضا على اتجاه معاكس فى شرق أمريكا الجنوبية والشمالية أما فى الجزء الجنوبى من الكرة الأرضية فكانت اسطح الارض رطبة فى السبعينيات وجافة فى التسعينيات والستينيات كما سجل اتجاه نحو الجفاف بين عامى ١٩٧٤ و١٩٩٨ وتشير التسجيلات ذات المدة الطويلة حول أوروبا على مدى القرن العشرين إلى عدد قليل من الاتجاهات العامة وهى تبين ان انخفاض الهطول على الأرض منذ الخمسينيات يشكل السبب الأول فى الاتجاهات نحو الجفاف غير ان الاحترار الحاصل على مساحات كبيرة فى العقود الثلاثة الماضية ساهم بدوره فى إحداث الجفاف وتشير إحدى الدراسات إلى ان عدد المناطق الكثيرة الجفاف حول العالم تضاعف أو بالأحرى ازداد منذ السبعينيات «تعرف هذه المناطق بمناطق يكون فيها دليل حدة الجفاف بالمر ٣,٠-» ويرتبط هذا الواقع بانخفاض سابق فى الهطول نتج عن التذبذب الجنوبى/النينيو وبتزايدات فعلية نتجت عن احترار الأرض.

تحجب التقلبية الطبيعية الواسعة التغيرات فى تواتر العواصف والأعاصير الاستوائية وفى حدتها ويؤثر النينيو بشدة فى حركة العواصف الاستوائية حول العالم وتدل توقعات القدرة التدميرية للأعاصير حول العالم على اتجاه متصاعد فعلى منذ منتصف السبعينيات وهو اتجاه نحو عواصف ذات مدة أطول وقوة أكبر يرتبط نشاطها ارتباطا وثيقا بحرارة سطح البحر الاستوائى وتعززت هذه العلاقات بسبب ايجاد تزايد كبير فى أرقام الأعاصير القوية نسبتها على صعيد العالم منذ العام ١٩٧٠



الرسم (٣) الاتجاهات التى تمت مراقبتها «النهارات فى العقود» من العام ١٩٥١ إلى العام ٢٠٠٣ حول تواتر الحرارات القصوى بالاستناد إلى القيم المسجلة من العام ١٩٦١ حتى العام ١٩٩٠ ويتم استعمالها كخرائط للمستوى العاشر بالمائة «أ» الليالى الباردة، «ب» النهارات الباردة بمستوى ٩٠٪، «ج» الليالى الدافئة، «د» النهارات الدافئة. تم جمع الاتجاهات من خلال علب الشبكة التى تجمعت فيها المعلومات خلال اربعين عاما وهى تحتوى على معلومات حول العام ١٩٩٩ كحد ادنى. تشمل الخطوط الحمراء المناطق حيث الاتجاهات هامة بنسبة ٥٪ وتحت كل خريطة توجد ظواهر الشذوذ للمدة السنوية العامة «المتعلقة بالأعوام بين ١٩٦١ و١٩٩٠» يشير الخط الاحمر إلى التقلبات العقدية. ان الاتجاهات الخاصة بالمؤشرات الاجمالية المشار إليها هامة بمستوى ٥٪.

علما ان عدد الاعاصير الحلزونية وعدد ايامها انخفضا قليلا فى معظم الاحواض وعلى وجه التحديد لقد ازداد عدد الاعاصير من الفئتين الرابعة والخامسة بنسبة ٧٥٪ منذ العام ١٩٧٠.

وقد حصلت الزيادات الأوسع فى شمال المحيط الهادى وفى جنوبه الغربى وفى المحيط الهندى غير ان عدد الاعاصير فى المحيط الاطلسى الشمالى فاق الطبيعة فى ٩ سنوات من الـ ١١سنة الماضية وأحد الأعاصير ضرب الرقم القياسى فى موسم العام ٢٠٠٥.

استنادا إلى عدد من القياسات المسجلة على سطح التروبوسفير وفى داخله تبين انه يمكن أن يكون تبدلا على صعيد القطب قد طرأ مع احتمال ارتفاع حركة بدء عواصف الشتاء فى القسم الشمالى من الكرة الارضية ابان الجزء الثانى من القرن العشرين وتشكل هذه التغيرات جزءا من التقلبات الحاصلة بالترابط مع التذبذب فى المحيط الاطلسى الشمالى وكشفت المراقبات التى تمت منذ العام ١٩٧٩ حتى منتصف التسعينيات ان دورانا غربيا فى الغلاف الجوى بين قطبى الأرض سيجرى بين شهر كانون الثانى/ ديسمبر، وشباط/ فبراير وسيتم ذلك داخل التروبوسفير وفى الستراتوسفير بالتزامن مع تنحى تدفق المجارى المائية عن خطها على صعيد القطب ومع تزايد العواصف. ان البراهين التى يمكن مراقبتها فى التغيرات خلال الظواهر الطبيعية الضيقة النطاق «مثل أعاصير التورنيدو وانهمار البرد والعواصف الرعدية» غالبا ما تكون محلية وعشوائية إلى درجة يصعب عندها الخروج باستنتاجات عامة وفى الواقع يزداد النمو فى عدة مناطق بسبب الوعى المتنامى للمجتمع وبفضل الجهود المبذولة بغية جمع التقارير حول هذه الظواهر.

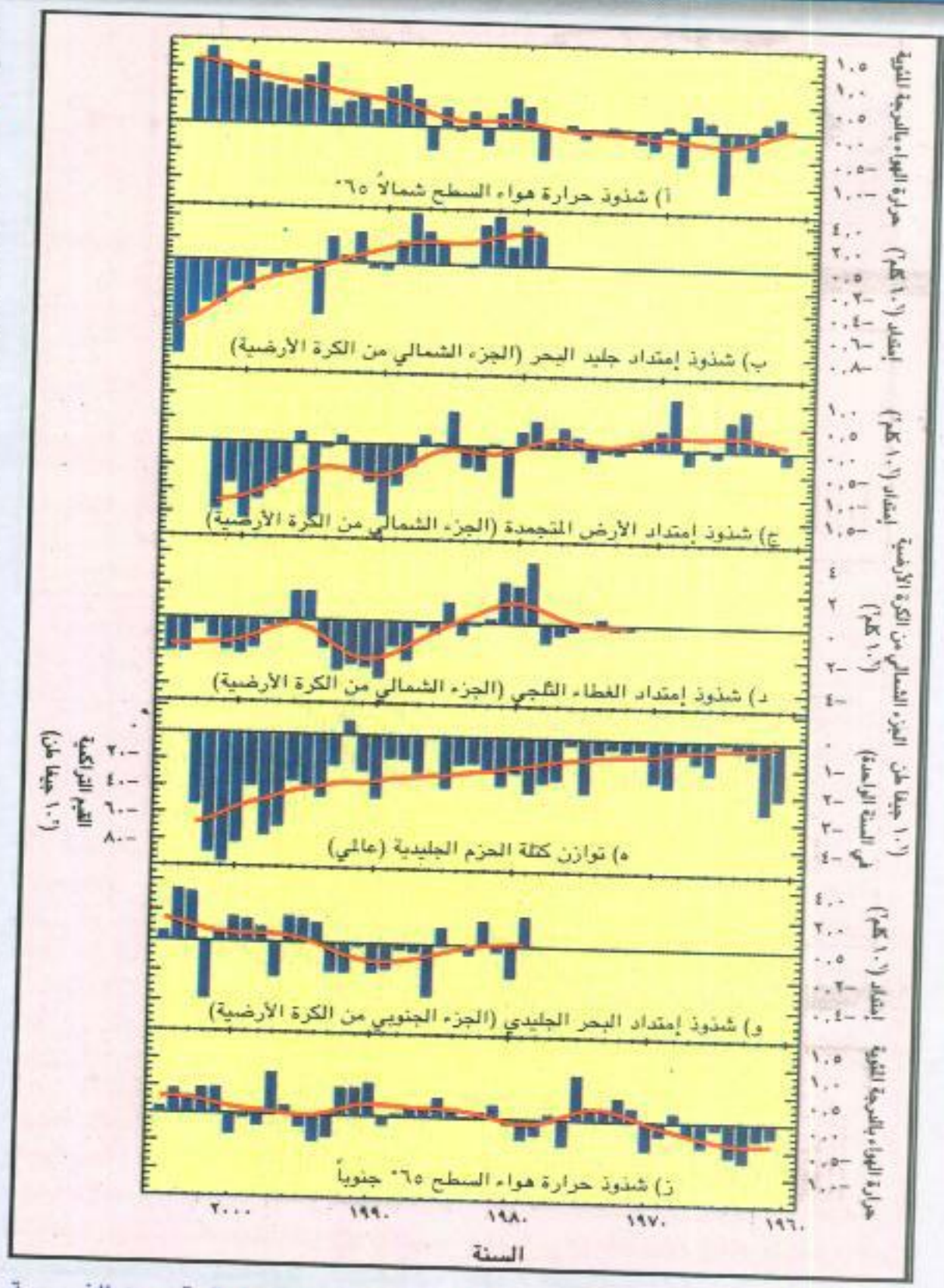
رابعاً: هل تشهد كمية الثلج والجليد على الأرض تراجعاً؟

نعم.. تشير المراقبات على الصعيد العالمى إلى تراجع معدل الثلج والجليد منذ عدة سنوات وخاصة منذ العام ١٩٨٠ وقد ازداد هذا التراجع فى العقد الأخير باستثناء بعض المناطق التى شهدت ارتفاعا فى الثلج والجليد إلى جانب تغيرات أخرى «راجع الرسم ٤» وقد أخذت معظم الجبال الجليدية تتقلص، فى حين يتلاشى الغطاء الجليدى باكرا فى الربيع، أما النهر الجليدى فى المحيط الاطلسى فيتقلص فى كافة المواسم على العموم وبطريقة درامية فى الصيف على وجه الخصوص كما تم تسجيل انخفاضات فى التربة الصقيعية وتقلصات موسمية فى الأرض المجمدة وفى الانهار والبحيرات الجليد كما تم تسجيل تقلص الغلاف الجليدى فى مناطق ساحلية هامة فى جرينلاند وغرب القطب الجنوبى وانخفاض فى الحزم الجليدية فى شبه جزيرة القطب الجنوبى ويؤدى ذلك إلى ارتفاع مستوى سطح البحر ويساهم ذوبان الحزم الجليدية والفلنسوات الجليدية والغلاف الجليدى إلى ارتفاع مستوى سطح البحر بنسبة تقدر بـ ١,٢ + ٤ بالسنة فى الفترة الممتدة بين العامين ١٩٩٣ و٢٠٠٣. تقوم الاقمار الصناعية بشكل متواصل برصد معظم الغطاء الثلجى الموسمى وتشير إلى انخفاض الغطاء الثلجى فى الربيع فى الجزء الشمالى من الأرض بنسبة ٢٪ فى العقد الواحد منذ العام ١٩٩٦ على الرغم من تسجيل تغير بسيط فى الخريف أو فى بداية الشتاء وقد حصل هذا الانخفاض فى الربيع فى عدة أمكنة على الرغم من ارتفاع الهطول. ولا تعطى المعلومات المتوافرة من الأقمار الصناعية حتى الآن قياسات دقيقة حول ظروف الجليد والبحيرات والأنهار أو حول الأرض المتجمدة بشكل موسمى أو دائم.

بيد انه تم نشر عدد كبير من التقارير المحلية والاقليمية وغالبا ما كانت التقارير تشير إلى ارتفاع درجة حرارة التربة الصقيعية وإلى تزايد كثافة ذوبان الطبقة المغطية للتربة الصقيعية وإلى تقلص العمق المتجمد فى الشتاء فى المناطق المتجمدة بحسب المواسم وإلى انخفاض فى الامتداد المساحى للتربة الصقيعية وإلى تقهقر مدة الأنهار والبحيرات الجليدية الموسمية.

وقد أعطت الاقمار الصناعية منذ العام ١٩٧٨ معلومات دائمة حول امتداد النهر الجليدى فى القطبين الشمالى والجنوبى وقد انخفض معدل امتداد النهر الجليدى بنسبة ٢,٧ + ٠,٦٪ فى العقد وبنسبة ٧,٤ + ٢,٤٪ فى الصيف فى القطب الشمالى. أما امتداد النهر الجليدى فى القطب الجنوبى فلم يدل على أى توجه يذكر وقد تم التوصل إلى معلومات حول الكثافة خاصة بواسطة الغواصات إلا أنها تنحصر فى وسط القطب الشمالى حيث تشير إلى حصول تقلص بنسبة ٤٠٪ تقريبا بين سنة ١٩٥٨ و١٩١٧ ويشكل ذلك تقديرا مبالغا فيه حول الذوبان فى منطقة القطب الشمالى كلها.. وقد بدأت الجبال الجليدية والقلنسوات الجليدية بالتناقص، ومن المرجح أن يكون هذا التناقص قد بدأ منذ العام ١٨٥٠ وعلى الرغم من بقاء العديد من مجلدات الجزء الشمالى للكرة الأرضية شبه متوازنة لسنوات فى السبعينيات تبع ذلك ارتفاع فى التقلص وأدى ذوبان الحزم الجليدية والقلنسوات الجليدية إلى ارتفاع مستوى البحر بنسبة ٠,٧٧ + ٠,٢٢ ميليمتر فى السنة بين سنتى ١٩٩١ و٢٠٠٤.

كما أدى ذوبان الغلافات الجليدية فى جرينلاند والقطب الجنوبى إلى ارتفاع مستوى سطح البحر بنسبة ٠,٢ + ٠,١ ميليمتر فى السنة فى حين أدى التناقص الحاصل فى القطب الجنوبى إلى رفع مستوى سطح البحر بنسبة ٠,٢ + ٠,٣٥ مليمتر فى السنة بين عامى ١٩٩٣ و٢٠٠٤ وقد بات حصول خسارة متزايدة فى العام ٢٠٠٥ حقيقة ظاهرة. ان كثافة المرتفعات العالية فى المناطق الباردة من جرينلاند وشرق القطب الشمالى ربما من خلال ازدياد الهطول شهدت تبدلات مفاجئة من خلال الذوبان فى المناطق الساحلية فى غربى القطب الجنوبى وفى جرينلاند وتأتى هذه العملية كرد على تزايد تدفق الثلج والذوبان فى سطح جرينلاند ويتفاعل الجليد مع المناخ المحيط بطرق معقدة لذا تبقى دائما اسباب التغيرات المحددة غير واضحة لكن مما لا شك فيه هو ان الجليد يذوب عندما تكون الحرارة أعلى من نقطة التجمد. وقد حصل انخفاض فى الغطاء الثلجى وفى الجبال المجمدة على الرغم من ارتفاع هطول الثلج فى عدة حالات ما تسبب بارتفاع حرارة الهواء. تؤثر تغيرات



الرسم (٤) شذوذ فى سلاسل الوقت (تعنى انحراف سلاسل الوقت عن النسبية الطويلة المدى) فى حرارة هواء السطح القطبى «A,G» امتداد النهر الجليدى فى القطبين الشمالى والجنوبى «B,F». امتداد الأرض المتجمدة «C» فى الجزء الشمالى من الكرة الارضية «NH». امتداد الغطاء الثلجى «D» فى الجزء الشمالى من الكرة الارضية. توازن كتلة الحزم الجليدية العالمية «E». يدل الخط الاحمر العريض «E» على ميزان الكتلة الجليدية العالمية المتراكمة والاعمدة الأخرى فى الجداول الأخرى يدل على التقلبات العقدية.

الغطاء الثلجى فى الأرض المتجمدة وفى البحيرات والأنهر الجليدية إلا ان هذا الأمر لا يشكل شرحا كافيا للتغيرات الحاصلة التى تفضى إلى القول بأن تزايد حرارات الهواء كان هاما. يمكن أن تتماشى التقلصات فى النهر الجليدى فى القطب الشمالى مع الأمثلة المستقاة من الدوران التاريخى ومن تغيرات الحرارة وتتلاءم الزيادات فى هطول الثلج فوق الغلاف الجوى الجليدى فى بعض المناطق الرئيسية الباردة مع الاحترار وكذلك هو الحال بالنسبة إلى الذوبان فى المناطق الساحلية وفى الرف الجليدى البديل وعلى طول عدد من السواحل.

خامساً: هل يرتفع مستوى البحر؟

نعم من المؤكد ان مستوى سطح البحر العالمى ارتفع فى القرن العشرين بتدرج ومازال حتى اليوم يزداد بمعدل تصاعدى بعد فترة تغير بسيطة بين السنة الأولى و١٩٠٠ بعد الميلاد ومن المتوقع أن يرتفع مستوى البحر بمعدل أكبر فى هذا القرن أما السببان الرئيسيان فى ارتفاع مستوى البحر فهما: التمدد الحرارى للمحيطات «تتمدد المياه عندما تسخن» والنقص فى الجليد القارى الناتج عن الذوبان المتنامى.

لقد ارتفع مستوى البحر بنسبة ١٢٠مترا خلال عدة ألفيات تلت نهاية العصر الجليدى «منذ ٢١ ألف سنة تقريبا» واستقر منذ نحو ألفى إلى ثلاثة آلاف عام وتدل مؤشرات مستوى سطح البحر على ان مستوى البحر العالمى لم يتغير فعليا منذ ذلك الوقت حتى القرن التاسع عشر ويشير التسجيل الآلى لتغير مستوى البحر الحديث إلى بدء ارتفاع مستوى البحر فى القرن العشرين، ومن المتوقع أن يرتفع معدل مستوى البحر العالمى فى القرن العشرين بمعدل ١,٧ مليمتر فى السنة.

وتعطى الأقمار الصناعية المتوافرة منذ التسعينيات معلومات أكثر دقة حول مستوى سطح البحر مع تغطية شبه كاملة وتشير المعلومات المسجلة على مدى العقد إلى ارتفاع مستوى البحر بمعدل ٣ مليمتر فى السنة منذ العام ١٩٩٣ وبمعدل أكبر من المعدل المسجل فى النصف السابق من القرن ويؤكد قياس حركة المد والجزر الساحلية هذه المشاهدة ويؤكد ان معدلات مماثلة حصلت فى عقود سابقة.

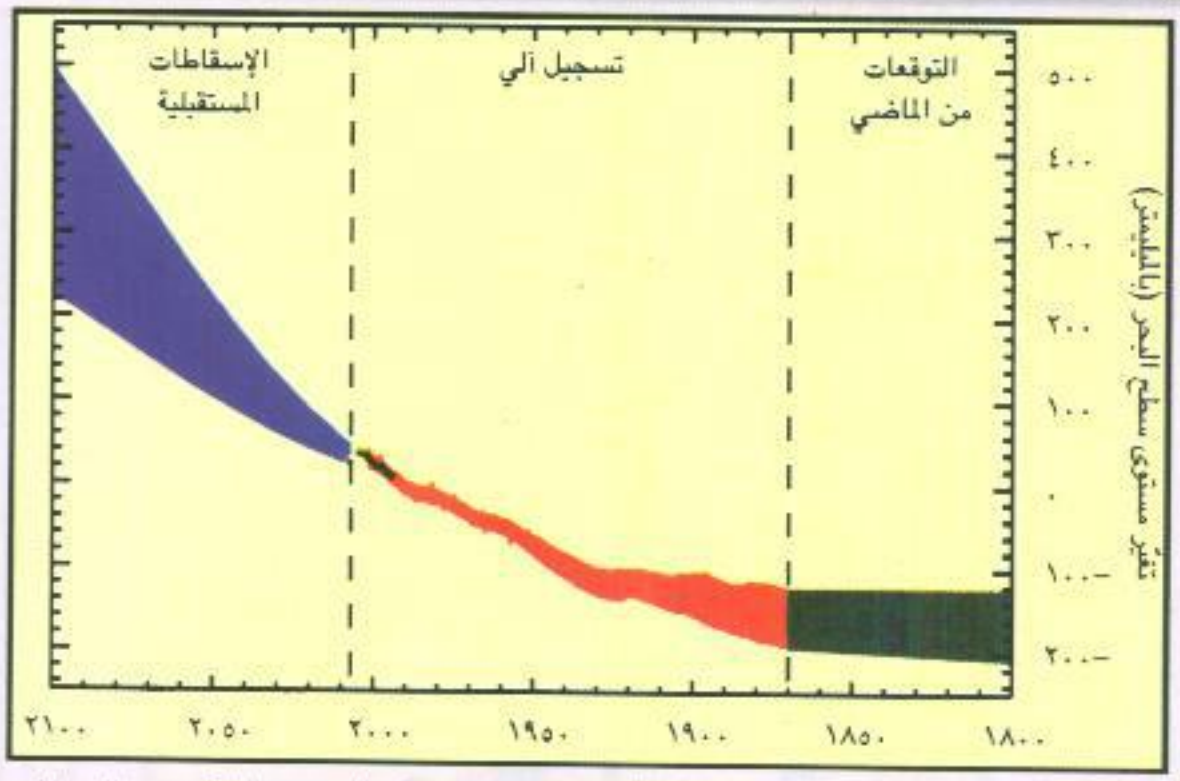
بالإضافة إلى النماذج المناخية تدل معلومات الاقمار الصناعية والمشاهدات الهيدروغليفية على ان الارتفاع فى مستوى البحر لم يحصل بشكل موحد حول العالم ففى بعض المناطق كانت المعدلات أعلى من الارتفاع النسبى العالمى بينما كان مستوى البحر ينخفض فى مناطق أخرى ويتم استنتاج التقلبية المكانية الفعلية لتغير معدلات ارتفاع مستوى البحر من المشاهدات الهيدروغرافية ويتأتى ارتفاع التقلبية المكانية فى معدل مستوى البحر بسبب التغيرات غير الموحدة فى الحرارة والملوحة كما انه يتأثر بدوران المحيط

وتسمح المعلومات شبه العالمية حول حرارة المحيط وقد اصبحت متاحة فى السنوات الاخيرة بقياس التمدد الحرارى بين العامين ١٩٦١ و٢٠٠٣ أدى بالمعدل إلى ربع ارتفاع مستوى البحر الحالى فى حين أدى الذوبان فى الأرض الجليدية إلى أقل من نصف هذا الارتفاع وبالتالى فإن الحجم الفعلى لارتفاع مستوى سطح البحر المشاهد لم يكن يفسر بشكل مرض بواسطة هذه المعلومات كما أشار التقييم التجميعى الثالث للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ.

خلال الأعوام الماضية «١٩٩٣ ـ ٢٠٠٣» التى شهد خلالها نظام المراقبة تحسنا ملحوظا كان التمدد الحرارى وذوبان الجليد القارى يسببان نحو نصف ارتفاع مستوى سطح البحر «كل واحد يقدم النصف» على الرغم من وجود بعض الشكوك فى التقديرات.

خلال الأعوام الأخيرة اشترط التوافق المنطقى بين ارتفاع معدل مستوى البحر وبين كمية التمدد الحرارى وخسارة الجليد القارى وضع حد أعلى لحجم تغير مخزون الماء الأرضى الذى كان بالكاد معروفا. واظهرت النتائج النموذجية عدم وجود توجه واضح فى مخزون الماء على الأرض بسبب تغيرات حركة المناخ كما انها اظهرت وجود عدد كبير من التبدلات العقدية إلى جانب التبدلات بين السنوات فى السنوات الأخيرة بين ١٩٩٣ ـ ٢٠٠٣ ظهر تعارض بسيط بين ارتفاع مستوى سطح البحر وكمية المؤثرات فيه يمكن أن يكون ناتجا عن العمليات البشرية المنشأة غير المحددة (مثل استخراج المياه الجوفية وتجميعها فى خزانات وصرف مياه الأراضى الرطبة وإزالة الغابات).

ومن المتوقع أن يرتفع مستوى سطح البحر العالمى فى القرن الواحد والعشرين بمعدل يفوق معدل الفترة الممتدة بين العامين ١٩٦١ و٢٠٠٣ وبحسب التقرير الخاص حول اصدار السيناريوهات من قبل الهيئة الحكومية الدولية يشير السيناريو أ وب لمنتصف سنة ٢٠٩٠ إلى أن مستوى سطح البحر العالمى سيسجل ارتفاعا من ٠,٢٢ إلى ٠,٤٤ مترا أى بنسبة تفوق مستويات العام ١٩٩٠ وهو بالتالى سيزداد نحو ٤ مليمتر فى السنة وكما فى السابق لن يكون التغيّر فى مستوى البحر



الرسم (٥) سلاسل الوقت المتعلقة بمستوى سطح البحر النسبى العالمى «الانحرافات فى نسبة الأعوام بين ١٩٨٠ و١٩٩٩» الماضى والمتوقع فى المستقبل. المعلومات حول فترة ما قبل ١٨٧٠ غير متوافرة. يدل الظل الأخضر على الشكوك فى التقدير الطويل المدى لتغير مستوى سطح البحر «القسم ٣,٤,٦». يدل الخط الأحمر على إعادة بناء نسبة مستوى البحر العالمى من خلال مقياس المد والجزر «القسم ٥,٥,٢,١». ويدل الظل الأحمر إلى معدل التقلبات من منحنى بسيط. يدل الخط الأخضر إلى نسبة مستوى البحر النسبى العالمى من خلال قمر صناعى لقياس الارتفاعات يمثل الظل الازرق معدل التوقعات النموذجية من سيناريو SRES أ.ب للقرن الواحد والعشرين المتعلق بالأعوام من العام ١٩٨٠ إلى ١٩٩٩، وتم قياسها بعيدا عن المشاهدات ترتبط توقعات فترة ما بعد ٢١٠٠ بإصدارات السيناريو «القسم ١٠، مناقشة حول توقعات ارتفاع مستوى سطح البحر وسيناريوهات أخرى فى التقرير» يمكن أن يرتفع مستوى سطح البحر بضعة امتار على مر العصور والألفيات «القسم ١٠-٧-٤».

موحدا على الصعيد الجغرافى وسيبلغ تغير مستوى البحر الاقليمى نحو ٠,١٥ مترا من نسبة التوقع النموذجى. ومن المتوقع أن يتسبب التمدد الحرارى بأكثر من نصف معدل الارتفاع ولكن سيفقد الجليد القارى كتلته تدريجيا مع تقدم العصر وهناك بعض الشكوك حول ما إذا كان تدفق الجليد من الغلاف الجليدى سيستمر بالتزايد كنتيجة لتدفق الثلج المتسارع. وسيضيف ذلك ارتفاعا آخر على مستوى سطح البحر لكن لا يمكن أن تتم التوقعات التحليلية حول كمية الزيادة بمصداقية نظرا للفهم المحدود للعملية المذكورة.

يشير الرسم الأول إلى التطور فى مستوى سطح البحر النسبى العالمى فى الماضى وتوقع سيناريو SRES أ/ب للقرن الواحد والعشرين.

وتكملة البحث فى العدد القادم حيث نجيب على كل التساؤلات الآتية:

١- ما الذى تسبب بالعصور الجليدية والتغيرات المناخية الهامة الأخرى قبل الثورة الصناعية؟

٢- هل يعتبر تغير المناخ الحالى غير اعتيادى مقارنة بالتغيرات السابقة التى حدثت فى تاريخ الكرة الأرضية؟

٣- هل تعتبر الأنشطة البشرية فى العصر الصناعى مسئولة عن زيادة نسب ثانى اكسيد الكربون وسائر غازات الدفيئة الموجودة فى الغلاف الجوى؟

٤- إلى أى مدى يمكن الاعتماد على النماذج المستخدمة للتنبؤ بتغير المناخ فى المستقبل؟

٥- هل من الممكن تفسير وقوع الأحداث المتطرفة الفردية عن طريق الاحترار الدفيئى؟