



جوانب من أسرار التغيرات المناخية في المجال المتوسطي

الدكتور عزيز الصغير
دكتوراه في الجغرافيا الطبيعية/ المغرب

مقدمة

تغيّر المناخ هو أحد التحديات الرئيسية في عصرنا، ففي السنوات الأخيرة، اختلف مناخ الأرض إلى حد كبير لدرجة أنه أصبحت بعض الدول تعاني من موجات الحر، والبعض الآخر من توالي فصول شتوية قاسية وتساقطات ثلجية غير عادية. فوفقاً لنتائج تقرير التقييم الخامس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) [1] يتبين بشكل واضح أنه من المتوقع أن يستمر مناخ الأرض في التغير خاصة وأن الإسقاطات المستندة إلى جميع سيناريوهات الانبعاث المتعلقة بالغازات الدفيئة تشير إلى إمكانية حدوث زيادة في درجة حرارة الأرض مستقبلاً، ومن المرجح أن يزداد تواتر الموجات الحارة وأن يصبح هطول العواصف الرعدية أكثر شدة وأكثر تواتراً في العديد من المناطق.

1951-1980، وهو معدل جاء خلف الرقم القياسي الذي سجل في عام 2016 ($+0.99^{\circ}\text{C}$). وأشارت أيضاً إلى أن مارس عام 2017 يعدّ الثاني على التوالي الذي يسجل ارتفاعاً في درجة الحرارة في الكرة الأرضية من بين جميع أشهر مارس الماضية منذ 1880 وراء المستويات المتميزة التي تم التوصل إليها في عام 2016 ($+1.28^{\circ}\text{C}$) وعام 2010 ($+0.92^{\circ}\text{C}$) بسبب ظاهرة النينو مقارنة بفصل شتاء عام 2017 الذي تميز بوضعية محايدة في المحيط الهادئ.

فتغير المناخ يرتبط في معظم الأحيان بمخلفات الأنشطة البشرية المتعلقة بالصناعة والاستغلال المكثف للموارد البيئية، فضلاً عن تغيرات ديناميكية في

المنظومات البيئية اليوم، تعكس فعلاً تغير المناخ العالمي الذي من خواصه الحالية ارتفاع في متوسط درجات الحرارة السنوية، وارتفاع مستويات البحر بسبب ذوبان الأنهار الجليدية، والحرائق والعواصف والتصحر والخسائر الاقتصادية وزيادة تواتر الأحداث المتطرفة مثل الأعاصير والفيضانات والجفاف نتيجة اختلاف توزيع الضغوط الجوية وتغييرات فجائية في أنماط هطول الأمطار.

حسب وكالة ناسا [2]، فعام 2017 أُعتبر ثاني أشد الأعوام حرارة منذ حفظ السجلات المتعلقة بحرارة الأرض عام 1880، وأشارت وكالة ناسا إلى أن الشذوذ في درجة الحرارة لعام 2017 وصل ($+0.9^{\circ}\text{C}$) مقارنة بمتوسط فترة



الحضارية والتاريخية، وباعتباره يوفر أيضاً أحد النماذج المجالية الأكثر أهمية لتحليل مختلف الظواهر الجغرافية الإقليمية منها والعالمية.

فخلال العقد الماضي، أُجريت بحوث مستفيضة حول عوامل تغير مناخ هذه المنطقة، ومدى تأثير هذا التغير على جوانب مختلفة من دورة المياه (التساقطات، التبخر، وما إلى ذلك) ومواسم الزراعة في العديد من المناطق الجغرافية بمحاذاة حوض البحر الأبيض المتوسط باعتباره نظام جغرافي مغلق نسبياً، ويقع في بؤرة انتقالية بين العروض الوسطى والعروض المدارية، حيث يظهر التأثير والتأثر واضحاً في ديناميات منتصف العرض فيما يتعلق بالتفاعلات والديناميات المناخية. ومن جانب آخر، فتضاريس هذا المجال جد معقدة تضيف عليه سمة مناخية فريدة تتباين فيها بحدّة تدرجات الحرارة والتساقطات، غير أن نقص المياه يبقى سمة من السمات المميزة لهذه المنطقة ذات الكثافة السكانية العالية، خاصة في واجهتها الجنوبية والشرقية. وإجمالاً، تؤكد هذه البحوث انخفاضاً في نسبة هطول الأمطار وتزايد الحرارة منذ أواسط القرن العشرين، وإن كان ذلك يستثني بعض المناطق شرق البحر الأبيض المتوسط، كتركيا وقبرص. وبموازاة ذلك، فقد أكدت هذه الدراسات أن حلقات الجفاف الشديدة أصبحت أكثر تواتراً واستمراراً في أواخر القرن العشرين وبداية القرن الواحد والعشرين [4]، إذ تعتبر التغيرات الأخيرة في أنماط دوران الغلاف الجوي

الغلاف الجوي للأرض، وعن عمليات تفاعلية في أجزاء أخرى منها، مثل المحيطات والأنهار الجليدية.

عموماً نُقِرَ أن هناك تغيراً مناخياً، وتقلباتٍ طقسيةً غير مألوفة، أجبرت العلماء لأكثر من 100 سنة أن يكافحوا للعثور على الأسباب التي بأي حال من الأحوال قد أثرت على تكوين وتحول مناخ الأرض، الذي يُعتبر اليوم بحاجة لمزيد من الدراسات العلمية وتطوير التجارب الفيزيائية ذات الصلة بأسباب التغيرات المناخية.

واللافت للنظر، أنه بالموازاة مع استمرار هذا الشذوذ المناخي في كوكب كله انسجام وتناسق في وظائفه البيئية؛ فحجم الكوارث الطبيعية هو الآخر قد واکب هذا التحول المناخي في كفه وكيفه سواء تعلق الأمر بالكوارث الناجمة عن الظواهر الجوية المتطرفة أو الجيوبنيوية المعتادة حيث تشير الإحصائيات وفقاً لتقرير مؤسسة «ميونخ ري» الألمانية [3]، أن إجمالي الكوارث التي سجلت في عام 2017 بلغت خسائرها 340 مليار دولار، وأفاد التقرير نفسه أنه ضمن هذه الكوارث سجّلت 149 كارثة طبيعية محصاة سنة 2016 .

1- دراسات استهدفت إعادة فهم تاريخ مناخ المتوسط

لعقود طويلة شكّل المجال المتوسطي مرتعاً خصباً لإجراء شتى الدراسات العلمية والمقاربات الأكاديمية المتنوعة بأبعادها



تكون هي الأكثر جفافاً من السنوات 500 الماضية.

وتؤكد هذه النتائج كذلك على الطابع الاستثنائي لهذا الجفاف، حتى في مقارنته مع التقلبات الطبيعية التي كانت في القرون الأخيرة، وهذا ما يتفق مع الدراسات التي وجدت أدلة على أن جفاف العشرين سنة الماضية كان بواسطة الأنشطة الإنسانية في المنطقة. فوفقاً للتحليل الجديد الذي أعده علماء الإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي (NOAA) وزملاءهم في المعهد التعاوني لبحوث العلوم البيئية في كولورادو، حدثت عشر فترات من الجفاف، (الشكلين 2 و 1) كلها في فصل الشتاء داخل المناطق المحيطة بالبحر الأبيض المتوسط، حيث كانت من بين المناطق الإثنتي عشرة الأكثر جفافاً في العالم [8]. فقد استند هؤلاء العلماء إلى البيانات التي يرجع تاريخها إلى سنة 1902 لتحليل بيانات الأرصاد الجوية المسجلة والنماذج المناخية، محاولين عزل أثر التقلبات المناخية الطبيعية، والنمط الدوري الذي يسمى تذبذب شمال المحيط الأطلسي (NAO). وتوصل الفريق إلى توافق بين الزيادة الملحوظة في حالات الجفاف الشتوي والنماذج التي تشمل الزيادات المعروفة في الغازات الدفيئة.

مسؤولة جزئياً عن انخفاض اتجاه هطول الغيث واستفحال حدة الجفاف (غارسيا-هيريرا وآخرون ، 2007) [5] ، ولا سيما في غرب البحر الأبيض المتوسط (باريدس وآخرون ، 2006 ؛ تريغو وآخرون ، 2006) [6].

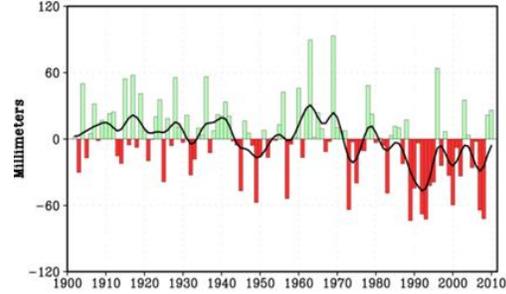
لقد أعاد العلماء بناء تاريخ الجفاف في البحر الأبيض المتوسط، من خلال دراسة حلقات نمو الأشجار في مشروع لتحليل المناخ في المنطقة على وجه الخصوص، من خلال تحليل بيانات من حلقات الأشجار الحية في مختلف أنحاء البحر الأبيض المتوسط من شمال أفريقيا، اليونان، لبنان، الأردن، سوريا إلى تركيا. وتمت مقارنة هذه البيانات مع سجلات حلقات الأشجار الموجودة في إسبانيا وجنوب فرنسا وإيطاليا، لإعادة بناء أنماط الجفاف جغرافياً قياساً إلى معلومات الألفية الماضية [7].

وقد بيّنت هذه الدراسة أن حالات الجفاف تميزت بالتباين بين شرق حوض البحر المتوسط وغربه طيلة الفترة المدروسة (1100-2012) مع ميل إلى الاحترار في الأجزاء الجنوبية للحوض عنه في منطقة البحر الأسود، كما أثبتت هذه الدراسة أن الفترة التي امتدت ما بين 1998 و 2012 كانت من بين الفترات الأكثر شحاً، واستنتج الباحثون أن هناك احتمال بنسبة 89% أن تكون هذه الفترة أكثر جفافاً من أي فترة مقارنة من السنوات 900 الماضية، و 98% كاحتمال أن

الأبيض المتوسط، مخاوف من أن تغير المناخ قد يساهم في اتجاهات تجفيف متفاقمة، ولو أن التغير المناخي في المنطقة ما زال غير مفهوم بشكل جيد. فعلى نحوٍ متزايد، أصبحت حالات الجفاف في الشتاء أكثر تفاقماً داخل منطقة البحر الأبيض المتوسط، وأن حجم هذا التواتر كبير جداً، لا يمكن تفسيره بالتقلبات الطبيعية وحدها، حتى وإن كانت كذلك، فمن غير المرجح أن تعيد المناخ في المنطقة إلى وضعه الطبيعي، خاصة وأن الأنشطة الإنتاجية للإنسان ستجعل الإقحال والجفاف أكثر احتمالاً بنسبة 45%. فوفقاً لما ذكره Martin و Stephanie, C Hoerling، في نشرة الجمعية الأمريكية للأرصاد الجوية: "أن هذه ليست أنباءً مشجعة لمنطقة تعاني بالفعل من نقص المياه، وعلى وجه الخصوص في منطقة جنوب الشام التي سجلت جفافاً لم يسبق له مثيل في الفترة الممتدة من كانون الثاني/يناير إلى شباط /فبراير 2014 في الرصد المسجل، بعد نمذجة الحدث" [9].

وضمن هذا التحليل، فقد تبين أن ارتفاع درجات حرارة سطح البحر، تعتبر السبب الرئيسي في العلاقة بين تغير المناخ والجفاف في منطقة البحر الأبيض المتوسط. وفي العقود الأخيرة، أدى تأثير الاحتباس الحراري الناجم عن الأنشطة الإنسانية إلى زيادة احترار المحيطات الاستوائية والشبه المدارية إلى حد ما، مقارنة مع المناطق المحيطية الأخرى. وهذا النمط المناخي الجديد يعمل كمحرك يشجع الجفاف في جميع أنحاء البحر الأبيض

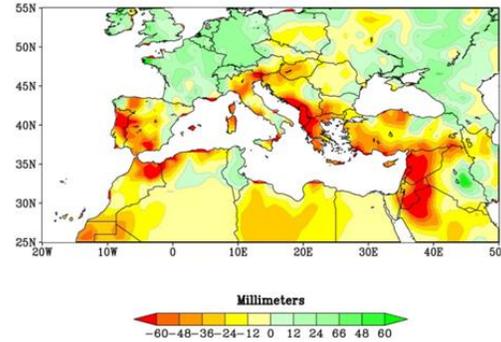
الشكل (1) الاتجاهات في سقوط الأمطار في فصل الشتاء في منطقة البحر الأبيض المتوسط للفترة 2010-1902



المصدر:

[Martin Hoerling, et al](#) On the Increased Frequency of Mediterranean Drought. Journal of Climate, Vol. 25, No. 6 March 2012, P. 2

الشكل (2) خريطة تسلط الصَّوء على الأراضي (في جميع أنحاء البحر الأبيض المتوسط) التي شهدت جفاف الشتاء بشكل ملحوظ خلال 2010-1971 من الفترة المقارنة 2010-1902.



المصدر: نفس المرجع السابق

2- أسباب متداخلة في تواتر هذا الجفاف

على غرار ما تم ذكره سابقاً، فقد أكدت حالات الجفاف التي حدثت مؤخراً في منطقة البحر



كاليفورنيا عام 2015. حرائق الغابات في البرتغال والجزائر عام 2017. عموماً، تشير الدلائل إلى أن التغيرات المناخية الإقليمية ولاسيما المسجلة في درجات الحرارة قد أثرت بالفعل في مجموعة متنوعة من النظم الفيزيائية و الإحيائية في أنحاء عديدة من العالم، وتشمل أمثلة التغيرات المرصودة تقلص الأنهار الجليدية وذوبان التربة الجليدية والتجمد المتأخر للجليد والانحصر المبكر للجليد في الأنهار والبحيرات وزيادة طول موسم النمو في المناطق التي تتراوح بين خطوط العرض الوسطى وخطوط العرض القطبية و نزوح المراعي الحيوانية صوب القطب ونحو المرتفعات [10].

في الآونة الأخيرة بعد بداية ذوبان الجليد انتقلت سمات التأثير والتأثر إلى القطب الشمالي وتركزت آثار تغيرات الجليد البحري على نشاط الدوامة القطبية الاستراتوسفيرية، التي كان لسلوكها آثاراً هامة على الطقوس الجوية للعروض المتوسطة (الشكل 4). فهي تعتبر أي الدوامة القطبية (ستراتوسفيرية، 19. 800 كلم حوالي 65 ألف قدم فوق سطح الأرض، ودوامة قطبية تروبوسفيرية على ارتفاع بين 5.500 و 9.100 كلم أي حوالي 18 ألف إلى 30 ألف قدم)؛ نظام من الرياح العليا التي تدور حول أحد القطبين . تتغير في حركتها تبعاً للمواسم وكذلك الظروف الجوية الخاصة حيث أنها تساعد على تحديد أبرد المناطق على وجه الأرض في نصف الكرة الشمالي، ذلك أنها تتفاعل على نطاق واسع مع التيار النفاث ليصل تأثيرها حتى خطوط

المتوسط، حيث وجد العلماء أن وقت التغيرات في درجة حرارة المحيط يتزامن بشكل وثيق مع الجدول الزمني لتعزيز الجفاف في مناطق البحر المتوسط، وتأتي هذه الصدفة الزمنية لتبين مدى حساسية هذه المنطقة أمام التغيرات المناخية في زمن باتت فيه الزيادات السكانية متواصلة ونسبة الموارد المائية متراجعة.

3- علاقة الدوامة القطبية والتيار النفاث بالتغيرات المناخية

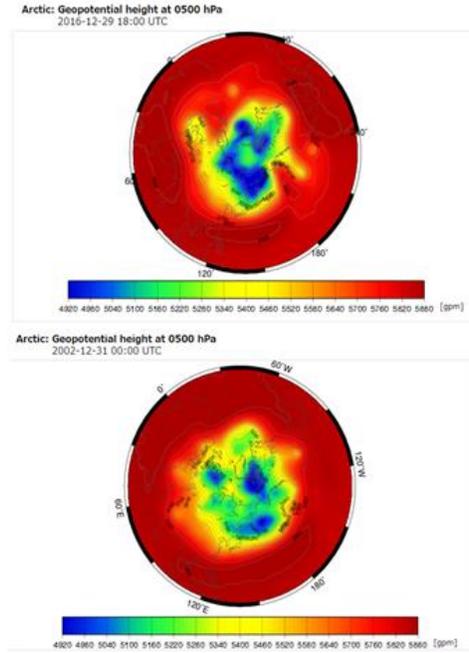
يرتبط جزء كبير في تباين دينامية الغلاف الجوي في نطاق شمال الأطلسي بمسار تحرك التيار النفاث (Jet stream) وبعض العوامل المسؤولة عن تغيراته، كاختلاف الضغوط واختلاف درجات الحرارة بين العروض وميلان محور الأرض والارتباط أيضاً بامتداد وتراجع الدوامة القطبية (Polar vortex)...

ففي الوقت الذي يستمر فيه العالم في الدفء، فقد شهدت كل آليات (ميكانيزمات) الجو - مكانياً وزمانياً- انقلاباً ملحوظاً، ترجمته تغيرات سرعة التيار النفاث ومساراته المألوفة وأنماط الطقس المعهودة، فوفقاً لأحدث التقارير عن المناخ، و التي جاءت على خلفية الأحداث الجوية غير العادية التي أثارت اهتمام الباحثين مثل الفيضانات الباكستانية في عام 2010، وموجة الحرارة الأوروبية عام 2003، وموجات الحرارة التي عرفتها روسيا في السنة نفسها ، موجة تكساس 2011 وأوكلاهوما، الحرارة والجفاف وحرائق الغابات في

العرض الوسطى لترسل رياحاً باردة إلى أجزاء من أوراسيا وأمريكا الشمالية، وخاصة في أواخر الشتاء وأوائل الربيع.

عندما تكون دوامة القطب الشمالي قوية، فإنها تعمل في الواقع على احتواء كتل ريحية باردة في المناطق القطبية، الأمر الذي يساعد على الحفاظ على تيار من الرياح المعروف باسم تيار جيت (Jet stream) على التحرك في جميع أنحاء العالم في مسار دائري غير متعرج. وهذا النمط من التيار يحافظ على الرياح الباردة في الشمال والرياح الدافئة في الجنوب. مما يجعل فصل الشتاء أكثر اعتدالا في شمال أمريكا الشمالية وأوروبا وآسيا. ولكن، عندما ترتفع درجات الحرارة في الستراتوسفير، تكون الدوامة القطبية ضعيفة ويكون نمط الدوران حول القطب غير متناظر على نحو متزايد يتمدد بشكل مُشوّه ويصبح احتمال انزياح الرياح الباردة من القطب الشمالي جنوبا باتجاه خطوط العرض الوسطى أكثر احتمالا، حيث تؤثر الدوامة الضعيفة على مسار التيار النفاث وتتسبب في تمايله جنوبا.

الشكل (3) : وضعيتي الدوامة القطبية التروبوسفيرية على ارتفاع 500 hPa. على اليسار وضعية لنمط حركي مستقر (دوامة ضعيفة). على اليمين وضعية لنمط حركي قوي

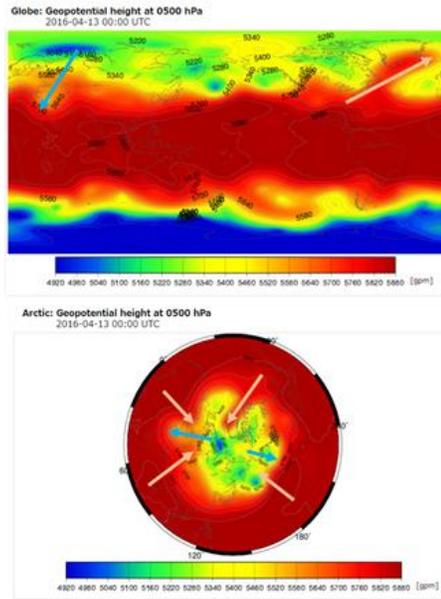


المصدر: <http://earth.nii.ac.jp/atmosphere/GPV/analysis/GSM>

لارتفاع حرارة الستراتوسفير وتزايد الحرارة من خطوط العرض الوسطى حتى العروض الشمالية أثر كبير على مناخ العالم، حيث ينشأ تيار جوي متموج. يغير آليات (ميكانزمات) الحركة الجوية فيعطي جفافا وقحولة في مناطق، مقابل فيضانات وجليد في مناطق أخرى.

لذلك فقد كان للاحترار المناخي وفقدان الجليد في القطب الشمالي أثر على استقرار الدوامة القطبية الستراتوسفيرية على مدى العقود الثلاثة الماضية، حيث لوحظ تغير في ديناميتها فأصبحت تميل إلى الضعف نتيجة اختلاف درجة الحرارة بين القطب الشمالي وخطوط العرض المتوسطة، إذ عادة ما يكون

الشكل (4): دوامة قطبية متموجة، الأسهم الزرقاء تشير إلى رطوبة وتساقطات غزيرة والأسهم الحمراء تشير إلى الجفاف

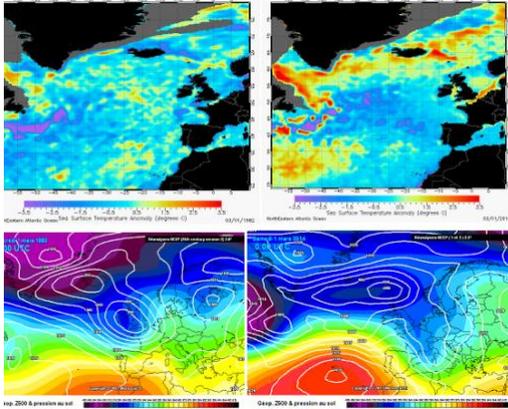


<http://earth.nii.ac.jp/atmosphere/GPV/analysis/GSM/>

الضغط المنخفض الأيسلندي والمرتفع الآصوري. لذلك كانت هذه الوضعية مسؤولة عن فيضانات جنوب شبه الجزيرة العربية (فيضانات السعودية 13 أبريل 2016) بموازاة تدني مستوى التساقطات في مناطق أخرى كشمال غرب إفريقيا.

فهذه الوضعية تشخص نمط الدوران الجوي العالمي في حالة الطقوس الجوية المتطرفة نتيجة التباين الحراري وتغير في مواقع الضغوط المرتفعة وتبادلها مع المنخفضات شمالاً، ما يعطي رياحا من مختلف الاتجاهات نتيجة تجزؤ أحزمة الضغط المنخفض وانزياح الضغوط المرتفعة شمالاً كما هو الحال في

الشكل (5): مقارنة شذوذ درجة حرارة سطح المحيط بين 1982 و2014



المصدر: <http://oceanmotion.org/html/resources/ssedv.htm>
(<http://www.meteociel.com>)

وحتى يتم تشخيص الوضع أكثر فتتبع مسار التحولات الزمانية والمجالية للتيار النفث والدوامة لقطبية يتم بالاعتماد في أغلب الأحيان على بعض النماذج المناخية كتذبذب شمال الأطلسي (NAO) ونمط شرق المحيط الأطلسي (EA) لاقتفاء مجريات تحول الضغوط وإيقاع حرارة المحيطات والتغيرات المناخية السنوية.

5- تشخيص التغيرات المناخية ببعض النماذج

ترتبط أنظمة التساقطات والرطوبة بتغيرات في العواصف التي تتحكم فيها أنماط تداول واسعة النطاق مثل تذبذب شمال الأطلسي (North Atlantic Oscillation) NAO الذي تم اعتباره منذ 60 سنة مضت واحداً من أهم العوامل المسببة للتقلبات الجوية في شمال الكرة الأرضية [11] بكونه تذبذباً كبيراً

4- تغيّر في إيقاع حرارة المحيطات والتغيرات المناخية السنوية

في السياق ذاته، فالاحترار الأرضي أدى إلى استقرار ميزانية حرارية وطاقية جديدة مغايرة للوضع السابق الذي كان معهوداً من قبل، وهذه الميزانية الحرارية الجديدة أدت إلى رفع حرارة الغلاف الجوي والمحيطات والبحار على اعتبار أن حرارة الأرض هي نتيجة تفاعل هذين الوسطين بفعل تداول الحرارة أفقياً وعمودياً، وعلى هذا الأساس فتزايد حرارة المحيطات وتراكمها أدى إلى تغير في الدورة الهوائية على قاعدة أن الأرض عندما تدور تحرك معها الغلاف الجوي بقوانين فيزيائية مضبوطة.

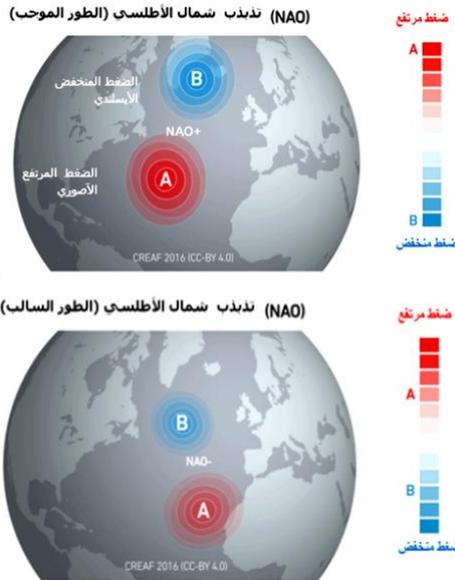
فحرارة المحيط الجديدة أدت إلى وصول المياه الدافئة شمالاً حتى المناطق الشمالية بالقرب من القطب (أنظر الشكل)، ذلك أن اختلاطها مع المياه الباردة يؤدي إلى استنزاف طاقة المياه السطحية الدافئة، الأمر الذي يترتب عليه فسح المجال أمام تكون مرتفعات وتحويل مسار العواصف والرياح تبعاً لعملية نزول وتصاعد التيارات الهوائية لتعويض الفوارق بين الضغوط في أطراف المنخفضات، وهنا تهب الرياح سطحياً من المرتفعات السطحية باتجاه المنخفضات السطحية لتكتمل الدينامية الجوية، وهذه الأخيرة تنعكس في اندفاع الضغوط المرتفعة الشبه مدارية نحو الشمال ما ترتب عليه تغيّر موازٍ في حركة الدورة الجوية.



شمال أوروبا وأكثر اعتدالا وأكثر رطوبة جنوبها بسبب الرياح القادمة من المحيط، بينما يسود استقرار جوي وجفاف في خطوط العرض المتوسطة عند منطقة البحر الأبيض المتوسط.

وفي **الوضعية السالبة**: يكون نظام الضغط القطبي المنخفض (المعروف أيضا باسم الدوامة القطبية) على القطب الشمالي ضعيفاً، حيث تصادف الوضعية ارتفاع الضغط الجوي فوق القطب الشمالي وتحرك نظام الضغط المنخفض فوق جزر الآصور مما يفسح المجال أمام نزول وتحرك كتل ريحية باردة جنوباً، الشيء الذي ينتج عنه حالات من عدم الاستقرار واشتداد التساقطات على خطوط العرض المتوسطة.

الشكل (6) وضيعتي تذبذب شمال الأطلسي



المصدر:

يتم على نطاق واسع في كتلة الغلاف الجوي بشكل شبه دوري، تتباين فيه شدة مركزي الضغطين الدائمين؛ الضغط الجوي المرتفع (الدينامي فوق الآصور) (الضغط المرتفع الآصوري) والضغط الجوي المنخفض الحراري بين جريلاندا وآيسلندا، (الضغط المنخفض الايسلاندي)، وقد سمي بتذبذب المناخ تعبيراً عن انتقال تيارات الرياح من مركزي ضغطين متباينين بشكل شبه دوري بين شمال المحيط الأطلسي والقطب الشمالي، أي بين المناطق شبه الاستوائية ذات الضغط المرتفع، والمناطق شبه القطبية ذات الضغط المنخفض، مما يعتبر مصدراً مهماً لتحولات مناخية واسعة النطاق للدورة الجوية في شمال المحيط الأطلسي وغرب أوروبا وأحياناً يمتد هذا التأثير بعيداً حتى شمال أمريكا وكندا وشمال أفريقيا، وهذا ما يؤثر في نهاية المطاف على درجات الحرارة والتغيرات في هطول التساقطات ومسارات العواصف في هذه المجالات. فهذا المقياس النموذجي في تغيرات الضغط في شمال المحيط الأطلسي يميز بين وضعيتين مختلفتين وفقاً لهذا المؤشر:

الوضعية الموجبة: تحدث بسبب انكماش التيار النفاث شمالاً وانحسار الضغط المنخفض على القطب الشمالي خلال فصل الشتاء، وهنا تكون القيم فوق الصفر حيث يكون الضغط أعلى من المتوسط في لشبونة، وأقل من المتوسط في آيسلندا. هذا الفارق بين الضغطين يكتف الرياح الغربية بين 50 و 60 درجة شمالاً. فتكون العواصف أكثر عدداً



وتشكل التغيرات التي تطرأ على (NAO) عاملاً آخر يمكن أن يساهم في تغير تدفق ثاني أكسيد الكربون في مجالات مختلفة من الأرض بسب سرعة الرياح، حيث تتميز الظروف المحايدة أو السلبية ل (NAO) بانخفاض سرعة الرياح في المجالات تحت القطبية، وخاصة في شمال شرق المحيط الأطلسي. وبالتالي فإن ظروف سرعة الرياح تلك ستساعد على خفض امتصاص ثاني أكسيد الكربون خلال ظروف (NAO) المحايدة أو السلبية ويكون هذا التدفق أقوى في غرب المناطق الشبه قطبية استجابة لاختلاف حرارة المحيط في النصف الشمالي للأرض.

6- علاقة تذبذب شمال الأطلسي بحرارة المحيط الأطلسي

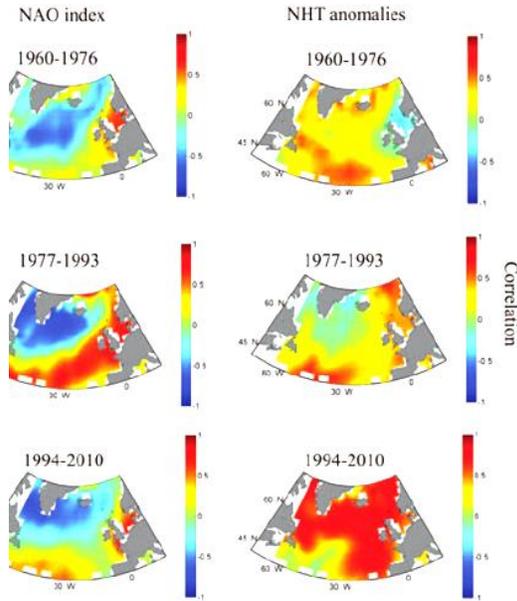
على مدى عقود ماضية، شهدت حرارة مياه المحيطات والبحار دفناً متزايداً، وهذه الزيادة في درجة الحرارة كانت في الغالب تعقب عن كثب التغيير في مؤشر (NAO) والتيارات المحيطية كتيار الخليج (Gulf stream)، ضمن علاقة سببية بين درجات حرارة سطح المحيط و(NAO) على امتداد تيار الخليج. وتشير مجموعة من النتائج إلى أن درجات حرارة سطح المحيط عبر إيقاع تيار الخليج لها تأثير هام في بدء الاضطرابات في دورة التيار النفاث في الغلاف الجوي خلال فصل الشتاء شمال الأطلنطي.

Fernández-Martínez, M., Vicca, S., Janssens, I.A., Espelta, J.M., The North Atlantic Oscillation synchronises fruit Peñuelas, J. (2016) production in western European forests. (2016) *Ecography*. DOI: 10.1111/ecog.02296

وفي هذا السياق وارتباطاً بالتغيرات المناخية والجفاف في حوض البحر الأبيض المتوسط، فقد أثبتت العديد من الدراسات أن تذبذب شمال الأطلسي (NAO) يسيطر على مسار العواصف على طول منطقة شمال الأطلسي، حيث أدى ارتفاع وتيرة مرحلة ناو (NAO+) الإيجابية خلال تسعينات القرن العشرين إلى زيادة استقرار الضغوط المرتفعة في جنوب ووسط أوروبا، وطقوس شتوية معتدلة في شمالها [12]. وفي شبه الجزيرة الأيبيرية، وجد (Carnicer, J) وآخرون زيادة في تدهور الحالة البيولوجية للأشجار خلال فترة الجفاف (1990-1995) التي تزامنت مع استمرار وجود ناو إيجابي [13].

لقد شهدت درجات الحرارة ودورة المياه والدينامية المناخية لشمال المحيط الأطلسي تغيرات كبيرة خلال العقود الأخيرة بسبب التأثير البشري والتغير التدريجي للمناخ، ما نتج عنه مياه سطحية أكثر دفئاً وأكثر ملوحة في خطوط العرض السفلى ومياها سطحية عذبة في خطوط العرض العليا [14]، استجابة للتغيرات في تذبذب شمال الأطلسي (NAO)، وهو الوضع الذي أصبح مهيمناً على حوض البحر المتوسط طيلة العشر سنوات الأخيرة التي وافقت المراحل الإيجابية من (NAO)، إذ استمر انخفاض الضغط في "إيسلندا" وارتفاعه في جزر الأصور [15].

الشكل (7) : الارتباط بين مؤشر حرارة سطح المحيط السنوي ومؤشر (NAO) شتاءا (على اليسار) و الشذوذ في متوسط حرارة النصف الشمالي للأرض (NHT) (على اليمين) لمدة ثلاث فترات، 1960 - 1976، 1977- 1993، و 1994 - 2010



المصدر

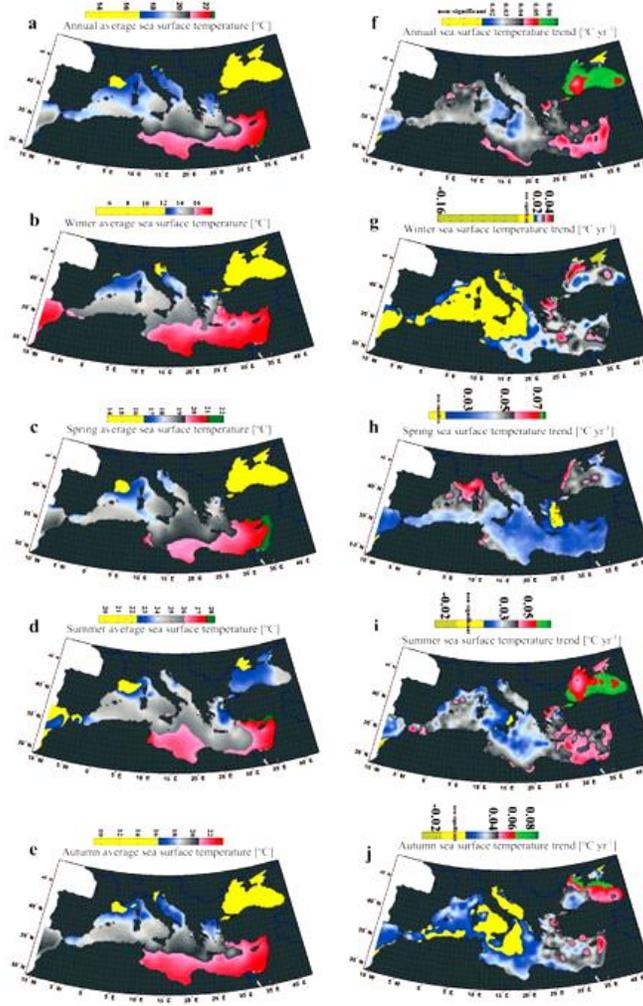
2012 between Relationships Reid·Philip Gregory Beaugrand
North Atlantic salmon, plankton, and hydroclimatic change
ICES Journal of Marine Science · in the Northeast Atlantic
DOI: 10.1093/icesjms/fss153 October 2012

لذلك، فهذه الدينامية المناخية بين المحيط والغلاف الجوي في المناطق الشبه مدارية وشمال الأطلنطي، تؤثر على التوزيع الكبير للغطاء السحابي والرطوبة فوق أوروبا وشمال إفريقيا والشرق الأوسط، وهذا الأمر يتفق مع اختلاف وتدرج حرارة سطح البحر المتوسط موسمياً.

فخلال المرحلة الموجبة ل (NAO) يتزايد دفء المحيط في الساحل الشرقي للولايات المتحدة الأمريكية والساحل الغربي لأوروبا بينما تكون مياه المحيط باردة عند العروض العليا، آنذاك ينقل تيار الخليج (Gulf stream) الشذوذ في درجة الحرارة نحو أوروبا ويساعد على اعتدال درجات الحرارة في أيسلندا ونيويورك. والعكس تماما في المرحلة السالبة.

لقد ظلت الأنماط المكانية للارتباطات بين مؤشر حرارة سطح المحيط السنوي ومؤشر (NAO) الشتوي متشابهة خلال الفترات الثلاث 1960 - 1976، 1977 - 1993، و 1994 - 2010 ذات الطول المتساوي المختارة (أنظر الشكل 7)، رغم أن العلاقات كانت أقوى وأكثر وضوحاً خلال الفترة 1977-1993 عندما كان مؤشر (NAO) في مرحلة إيجابية مستمرة، وعلى النقيض من ذلك، لم يكن النمط المكاني للارتباطات بين حرارة سطح المحيط ومتوسط حرارة النصف الشمالي للأرض السنوية ثابتاً. وقد تعززت الترابطات بشكل كبير في الفترة الأخيرة، مما يعكس على الأرجح الانتشار الشمالي لظاهرة الاحترار العالمي في المناطق التي تأثرت عادة بشكل طبيعي بالمصادر الطبيعية للتغير الهيدرولوجي، مثل (NAO) [16]

الشكل (8) : التوزيع المكاني الموسمي لدرجات الحرارة في مناطق البحر الأبيض المتوسط في الفترة ما بين 1982-2012 اللون الأخضر في اللوحة اليمنى يشير إلى مناطق أكثر دفئًا (اتجاه الاحترار القوي) ، في حين أن اللون الأصفر يمثل مناطق أكثر برودة. وتحسب المناطق الأكثر برودة / أكثر دفئًا على أساس الانحرافات المعيارية



المصدر:

[MohamedShaltout](#) ,[Anders Omstedt](#) 2014 Recent sea surface temperature trends and future scenarios for the Mediterranean Sea [Oceanologia](#) Volume 56, Issue 3, June 2014, Pages 411-443



"فيندافال" الغربية Westerly Vendaval التي تكون أكثر شيوعاً في فصل الشتاء. [17]

وتزداد حرارة سطح البحر في حوض "البوران" من الشمال الشرقي (حيث النطاق الحراري 15 درجة مئوية) إلى الجنوب الغربي لتصبح درجة الحرارة (16 درجة مئوية) في فصل الشتاء، ويرجع ذلك جزئياً إلى رياح "فيندافال". في فصل الخريف، تستقر حرارة سطح البحر في نطاق 16-16.4 درجة مئوية ويشمل هذا المعدل حوالي 65% من حوض "البوران"، حيث تزداد الحرارة من الشمال إلى الجنوب من الغرب إلى الشرق. [18]

هذا، وللإشارة أن ذبذبات أخرى تؤثر أيضاً على مناخ العروض الوسطى والعلية للأطلنطي والمتوسط، وخاصة نمط شرق المحيط الأطلسي East Atlantic (EA) الذي يشبه أيضاً (NAO) في ديناميته، وإن كان نزوحه غالباً في اتجاه الجنوب، إضافة إلى نمط تذبذب الدائرة القطبية الشمالية (AO) Arctic oscillation الذي يعتبر المحفز الأكبر لتمدد الهالة القطبية وانكماشها إذ المؤشر السالب يوافق تمدد الهالة جنوباً حتى حوض المتوسط وشمال إفريقيا، والمؤشر الموجب يوافق انكماش وتراجع في حركة الرياح الباردة شمالاً.

مع ذلك، فإن الدور الذي تلعبه التفاعلات الجوية البحرية في ديناميات (NAO) لازالت غير مفهومة تماماً، ويُعتقد عموماً أن دينامية الغلاف الجوي، تهيمن على التفاعلات الحرارية البحرية الجوية في شمال الأطلسي

عند ملاحظة الخرائط، يتبين أن مستوى حرارة سطح البحر يزداد في منطقة الشرق الأوسط من الشمال الغربي إلى الجنوب الشرقي في الخريف والشتاء، ويزداد بشكل متكرر من الغرب إلى الشرق في الربيع، وفي فصل الصيف، تزيد درجة حرارة سطح البحر في المناطق الشمالية والجنوبية من الشرق إلى الغرب. وتزداد درجة حرارة سطح البحر في المجال الأوسط عند الحوض الجزائري من الشمال (حيث النطاق الحراري 14 درجة مئوية) إلى الجنوب لتصبح (16 درجة مئوية) في فصل الشتاء.

في موسمي الربيع والصيف، حوالي (80% ، 70%) من الحوض عند النطاق الحراري 18-18.4 درجة مئوية بلغت فيها درجة الحرارة (24.5-24.9 درجة مئوية) في موسم الخريف، حوالي (50% ، 40%) من الحوض الجزائري عند نطاق 19.5-19.9 درجة مئوية بلغت فيها درجة الحرارة (18.6-19 درجة مئوية).

إلى الجهة الغربية، يتأثر حوض "البوران" (المنطقة الغربية من البحر الأبيض المتوسط بين إسبانيا والمغرب والجزائر) بشكل كبير بالتبادل الحراري مع مياه المحيط الأطلسي العذبة عبر مضيق جبل طارق، و في نفس الوقت تؤثر أنظمة الرياح فوق هذا المجال على تقلب حرارة سطح البحر وخاصة الرياح الشرقية الدافئة "ليفانتي" Levant التي تكون أكثر شيوعاً في الصيف، و الرياح الباردة



منذ وقت طويل، وظل مناخ الأرض أكثر دفئًا لحوالي 12 ألفًا من السنين، وهذا أمر مؤكد، حيث توجد اليوم في كثير من المناطق آثاراً للبقع الجليدية وبالتحديد في أوروبا الوسطى. لقد استخرج الباحثون بيانات مناخية من الجليد على مدى 150 ألف عامًا الماضية حيث تبين أن المناخ في أقصى الشمال كان دائمًا قاسيًا وغير منتظم حتى قبل 12 ألف عام. كما تظهر البيانات المناخية لغرينلاند صعودًا وهبوطًا عنيفًا في مناخها المحلي.

لذلك، فلفهم التغيرات المحتملة اليوم في مناخنا، يجب إعادة بناء تواريخ المناخ منذ العصور الجيولوجية الغابرة ومعرفة أهم أسباب التغيرات في كل فترة حتى يتم فك لغز الاحترار العالمي، وفك شفرة ما إذا كنا على عتبة فترة جليدية جديدة خاصة وأن العديد من التوجهات العلمية اليوم تؤكد أننا نعيش مرحلة انتقالية بين فترة جليدية قديمة وأخرى بدايتها بدأت في بداية الألفية الثالثة غير أنها مؤجلة بظاهرة الاحترار العالمي الذي نعيشه اليوم.

البريد الإلكتروني للكاتب:

seghiraziz@gmail.com

من خلال حركة الرياح مع الطبقة العليا من المحيط الأطلنطي الذي يتمتع بقدرة كبيرة في الاحتفاظ بالحرارة أشهرًا عديدة ترغم الغلاف الجوي على تحمل بخار الماء والحرارة والرطوبة وإعادة توزيعهما. [19]

خاتمة

على العموم، إن هذه المقاربة العلمية تُلمّح إلى أن تغير المناخ أصبح من مميزات الوقت الحاضر وبالخصوص في المجال المتوسطي الذي أصبح من أهم سماته، تغيرات واضحة في درجات الحرارة و في متوسطات هطول التساقطات والتبخّر، مما جعل هذا المجال اليوم أكثر حساسية للتغيرات المناخية وطرح مشاكل سكانية وبيئية أصبحت تنذر بمستقبل غامض فيما يتعلق بالموارد المائية وطبيعة الأنشطة البشرية التي بدأت ملامحها تتغير وفق قاعدة التكيف مع هذا انسق المناخ الجديد.

ما يسمى بالاحتباس الحراري العالمي ما زال أحد المواضيع المشتركة للنقاش في عصرنا. اليوم تتنبأ حسابات النماذج الحالية بالاحترار من 1.5 درجة مئوية إلى 4 درجات مئوية حتى عام 2100، هذا التنبؤ هو السبب وراء المؤتمرات المناخية العالمية، والعديد من برامج الأبحاث والتقارير الإعلامية المتكررة التي تصدم العالم بسيناريوهات رعب جديدة. لكن من وجهة نظر أخرى فالنظام المناخي شديد التعقيد ويتأثر بالعديد من المكونات المتداخلة فقد ظل الاحترار العالمي موجودًا



المراجع

- (1) Changements Climatiques 2014 : Atténuation du Changement Climatique ;5eme Rapport IPCC
- (2) Johan Lorck, (2017) : Température mondiale : pile entre 2016 et 2015 le14 juillet, 2017
- (3) Munich RE. Natural disasters in 2017 ; Rapport 2017
- (4) Garcia-Herrera, R., Hernandez, E., Barriopedro, D., Paredes, D., Trigo, R. M., Franco Trigo, I. and Mendes, M. A. (2007): The outstanding 2004/05 drought in the Iberian peninsula: associated atmospheric circulation, J. Hydrometeorol., 8, 483–498, doi:10.1175/JHM578.1.
- (5) Garcia-Herrera, R., Hernandez, E., Barriopedro, D., Paredes, D., Trigo, R. M., Franco Trigo, I. and Mendes, M. A. (2007): The outstanding 2004/05 drought in the Iberian peninsula: associated atmospheric circulation, J. Hydrometeorol., 8, 483–498, doi:10.1175/JHM578.1.
- (6) Paredes, D., Trigo, R.M., García-Herrera, R., Trigo, I.F., 2006. Understanding precipitation changes in Iberia in early spring: weather typing and storm-tracking approaches. Journal of Hydrometeorology 7, P 101-113
- (7) Benjamin I. Cook et al. Spatiotemporal drought variability in the Mediterranean over the last 900 years Journal of Geophysical Research: Atmospheres Volume 121, Issue 5, 16 March , 2016 P 2060–2074 doi: 10.1002/2015JD023929
- (8) [Martin Hoerling](#), et al On the Increased Frequency of Mediterranean Drought. Journal of Climate, Vol. 25, No. 6 March 2012 , P .1
- (9) Stephanie, C et al Explaining Extreme Events of 2014 from a Climate Perspective Bulletin of the American Meteorological Society December 2015, Vol. 96. P, 69
- (10) Alpert P et al Semi-objective classification for daily synoptic systems: application to the Eastern Mediterranean climate change. Int. Journal Climatol. 24:1001 1011, (2004) doi:10.1002/joc.1036
- (11) Walker GT (1924) Correlations in seasonal variations of weather. IX Mem Ind Meteorol Dept 24:275–332

- (12) Hurrell, J.W., Kushnir, Y., Ottersen, G., Visbeck, M., 2003. The North Atlantic Oscillation: Climate Significance and Environmental Impact, p. 279
- (13) Carnicer, J. *et al.* Widespread crown condition decline, food web disruption, and amplified tree mortality with increased climate change-type drought. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **108**, 1474–1478 (2011).
- (14) Fung, I., S. C. Doney, K. Lindsay, and J. John (2005), Evolution of carbon sinks in a changing climate, *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, 102, 11,201–11,206, doi:[10.1073/pnas.0504949102](https://doi.org/10.1073/pnas.0504949102)
- (15) Helmuth Thomas, A. E. Friederike Prowe *et ell* Changes in the North Atlantic Oscillation influence CO2 uptake in the North Atlantic over the past 2 decades December 2008 doi: 10.1029/2007GB003167
- (16) Gregory Beaugrand Philip Reid Relationships 2012 between North Atlantic salmon, plankton, and hydroclimatic change in the Northeast Atlantic ICES Journal of Marine Science October 2012 DOI: 10.1093/icesjms/fss153
- (17) Anonymous 1988 Naval environmental prediction research facility Tech. Rep. (U.S). Univ. California (1988), p. 67
- (18) P. Poulain, M. Menna, E. Mauri Surface geostrophic circulation of the Mediterranean Sea derived from drifter and satellite altimeter data *J. Phys. Oceanogr.*, 42 (6) (2012), pp. 973-990
- (19) Frankignoul, C., 1985: Sea surface temperature anomalies, planetary waves and air-sea feedback in the middle latitudes. *Rev. Geophys*, 23, 357–390..