آليات الدورة الهوائية الطولية وعلاقتها بالتساقطات المطرية القصوى في شمال المغرب

MERIDIAN ATMOSPHERIC CIRCULATION (MAC) AND EXTREME RAINFALL IN NORTHERN MOROCCO

أ.عصام بوعيش، مختبر التحولات البيئية وإعداد التراب، جامعة الحسن الثاني بالدار البيضاء-المغرب

د. محمد سعيد قروق، مختبر التحولات البيئية وإعداد التراب، جامعة الحسن الثاني بالدار البيضاء-المغرب

ملخص: يتأثر مناخ المغرب خلال العقود الأخيرة بدورة هوائية طولانية، التي تتجسد بالقسم الشمالي من الكرة الأرضية، فبحكم موقعة الجيو-مناخي بين نطاقين مناخين مختلفين من حيت الخصائص الجوية، ووجوده ضمن عروض الآلة المناخية المضطربة، التي تؤثر بشكل واضح على مختلف أنماط الحياة الاقتصادية داخل البلاد. فمن الشمال نجد هبوب تيارات وكتل هوائية رطبة، محملة باضطرابات جوية عادة ما تكون عميقة على مستوي الوسط (وصول الضغط إلى مستويات قياسية (989hPa)، في مقابل صعود كتل هوائية جافة وحارة من الجنوب، وهيمنة المرتفع الأصوري، الذي يتخذ من عروض المحيط الأطلنطي مجالا خصبا لنشوئه (مرتفع جوي دائم وديناميي) ـ فالقيم المطرية القصوى بشمال المغرب، مرتبطة بشكل وثيق مع أنماط الحركات الجوية الطولية خاصة، التي تضع مجال الدراسة، تحت رحمة الأودية الباردة /الرطبة/العميقة، والأعراف الجافة/الحارة. الهدف من هذه الدراسة، يتمثل أساسا في تحليل القيم المطرية القصوى بشمال المغرب، عبر توظيف آلية إحصائية، ومنهجية ديناميكية لعشر محطات رصدية شمولية، ولفترة زمنية تبدأ من 2010 وتنتهي عند حدود سنة 2017.

الكلمات المفتاحية: الدورة الهوائية الطولية، القيم المطرية القصوى، شمال المغرب

Abstract: During the last decades, Morocco is under the influence of a new predominant Meridian hemispheric Atmospheric Circulation (MAC). And according to its position in geo-climate between two systems climate more different in terms of the atmospheric conditions of a part, and its presence in the climate machine disrupted, which affect the normal state of the hydrological systems in our country. In the north, of cold valleys and disturbed, on the entire region of the North Africa and Western Europe. And South toward the poles by ridges warm and stable. Then the main objective of our work and attempts to explain the extreme precipitation in the northern Morocco. In the present work, we propose a double statistical methodology and dynamic and other interactive, has, for the period from 2010 to 2017.

Keywords: Meridian Atmospheric Circulation, Extreme Precipitation, Northern Morocco.

مقدمة:

عرف علم المناخ تطورا ملموسا خلال العشرية الأخيرة، خاصة بإدماج التكنولوجيات الحديثة في عملية التنبؤات المستقبلية لعناصر التساقط المطري والحرارة. فقد ركزت جغرافية الطقس والمناخ على دراسة العناصر والظواهر التي تحدث في الغلاف الجوي وطبيعة العلاقة القائمة بينهما، فضلاً عن التأثير المتبادل الذي تعكسه على خصائص وعناصر البيئة بشكل عام والإنسان بشكل خاص، وهذا ما دفع الإنسان إلى دراسة تلك العناصر والظواهر فيها، بحيث أصبح الفصل بينهما أمرا في غايةً من الصعوبة، إذ أنهما يرتبطان في العناصر أولا، والمكان والزمان ثانياً، إلا أن التوسع والتقدم في دراستهما أعطاهما سمة الاستقلال في التخصص والتأثير ومجال البحث.

خاصية التراكم الحراري داخل الأوساط البحرية والمحيطات، أضحت من السمات الأساسية لتحريك عجلة البحث المناخي، خاصة مع بداية سنة 2005. فظاهرة استمرار تنقل الكتل الهوائية الحارة والجافة بشكل عمودي نحو شمال الكرة الأرضية، في مقابل نزوح فوري لكتل هوائية باردة محملة بالتساقطات المطرية على المنخفضات، والثلوج على المرتفعات، من المواضيع المهمة التي دفعت الباحثين والدارسين للاشتغال على مثل هكذا مواضيع، التي تمتاز بالدينامية، وتأثيرها على جل المناطق الواقعة، في مناطق شمال الكرة الأرضية، فالعناصر المناخية لم تعد تتطور وفق النظام المعتاد (الدورة الهوائية، التساقطات المطرية، الحرارة، الظواهر الفصلية...)، بل أصبحت تعرف مسار جديدا يتأطر تحت نظام الدورة الهوائية الطولية.

في إطار الدورة الهوائية الطولانية، وعلاقتها بشمال المغرب (الذي يمثل 75%من مجموع التراب الوطني المغربي)، حيث يوجد ضمن نطاق مناخ انتقالي غير مستقر، فيخضع للنظام المناخي الجاف والحار من الجهة الجنوبية، فهو يكون تحت سيطرة الكتل الهوائية الاستوائية والمدارية، كما يتميز عموما بارتفاع درجة الحرارة طيلة السنة، وتشمل التيارات الهوائية للمناطق الواقعة بين نطاقي الضغط المرتفع فيما وراء المدارين، ونطاق الضغط المنخفض الاستوائي، ونطاق هبوب الرياح التجارية. لكن شمالا، يتلقى شمال المغرب كتل هوائية باردة ومحملة بالرطوبة دو أصل قطبي، فهذا الوضع يجعل مجال الدراسة يعيش نوع من اللا استقرار الجوي. فالعناصر الجوية المتحكمة في الأحداث المناخية الكبرى (ENSO: ظاهرة النينو أو التذبذب الجنوبي)، خاصة بهذه المنطقة مثل "النينيو" (El Nino)، التي تتميز بخصائص جوية مهمة وموجبة من الذبذبة الشمالية الأطلنطية (ONA)، غير أن استقرار الجفاف يكون (العجز المطري) نتيجة هيمنة الدورة الهوائية العرضية (CAZ) خلال فصل البرودة الفلكية (الشتاء). في مقابل ذلك نجد "النينيا" (El Nina) التي تتميز بالمؤشر السلبي للذبذبة الشمالية الأطلنتية والدورة الهوائية الطولية، مع تزامن وفرة التساقطات المطرية والثلجية داخل شمال المغرب (Bouaicha R, 2010, p12-13).

انطلاقا من الخصائص الهندسية (أعراف حارة وأودية باردة: الشكل رقم 5) للدورة الهوائية الطولية، فالمغرب يتأثر بهذه الوضعية بشكل عام، وخاصة منها المجاري المائية الكبرى التي تعد السند الأساسي للتنمية الاقتصادية في البلاد.

I.قاعدة البيانات ومنهجية الدراسة:

1.1 مصدر المعطيات:

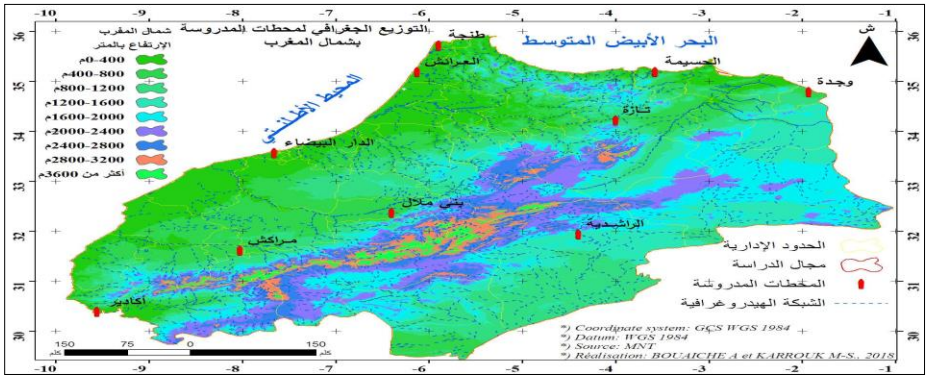
المعطيات المستخدمة في هذا العمل، تم تحصيلها انطلاقا من شبكات الرصد المناخي بالمغرب، وعلى رأسها المديرية الوطنية للأرصاد الجوية، وباقي المصالح الإدارية المتدخلة في عملية تسجيل المعطيات المناخية، بمختلف أنواعها (الحرارة، الرطوبة، مدة التشميس والتساقطات

المطرية...)، بما فيها وكالات الأحواض المائية، ومصالح المياه والغابات، والمندوبيات الإقليمية لوزارة الفلاحة، التابعة أساسا إلى منطقة الدراسة (وكالة الحوض المائي لسبو، أبو رقراق، اللكوس)، إضافة إلى المعطيات المتعلقة بدينامية الغلاف الجوي والتي تم استخلاصها عبر مواقع متخصصة أهمها.(www.wettrzentrale.de , www.wetter3.de) فالهذف من هذه المعطيات الجوية، يكمن أساسا في رصد دينامية الغلاف الجوي، و شكله الطولي في القسم الشمالي من الكرة الأرضية. و مدي تأثيره على البيئة و الإنسان بالمغرب الشمالي. فالإحصائيات المدرجة في هذا المقال، شملت التساقطات المطرية القصوى، منها الشهرية واليومية لعشرة محطات (10)، موزعة بشكل منتظم داخل المجال الترابي لمنطقة الدراسة (الجدول رقم 1)، منها محطات شمولية وأخري مطرية (الخريطة رقم 1)، ولفترة زمنية ممتدة من 2010 إلى غاية 2017.

الجدول رقم 1: المحطات المدروسة وأهم خصائصها الجغرافية

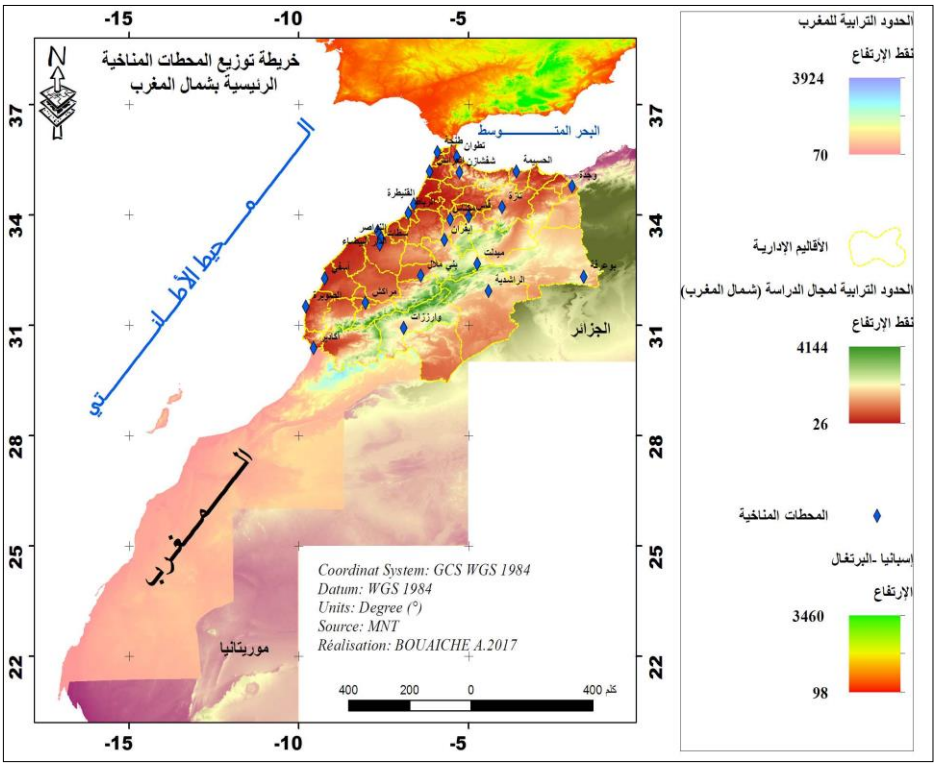
المحطة	نوعها	فترة الرصد	المجال المناخي	X	Y	Z
طنجة	شمولية	2010-2017	شبه الجزيرة الطنجية	35.71	-5.9	21
العرائش	شمولية	2010-2017		35.18	-6.13	47
تازة	شمولية	2010-2017	محطات الجبلية	34.11	-4	510
الحسيمة	شمولية	2010-2017		35.18	-3.58	50
البيضاء	شمولية	2010-2017	المناطق الأطلنتية	33.56	-7.66	62
مراكش	شمولية	2010-2017		31.61	-8.03	466
بني ملال	شمولية	2010-2017		32.36	-4.6	468
وجدة	شمولية	2010-2017	المنطقة الشرقية	34.78	-1.93	470
أكادير	شمولية	2010-2017	الجنوبية والجنوبية الشرقية	30.38	-9.56	23
الراشدية	شمولية	2010-2017		31.93	-4.4	1110

الخريطة رقم 1: خريطة توزيع محطات الدراسة بشمال المغرب



2.1. الإطار الجغرافي لمجال الدراسة:

مجال الدراسة يغطي مساحة مهمة من التراب الوطني، حيث يمثل أكثر من 75% من مجموع المساحة الإجمالية، بما يناهز 335000 كلم^2، وينحصر في زاوية جغرافية مهمة، ما بين 30° و36° درجة شمالا و1°-10° درجة غربا (الخريطة رقم 2)، فهو مجال شاسع، يتميز بكونه نقطة الانتقال بين المنطقة المعتدلة والمنطقة الاستوائية. كما ينفتح على واجهتين بحريتين، المحيط الأطلنطي غربا، والبحر الأبيض المتوسط شمالا. تضاريسا يهيمن على المشهد الجغرافي لشمال المغرب، خاصية الوحدات التضاريسية المتباينة، من الجبال مرورا بالتلال والهضاب، وصولا حتى السهول: فجبال وتلال الريف والأطلسين المتوسط والكبير (4000-3000م)، هي من الوحدات المهمة داخل المجال، لكونها تحتضن 3/1 من ساكنة المغرب (الخريطة رقم 2)، تنتشر هذه الارتفاعات على طول المحور الشمالي الشرقي والجنوبي الغربي، والذي يقسم المجال إلى صنفين: الجزء الغربي والشمالي، يتميز بارتفاعات مهمة ويتأثر بالتيارات المضطربة الشمالية الأطلسية. والجزء الشرقي الذي يتأثر بالتيارات الجافة والحارة، دو أصل جنوبي شرقي (كثل هوائية صحراوية)، غير أن متوسط التساقطات المطرية السنوية، يعرف انحدارا تدريجيا في الكمية المسجلة من الشمال نحو الجنوب، ومن الغرب في اتجاه الشرق. عنصر التساقط المطري على مستوي الإحصائيات يعرف تباين واختلاف في التوزيع، سواء المجالي أو الزماني، فما مقداره 1300 ملم/ سنة نجدها مسجلة في الشمال خاصة بالمرتفعات الجبلية. هذا العامل يساهم بشكل كبير في إغناء الحقينة المائية، سواء كانت سطحية أو باطنية، في حين نجد معدل 150 ملم/سنة بالمناطق الجنوبية الصحراوية. أما فيما يتعلق بالفترة الزمنية لموسم التساقطات المطرية، ووفق التقسيم السنوي للفصول الأربعة، فهو نسبيا يتميز بفترة طويلة من شتنبر-أكتوبر إلى أبريل-ماي خلال هيمنة الدورة الهوائية العرضية. أما أثناء نشاط الدورة الهوائية اللاعرضية، فيمكن لفترة التساقطات المطرية أن تعرف تغيرا في موعد الهطول، فإما أن تكون مبكرة (مثال سنة 2018) أو متأخرة (مثال سنة 2015)، الأمر الذي يجعلنا أمام خاصية تداخل الفصول (هيمنة فصلين فقط على مدار السنة: فصل حار يتميز بارتفاع درجات الحرارة: مثال لسنة 16/2015 وفصل بارد يتميز بوفرة التساقطات المطرية مثال سنة 2018/2017).



الخريطة رقم 2: الإطار الجغرافي لمجال الدراسة

3.1. منهجية الدراسة:

تتطلب الدراسات المناخية في علاقتها مع العوامل التضاريسية، وأثرها على الموارد الطبيعية، أساسا منها المائية. منهجية خاصة تجمع بين نمطين مختلفين، ما يقع في الأجواء العليا (الغلاف الجوي)، ونتائجها على أرض الواقع (الآثار). لذلك فقد اعتمدنا في هذا المقال على منهجية تضم العناصر التالية:

أ) **المنهجية الديناميكية**: الهدف منها يكمن في دراسة، وتحليل مقاطع الغلاف الجوي والوقوف على تمثلات الدورة الهوائية الطولية في القسم الشمالي من الكرة الأرضية. وأثرها على المغرب خلال فصلي البرودة (الشتاء) والحرارة (الصيف) الفلكية. خاصة أثناء الفترة الزمنية الممتدة من سنة 2010 إلى 2017.

ب) **المنهجية الوصفية الإحصائية**: تم الاعتماد على هذه المقاربة، بغية الوقوف على العناصر الإحصائية للتساقطات المطرية المسجلة خلال الفترة الممتدة من 2010 إلى غاية 2017، باستعمال مجموعة من العمليات والأدوات الإحصائية الدقيقة.

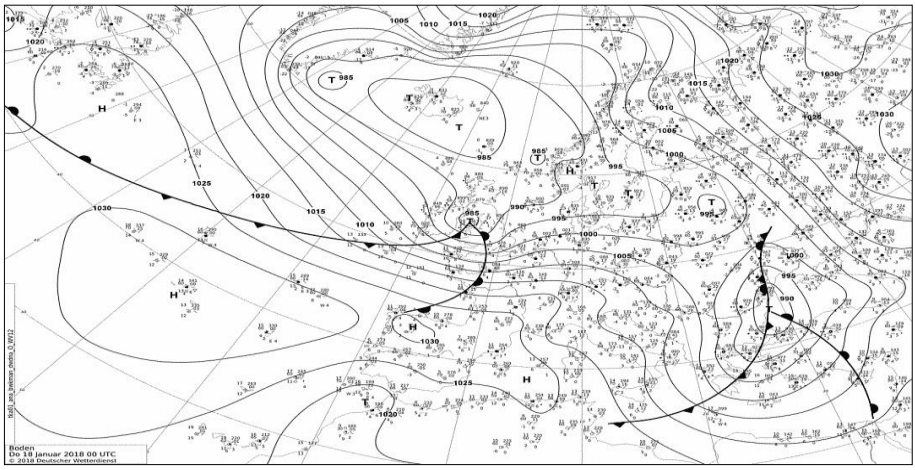
ت) **المنهجية التفاعلية النسقية**: والتي تعتبر من أحدث المقاربات المستخدمة في مجال الدراسات المناخية، إذ تتبنى بدورها عنصر النمذجة المناخية، إذن فهي تجمع بين المنهجين السابقين (كيف تأثر التساقطات المطرية على وفرة وندرة الموارد المائية بشمال المغرب؟).

II. نتائج ومناقشات

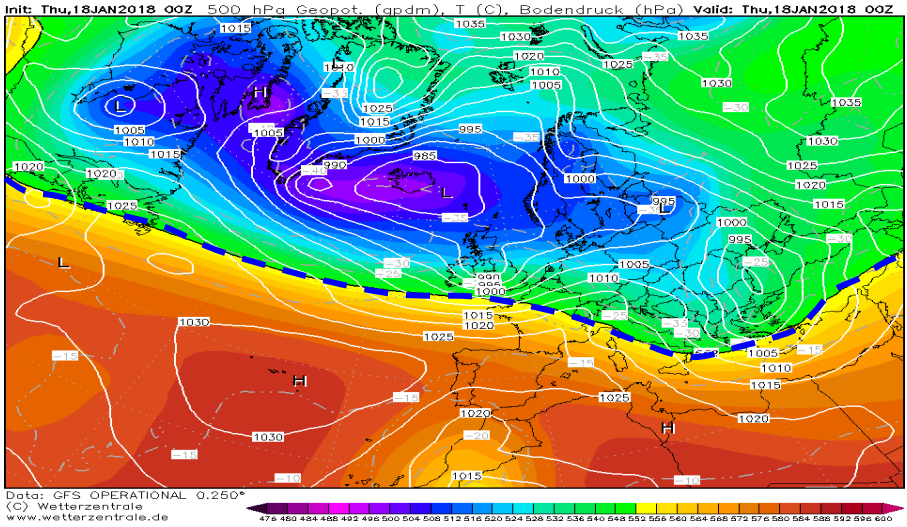
1.2.آليات الدورة الهوائية الطولية في القسم الشمالي من الكرة الأرضية، وعلاقتها بالتساقطات المطرية في شمال المغرب.

1.1.2. الدورة الهوائية في الحالة العادية:

الدورة الهوائية في القسم الشمالي من الكرة الأرضية، تتصف بالتفاوت وكذا التداخل على مستوي الأنظمة الفصلية، سواء كانت عرضية أو طولية، غير أن الغلاف الجوي أثناء مرحلة انسيابه بشكل عرضي (الشكل رقم 1 و2)، والذي يتميز خلال هذه الفترة بحضور فصل بارد، سيما عند وجود تدرج طاقي مرتفع القيمة إما في منطقة الفائض (المنطقة التي تتوفر على درجة حرارة مرتفعة وعادة ما تمثلها النطاقات الحارة)، ومنطقة العجز الطاقي يمثلها القطب الشمالي نظرا لانخفاض درجة الحرارة فيه. فبوجود هذا التنوع والاختلاف بين النطاقات المناخية على سطح الأرض، من شأنه أن يُسهم في التكافؤ الجوي. فانسياب الكتل الهوائية بشكل سريع من الغرب في اتجاه الشرق، الأمر الذي يساهم في الفصل بين المناطق ذات طبيعة باردة والمناطق الدافئة. خاصة على مستوي الجبهات القطبية، وصولا حتى شمال البحر الأبيض المتوسط. أما بالنسبة للحالة الجوية الثانية (دورة هوائية طولية)، فخلال الفترات الحارة وبموازاة وجود تدرج طاقي منخفض وضعيف، تتميز فيه التيارات الهوائية بالبطء مع تجسيد منحى تموجي وملتوي، بشكل طولي، يأخذ مسار شمال-جنوب (من القطب الشمالي وصولا حتى شمال إفريقيا)، ثم جنوب –شمال(انطلاقا من الوسط وصولا إلى شمال الكرة الأرضية)، وبالتالي خلق نشاط مكثف لنقل الطاقة لمختلف مناطق خطوط العرض (الشكل رقم 6 و7).



الشكل رقم 1: خريطة الطقسية للأجواء العليا، وضعية يوم 18 يناير 2018.نموذج لدورة الهوائية العرضية



الشكل رقم 2: خريطة الضغط الجوي عند مستوي 500 hPa يوم 18 يناير 2018 نموذج لدورة الهوائية العرضية

خلال مرحلة البرودة الفلكية (فصل الشتاء)، تعمل الضغوط المدارية الشبه المرتفعة (المرتفع الأصوري) على دفع التيارات من الغرب في اتجاه الجنوب. وبالتالي تحجب ولوج الاضطرابات الجبهة القطبية من الوصول إلى مناطق شمال إفريقيا وإيبيريا، هذا الوضع يجعل المناطق المعنية تعيش حالات من الجفاف، وبالتالي قد يتأثر الإنسان والموارد المائية خاصة إذا استمر لفترة طويلة (مثال سنة 2015)، غير أن أثناء تراجع المرتفع الأصوري، فاسحا المجال أمام الاضطرابات الجوية القادمة من الشمال والمحملة بالرطوبة، مما قد يُسهم في إغناء حقينه الموارد المائية سواء السطحية أو الجوية بشمال المغرب.

2.2 شمال المغرب، مجال جغرافي متنوع يتأثر بالتيارات الطولية، ويقع بين نطاقين مناخيين مختلفين.

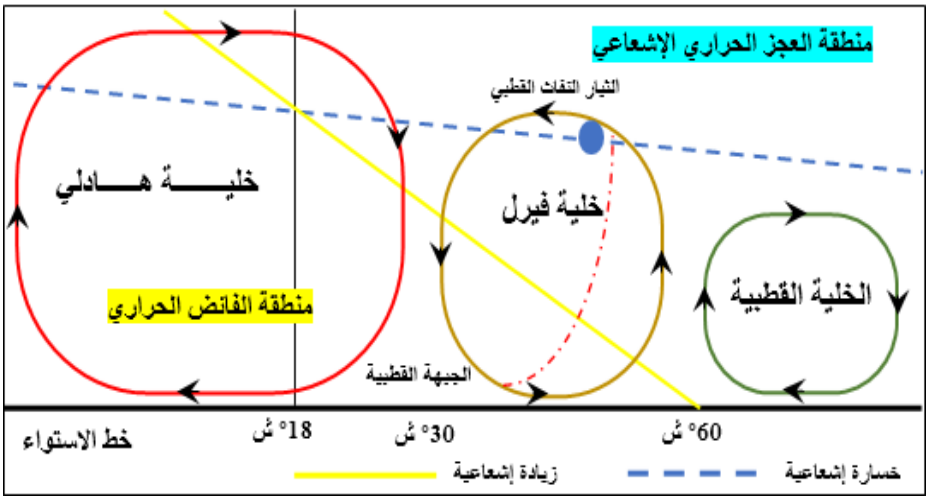
1.2.2 نشأة الدورة الهوائية الطولية في القسم الشمالي من الكرة الأرضية.

على عَكس الدورة الهوائية العرضية، أصبح القسم الشمالي من الكرة الأرضية، يعرف دورة هوائية لا عرضية (طولانية)، وبالتالي تفوق الطولية على الدورة العرضية من حيث التردد خاصة خلال فصل الشتاء. أساسا مع بداية العقد الأول من القرن الواحد والعشرين (2005). فهذه الدورة الهوائية الجديدة، ستفرض كذلك تغير ملامح توزيع الحصيلة المائية على سطح الأرض. فلهذا السبب تعتبر، البيئة هي قمة هرم المنظومات، فكل خلل بها، يؤدي الحال إلى اختلال باقي العناصر الأخرى، هذا الوضع أصبح نتيجة حدوث الإحترار الأرضي، والتي ستستقر معه ميزانية طاقية شمسية جديدة مغايرة للوضع التي كانت عليه (الشكل رقم 3)، غير أن هذه الميزانية الطاقية، تتميز بكونها موجبة (قروق محمد سعيد، 2003)، مما أفضى إلي رفع

درجات حرارة الغلاف الجوي والمحيطات، واللذان يمكن اعتبارهما بمثابة الذاكرة المناخية. فكما هو معلوم يتصف الوسط البحري بقدرته الكبيرة على امتصاص الإشعاع، وتدويره بشكل عمودي وأفقي. ونفس الأمر بالنسبة للغلاف الجوي لكن بدرجة ثانية. وعليه فقد استقر على الأرض دورة مناخية طولية خلال فصل الشتاء، نتيجة وجود عاملين أساسيين:

+ **الوسط البحري** /المحيطي (المائي) أصبح يعرف درجة حرارة موجبة (حرارة عالية ومرتفعة)

+ **الوسط القاري** (الصخري) ليس له نفس قدرة المحيط في الاحتفاظ بالإشعاع الشمسي. ومن هنا يمكن أن ستنتج الاختلاف القائم بين الوسطين معا على مستوي درجة الحرارة.



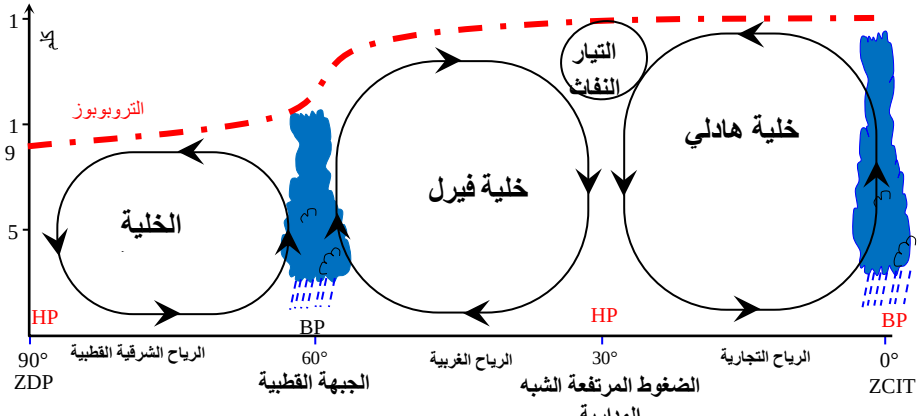
الشكل رقم 3: مقطع طولي من خلايا الغلاف الجوي والفرق في الحصيلة الطاقية الإشعاعية خلال فصل الشتاء. (Karrouk Mohammed Saïd, 2003, 2011 pp 348)

إذا، فهذه الوضعية ستفرض على الدورة الهوائية العامة، أن تتخذ شكلا هندسيا جديدا يغلب عليه طابع الالتواء والتموج، وبوجود اختلاف بين القارة والمحيط على مستوي درجات الحرارة، باعتبار أن المحيط يمثل المحطة الموجبة في هذه المعادلة، ستندفع (الحرارة المحيطية)، نحو شمال الكرة أرضية وتلامس القطب الشمالي، مما سيجعل في المقابل الضغوط المدارية الشبه المرتفعة (هي عبارة عن تراكم للهواء بفعل الطاقة الكبرى ويمكن تسميته بالمرتفع الأصوري الذي يتخذ من عروض المحيط الأطلنتي مقرا دائما له، كما يتميز بالدينامية) تتمدد نحو الشمال. ومن هنا، فهذه الحصيلة الطاقية الشمسية الموجبة في المحيطات ستعطي بنية هوائية جديدة بشكل طولي، فعوض نشاط هذه الكتل من الغرب نحو الشرق، أصبحت تعمل وفق مسار جديد من الجنوب نحو الشمال ومن الشمال في اتجاه الجنوب.

2.2.2 وَقعُ الدورة الهوائية الطولية على شمال المغرب.

تعتبر الدورة الهوائية الطولية، التي تتسم بالتبادلات الطولانية والحركات العمودية/ الرأسية للكتل الهوائية، من الجنوب نحو الشمال ومن الشمال في اتجاه الجنوب (الشكل رقم 4)، عوضا من الغرب بتجاه الشرق (الدورة العرضية) الأكثر شيوعا خلال العقد الأول من القرن الواحد والعشرين (أساسا مع بداية سنة 2005)، بالنصف الشمالي من الكرة الأرضية. فهذه الوضعية

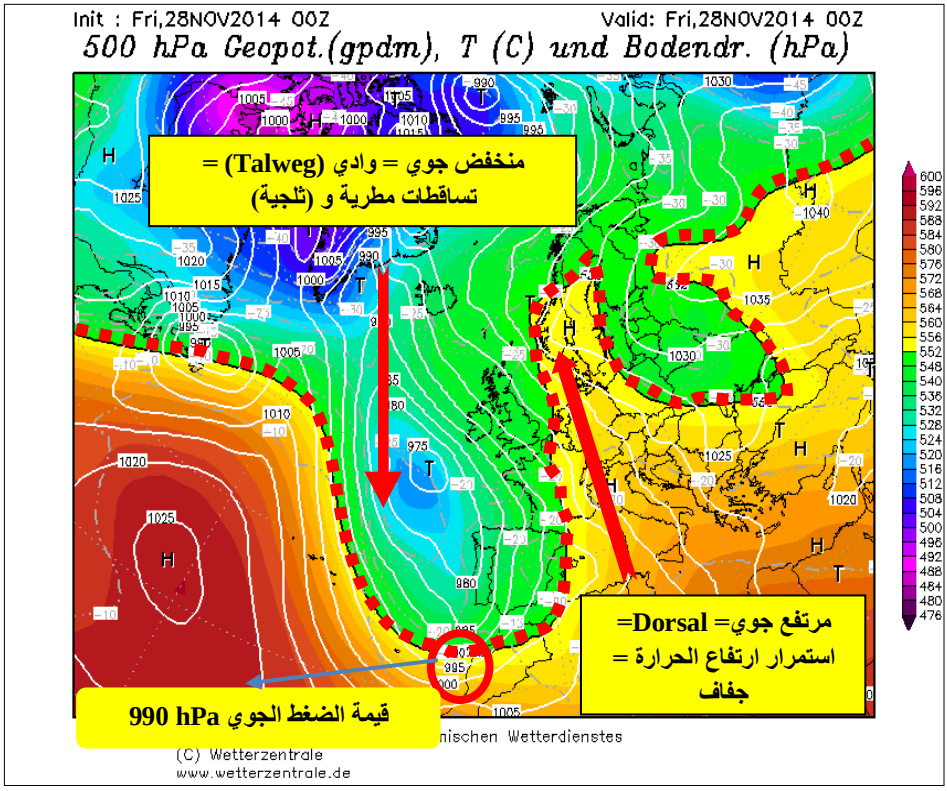
أنتجت توزيع جديد للحصيلة الطاقية-الحرارية على مستوي الأرض، بزيادة اتساع المناطق الحارة البيمدارية (الشكل رقم 3) ونزوحها نحو القطب الشمالي، خاصة على مستوي المحيطات والبحار، الأمر الذي أدي إلى انكماش وتراجع المنطقة القطبية وانتشارها في المجال القاري أساسا عند موسم البرودة الفلكية (يقصد بموسم البرودة الفلكية، فصل الشتاء).



الشكل رقم 4: الدورة الهوائية الطولية في النصف الشمالي من الكرة الأرضية خلال فترة الإعتدال.

هذا الوضع يفرض دورة هوائية جديدة، بهيمنة التيارات الهوائية الطولية على النظام الشمولي للدورة العامة. فالتدفقات الغربية أجربت المرتفعات الجوية بالمنطقة الاستوائية، على الاندفاع نحو المناطق القطبية. متجاوزة كذلك المنخفضات الجوية التحقطبية. فهذه النشاطات الجوية العميقة، خلفت ظواهر مناخية ملموسة أهمها: وجود أعراف جوية حارة ومستقرة، متبوعة بأودية جوية عميقة وباردة متجسدة في (Talweg). حيث يصل مداها إلى شمال إفريقيا وغرب أوروبا. الأمر الذي سينتج معه حدوث فيضانات (مثال سنة 2014 بوسط وجنوب المغرب عند وصول الضغط الجوي المنخفض أدني مستوياته وقد قدر بـ 989 هيكتوباسكال في المركز، كما اعتبر امتداد للمنخفض الإسلندي العميق)، أو سقوط أمطار على شاكلة ثلوج (مثال نهاية سنة 2017 وبداية سنة 2018 بمختلف أرجاء المغرب: الوسط ومرتفعات الريف والأطلس والهضاب العليا الشرقية)، خلال فصل الشتاء مما يُغني الحصيلة المائية السطحية والباطنية بالبلاد.

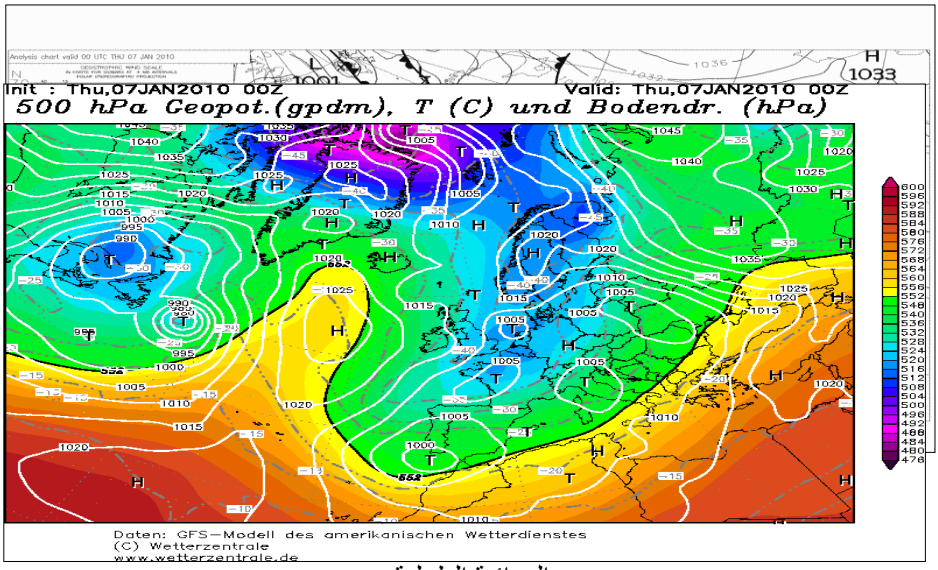
خاصية توالي الأعراف الجافة /والحارة من جهة، ثم الأودية الباردة/ والرطبة (الشكل رقم 5)، يفرض تفاعلات مختلفة على مستوي حصيلة الموارد المائية. كما يتجلى ذلك في الحالات الاستثنائية العنيفة وما يصاحبها من رطوبة جوية خلال هذه المرحلة. وترجمتها إلى تساقطات طوفانيه ومهولة خاصة أثناء فترة الفصول الاعتدالية (حالة كوارث فصل الخريف خلال سنة 2014 بالمغرب)، كما يمكن لهذه الدورة الهوائية الطولية، أن يترتب عنها حدوث جفاف قوي وعنيف بغض النظر عن كون الجفاف بنيوي بالمغرب، إلا أن الأعراف الحارة والساخنة، وكذا استمرارها خارج الفترات الزمانية المخصصة لها (يسمي بالجفاف المهيكل)، قد يؤدي إلى وقوع شح على مستوي الأودية الكبرى، واستنزاف الفرشات المائية الباطنية، عن طريق حفر الآبار وغيرها من السلوكيات المضرة بالمورد المائي. لكن ما يمكن ان تجدر الإشارة إليه هو كون هذه الظواهر المناخية (الحرارة والتساقطات المطرية) قد تتعدي القيم المعتادة وتصبح من الدرجة المتطرفة الأمر الذي يجعلنا نطلق عليها اسم القصوى.



الشكل رقم 5: خريطة جوية عند مستوي 500 هيكتوبسكال ليوم 28 نونبر 2014، الساعة 00h00. تُجَسدُ مظهري توالي الأعراف/الحارة والأودية الباردة بالقسم الشمالي من الكرة الأرضية. (المصدر: http://www.wetterzentrale.de)

الشروط الجوية المصاحبة للدورة الهوائية الطولية. تضع النصف الشمالي من المغرب تحت ميكانيزمات الجفاف الحاد (يدعي بالجفاف المهيكل)، والرطوبة الموجزة والشديدة، واختلافها سواء من الناحية الزمانية أو المجالية، بيد أن هذا التباين يساهم في تغير الحصيلة المائية بالمجال وتوزيعها مما يستدعي معه الأمر إلى التفكير بشكل جدي في حماية وتدبير الموارد.

الشكل رقم 6: خريطة الطقسية للأجواء العليا، وضعية يوم 07 يناير 2010.نموذج لدورة



الهوائية الطولية

الشكل رقم 7: خريطة الضغط الجوي عند مستوي 500 hPa يوم 07 يناير 2010. على الساعة السادسة. نموذج لدورة الهوائية الطولية

3.2 تحليل اتجاه مؤشرات التساقطات المطرية القصوى بشمال المغرب

1.3.2 التوزيع المجالي للتساقطات المطرية القصوى بالمحطات المدروسة في شمال المغرب

لتحليل التساقطات المطرية القصوى بمجال دراستنا، تَم أولا الاستناد إلى تعريف هذه الظاهرة (القصوى)، التي أصبحت تُميز عنصر التساقط المطري خاصة، مع بداية سنة 2005 نتيجة تزايد التراكم الحراري في المحيطات، ومع ظهور أنماط الدورة الهوائية الطولية بالقسم الشمالي من الكرة الأرضية، وترددها بشكل ملحوظ خلال فصل الشتاء، وبالتالي فقد تَغَيَرَ نظَامُ تهاطل الأمطار بعدما أن كانت فقط ظواهر استثنائية، يعيشها مجال الدراسة بين الفنية والأخرى. فالقيم المطرية الشاذة/المتطرفة/ القصوى حديث هذا المقال، تُعتبر وفقا للعديد من الدراسات الحديثة، أحداث مناخية تعدت قيمة عتبة معينة. وغالبا ما يكون لهذه العتبة قيمة مادية وبيولوجية (Rohli and Keim, 1994 ; DeGaetano, 1996)، واستنادا إلى التوزيع الإحصائي الإجمالي لهذه القيم(distribution statistique globale) ، يمكن أن تستمر هذه الأحداث الطقسية المتطرفة، لعدة أيام متجاوزة بذلك العتبة الزمنية والرقمية المحددة لها خلال النظام المناخي المألوف. فعلى المستوي الإحصائي، ظهر ثلة من الخبراء والعلماء في إطار مجموعات علمية، من أجل وضع عتبات إحصائية لعنصر التساقط المطري القصوى وكذلك الحرارة، إلا اننا سنقتصر في هذا

العمل على التساقطات المطرية القصوى. ومن أهمها نجد فريق خبراء كشف عتبات ومؤشرات التغيرات المناخية Expert Team (ET) on Climate Change Detection and Indices ETCCDI. والذي ارتكز على 27 مؤشر بشكل إجمالي كما هو مبين في الجدول أسفله رقم 2 (المؤشرات ستخص فقط التساقط المطري والذي يمثل 12 مؤشر مما مجموعه 27 مؤشر)(Khomsi Kenza, 2014, p 218) .

الجدول رقم 2: مؤشرات وخصائص الظواهر المناخية القصوى من خلال فريق ETCCDI

اسم المؤشر	معنى المؤشر	المصدر
prec90p	90% من إجمالي التساقطات المطرية (ملم/اليوم).	Stardex
R5d	أعلى مجموع من التساقطات المطرية خلال 5 أيام.	Stardex
SDII	مؤشر بسيط للتكاثف اليومي: كمية التساقطات المطرية المتوسطة في يوم ممطر.	ETCCDI
R90T	النسبة المئوية من إجمالي الأمطار انطلاقا من الأحداث المطرية المتراكمة والتي تكون أكثر من 90 في المائة.	Stardex
R90N	عدد الأحداث الإجمالية للتساقطات المطرية > 90% من الأحداث الممطرة.	Stardex
RX1day	أكبر عدد من التراكمات المطرية خلال يوم واحد	ETCCDI
RX5day	الحد الأقصى للتراكمات المطرية خلال 5 أيام.	ETCCDI
R10mm	أيام هطول الأمطار القصوى: بحيث يكون عدد هطول الأمطار أكثر من 10 ملم في اليوم الواحد.	ETCCDI
R20mm	أيام هطول الأمطار القصوى: بحيث يكون عدد هطول الأمطار أكثر من 20 ملم في اليوم الواحد.	ETCCDI
CWD	الحد الأقصى لعدد أيام المطر على التوالي$RR \geq 1$ mm	ETCCDI
R95pTOT	الأخطار الناجمة عن عدد أيام الرطبة أكثر من 90%	ETCCDI
R99pTOT	الأخطار الناجمة عن عدد أيام الرطبة جدا أكثر من 95%	ETCCDI
Stardex : **STA**tistical and **R**egional **d**ynamical **D**ownscaling of **EX**tremes for **E**uropean **R**egions		

استنادا إلى المؤشرات المبرمجة في الجدول أعلاه، والمتعلقة بدراسة عتبات التساقطات المطرية القصوية في شمال المغرب، واهم تطرفاتها. تم اختيار فقط 4 مؤشرات أساسية للقيام بهذه العملية. (Filahi Saïd, 2015, pp468) فجل المعطيات الإحصائية، وعمليات حساب هذه المؤشرات يمكن العثور عليها انطلاقا من الموقع الإلكتروني التالي : (http://etccdi.pacificclimate.org/indices_cal.shtml)

المؤشرات السلبية تبقي محدودة، فيما يخص الحد الأقصى للتراكمات المطرية، خلال يوم واحد (RX1day). باستثناء محطتي طنجة بشبه الجزيرة الطنجية وبني ملال (الجدول رقم 3)، مسجلة بذلك توجها منخفضا بقيمة (0.0-)- (1.2-) ملم. ونفس الأمر بالنسبة لمؤشر الحد الأقصى للتراكمات المطرية خلال 5 أيام بمحطة طنجة. الأخطار الناجمة عن عدد أيام الرطبة أكثر من 90% وأكثر من 95% عرفت اختلافا وتباينا من محطة إلى أخرى، (الجدول رقم 3)، خاصة بالمحطات الرصدية المتمركزة أساسا بالشرق، والجنوب الشرقي من مجال الدراسة. أما فيما يتعلق بمؤشر بسيط للكثافة اليومية، فكمية التساقطات المطرية المتوسطة في يوم ممطر SDII. فقد تميزت بوضعية إيجابية في مجمل المحطات (الجدول رقم3).

الجدول رقم 3: التحليل الإحصائي لمؤشر RX1day، RX5day،R95p وSDII في بعض المحطات الرصدية بشمال المغرب خلال الفترة الممتدة من 2010 إلى 2017.

اسم المحطة	اسم المؤشر المعتمد في التحليل الإحصائي للتساقطات المطرية القصوى							
	RX1day		RX5day		R95p		SDII	
طنجة	-1.2--0.0	⬇	-2.6-0.0	⬇	-4.0-0.0	⬇	0.3--0.9	⇧
العرائش	0.0-1.9	⇧	2.4-5.1	⇧	9.0-35.8	⇧	0.3--0.9	⇧
الحسيمة	4.0-6.7	⇧	5.1-10.8	⇧	9.0-35.8	⇧	0.3--0.9	⇧
وجدة	0.0-1.39	⇧	0.0-2.4	⇧	-4.0-0.0	⬇	-0.4--0.2	⬇
الراشدية	1.9-4.0	⇧	0.0-2.4	⇧	-4.0-0.0	⬇	-0.4--0.2	⬇
تازة	0.0-1.9	⇧	0.0-2.4	⇧	9.0-35.8	⇧	0.3--0.9	⇧
بني ملال	-1.2--0.0	⬇	5.1-10.8	⇧	-4.0-0.5	⬇	0.01-0.3	⇧
البيضاء	1.9-4.0	⇧	5.0-2.6	⇧	9.0-35.8	⇧	0.3--0.9	⇧
مراكش	4.0-6.7	⇧	5.1-10.8	⇧	9.0-35.8	⇧	0.3- -0.9	⇧
أكادير	4.0-6.7	⇧	5.1-10.8	⇧	9.0-35.8	⇧	0.3--0.9	⇧
مفتاح الرموز:اتجاه سلبي للمؤشر (ملم) اتجاه إيجابي للمؤشر (ملم) ⇧ ⬇								

بناء على ما سبق ذكره، ومن أجل تحقيق نتائج إحصائية رصينة، متعلقة بالتساقطات المطرية القصوى في شمال المغرب. وبعد الاعتماد على مجموعة من المؤشرات الرياضية في تحديد عتبات التساقط المطري القصوى (الجدول رقم 3). سنعمل كذلك على تحليل هذا العنصر وفق مقاربة إحصائية متنوعة، ولمدة زمنية كما تمت الإشارة إليها في بداية هذا العمل، تصل إلى 7 سنوات (2010-2017). باستخراج الحالات المطرية القصوية، وعبر تبني طريقة التحليل الترددي Méthode d'analyse fréquentielle . فهذه الطريقة تعمل وفق نسب مئوية متعلقة بحالات السنوات المطيرة. فنسبة التساقطات المطرية بدون تجاوز 85%، تطلق على السنة

الرطبة جدا (تردد رطوبة قصويه). في مقابل أن تردد معدل أقل من 15% هو بالنسبة للسنوات الجافة. بحيث سيتم تطبيق هذه الطريقة سواء تعلق الأمر بالمدي السنوي أو الشهري (Tramblay Y, 2012, p 114).

فطبقا للجدول رقم 4، التساقطات المطرية القصوى، تعرف نشاطا قويا سواء على مستوي البيئية الجهوية أو حتى المحلية. فمن خلال الفترة الزمنية المدروسة، الأحداث المناخية (المطرية) القصوى، تهم بشكل أساسي المناطق الوسطى والجنوبية والشرقية والشمالية من مجال الدراسة. ومن بين السنوات التي عرفت تردد قوي لهذه الأحداث المتطرفة نجد خلال سنة 2010 خاصة فصل الشتاء (يناير)، ثم خلال سنة 2014 أساسا بالمناطق الوسطي والجنوبية، من مجال الدراسة. حيث خلفت خسائر مادية وبشرية مهمة على إثرها تم تصنيف مدينة كلميم، كمجال "منكوب" خلال فصل الخريف (نونبر). الجدول رقم 4 يعطي فكرة عامة عن حجم هذه العناصر المطرية القصوى.

الجدول رقم4: تحليل التساقطات المطرية القصوى بشمال المغرب وبعض حالاتها الجوية

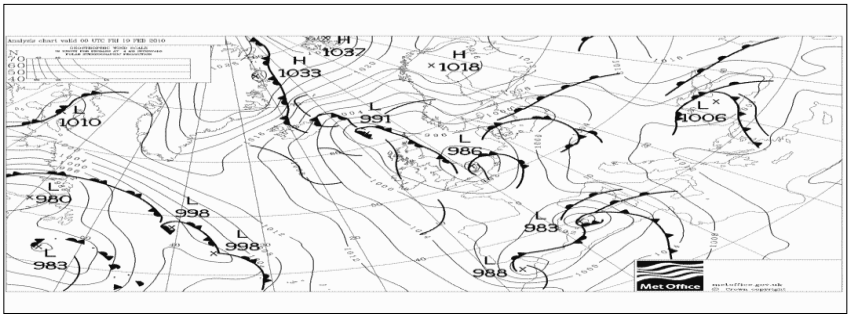
المحطة	يناير 2010 (الخريطة 3 و4)		نونبر 2014(الخريطة 5 و6)		تفسير المؤشر
المؤشر	P**	R/N*(الخريطة 3)	P**	R/N*	مجموع : P** التساقطات المطرية الشهرية.
طنجة	187.6	3.7	195.6	3.6	
العرائش	159.2	2.5	300	8.6	
الحسيمة	140.2	2.6	34.2	1.3	
وجدة	59.1	1.7	40.9	1.8	R/N* : Rapport à la normale du mois
الراشدية	17.4	1.2	20.5	1.1	
تازة	215.4	4.3	95.8	2.3	
بني ملال	87	2.1	127.1	10.1	
البيضاء	131.6	3.4	215.2	8.9	
مراكش	68.7	2.8	141	4.2	
أكادير	93	2.5	299	4.6	

للتصديق على ماهية، وآثر التساقطات المطرية القصوية، فلابد من دراسة قيم الأجواء العليا، بالاعتماد على الخرائط الجوية بجميع أنواعها، سواء التي توجد عند مستوى 500 hPa، أو التي عند مستوى السطح. حيث تعتبر هي المسؤولة عن نشاط الظواهر المطرية المتطرفة، خاصة في ظل بروز دورة هوائية طولية، والتي تم تحصيلها من مواقع إلكترونية متعددة أهمها: www.wetterzentrale.de

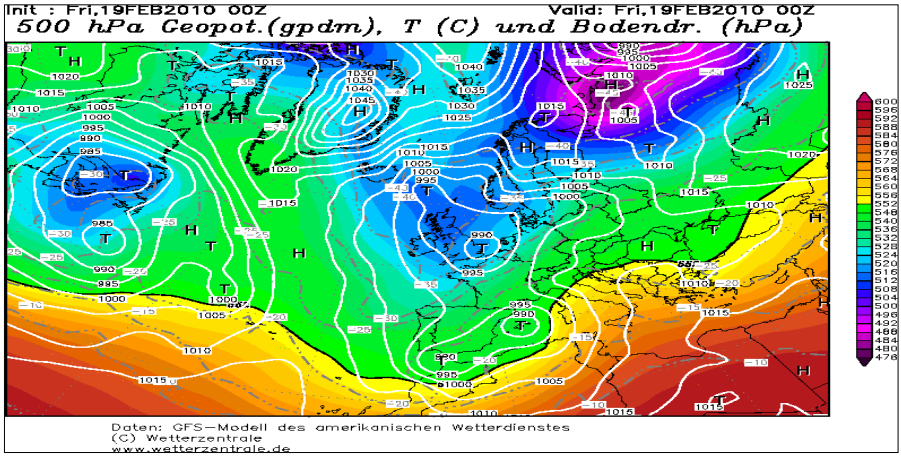
وعلاقة بموضوع الدراسة فقد وقع الاختيار على حالتين، تندرج ضمن النطاق الزمني للدراسة. إحداهما خلال سنة 2010 والأخرى بمعية سنة 2014. وكان السبب وراء اختيار هذه السنوات نابع من الآثار والخسائر المادية والبشرية، التي خلفتها هذه الحالات المناخية (المطرية) المتطرفة في مجال الدراسة، حيث وصلت فيها كمية التساقطات المطرية الشهرية إلى مستويات قياسية لم يتم تسجيلها إلا نادرا (الجدول رقم 4)، ناهيك عن تسجيل نقط ضغطية في الخرائط الجوية، لم يتم تسجيلها خلال القرن العشريين.

وضعية 19 فبراير 2010 (الشكل رقم 8 و9):

تظافرت مجموعة من العوامل الجوية، التي كانت مسؤولة عن حدوث جملة من الخسائر المادية والبشرية، في عدد من مناطق مجال الدراسة. تعزى هذه الحالة الجوية إلى سلسة من الاضطرابات الشمالية، التي وجهها المنخفض الجوي المستقر فوق البحر الأبيض المتوسط الغربي. والمرتبط على مستوي الأجواء العليا، بدورة طولية شمالية تكون على إثرها وادي (Talweg) جوي عميق، امتد من شرق كريلاند وايسلندا إلى شمال المغرب والذي كان يتحرك بداخله هواء قطبي بارد جدا (باحو عبد العزيز،2015، ص19). وقد استمرت هذه الاضطرابات طيلة شهر فبراير (من 19 إلى 22 فبراير 2010). بيد أن شهري نونبر ودجنبر من نفس السنة (2010)، تميز بنشاط سلسة من الاضطرابات العاصفية المرتبطة بتشكل منخفض جوي، فوق خليج "قاديس" نتيجة الاحتكاك بين كتلتين هوائيتين مختلفتين من حيث الخصائص الجوية: كتلة قطبية باردة جدا قادمة من الشمال والشمال الشرقي، مع كتلة مدارية قادمة من الجنوب والجنوب الغربي. ومما زاد من عنف هذا الاحتكاك تشكل وادي جوي في الأجواء العليا، والذي تسرب عبره هواء أركتي بارد جدا، قادم من البلدان الإسكندنافية وشمال سيبيريا (الشكل 8 و9). أما الفترة الممتدة من 23 إلى 29 دجنبر 2010، فقد ميزتها حالات جوية مهمة، ناتجة عن حدوث دورة شبه نطاقية فوق عروض المغرب. مما أدي إلى تعاقب سلسة من الاضطرابات الجوية الغربية، والجنوبية الغربية والشمالية الغربية القادمة من وسط المحيط الأطلنطي، مما تسبب في هطول أمطار قصويه، نتج عنها حدوث فيضانات في مختلف أرجاء مجال الدراسة ووصول نسبة ملء السدود إلى 87.99%، الأمر الذي أدي إلى إغناء حصليه الموارد المائية السطحية والباطنية. في مقابل ذلك نجد أن توالي الأحداث المناخية خاصة منها المطرية المتطرفة، ترتبط بشكل جلي بالدورة الهوائية الطولية، التي تتجسد بالقسم الشمالي من الكرة الأرضية. حيث تعرف مختلف المناطق الواقعة بشمال افريقيا وأوروبا الشرقية، تأثرا بارزا خلال فصل البرودة الفلكية، مما ينتج عنه إما استمرار ظاهرة الصقيع، أو هيمنة فيضانات نتيجة تردي أوضاع البنية التحتية. كما يمكن وقوع نوع من الجفاف المهيكل، الذي يتجاوز الفترة المخصصة له ضمن الإطار المناخي السنوي خاصة في النطاق المتوسطي (رباعية الفصول).



الشكل رقم 8: الخريطة الطقسية للأجواء العليا، وضعية يوم19فبراير 2010 عند منتصف الليل



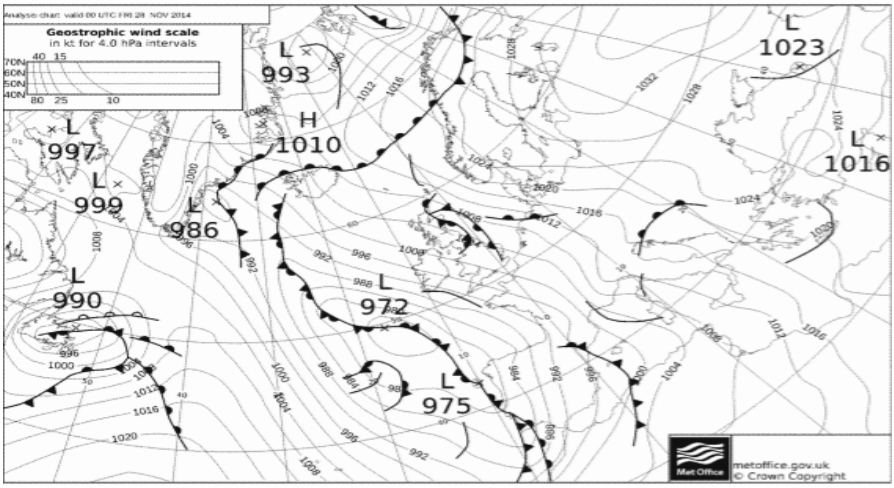
الشكل رقم 9: خريطة الضغط الجوي عند مستوى hPa500 ، ليوم 19 فبراير 2010، الساعة 00h00

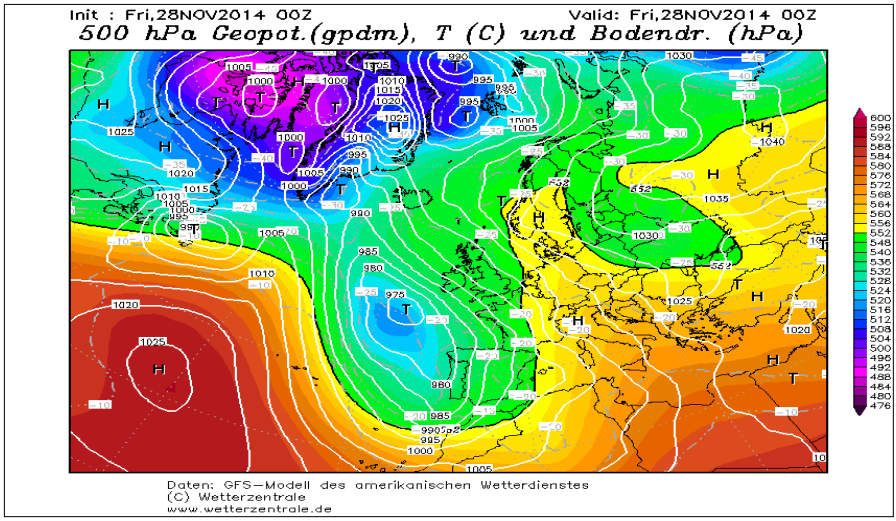
وضعية 28 نونبر2014(الشكل رقم 10 و11)

بالرجوع إلى الأجواء العليا، والقيام بتحليل ودراسة مسار الكتل الهوائية ونشاط الجبهات الجوية عبر الأقمار الاصطناعية المتاحة. يتبين لنا أن الفترة الزمنية (2014/11/28) جد نادرة وقوية خاصة في ظل نشاط الدورة الهوائية الطولية. إذ يلاحظ انكماش وتراجع مرتفع الأزور نحو الجنوب الغربي. حيث أصبح في حالة منعزلة عن مرتفع جوي مستقر فوق الأجواء العليا لأروبا الشرقية وروسيا. هذا الأخير منع منخفض جوي يدعى " اكسندرا "،المتمركز فوق المحيط الأطلنطي من التحرك نحو الغرب في إطار دورة هوائية نطاقية، وأجبره على التحرك نحو الجنوب في اتجاه المغرب على شكل كتل هوائية رطبة وباردة، في إطار وادي جوي عميق الدي يعتبر امتداد للمنخفض الإسلندي بلغ فيه الضغط الجوي أدني مستوياته، حيت كانت قيمته 989 hPa في المركز. غير أن هذه القيمة المنخفضة لا يعرفها المغرب إلا مع نشاط الدورة الهوائية الطولية، وفوق ايسلاندا والجزر البريطانية (رمان عبد اللطيف، 2015، ص 13) .حالة 28 نونبر 2014 تميزت كذلك بتدفق قطرة هوائية جد باردة، نحو وسط وجنوب المغرب بفعل انخفاض سرعة التيار النفاث، وانثنائه نحو الجنوب على شكل مقعر. وهي وضعية جوية

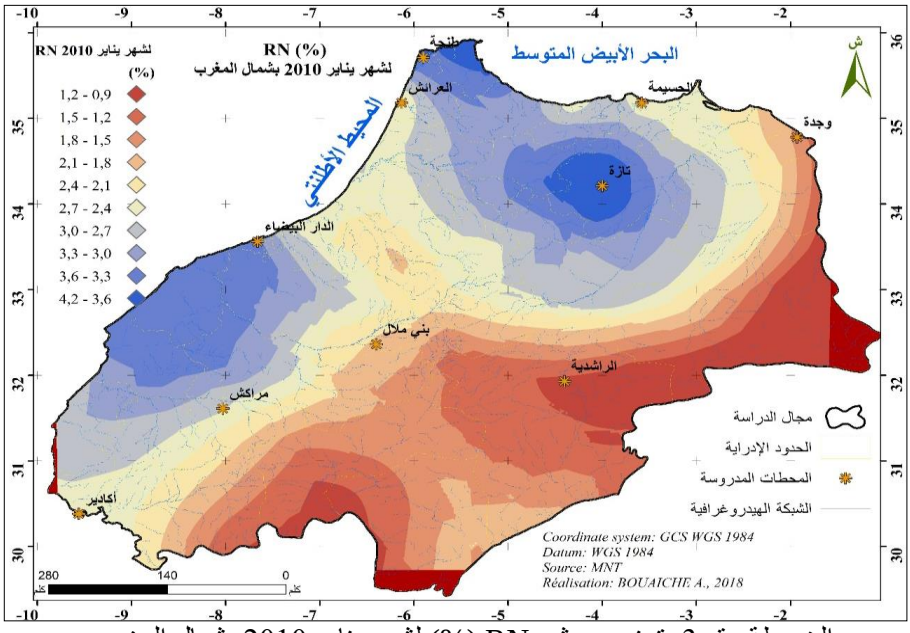
متطرفة، ناتجة عن خلل في نظام الدينامية الهوائية المرتبطة بالذبذبة الشمالية الأطلنتية(ONA)، حيث نادرا ما تصل القطرة الهوائية الباردة إلى هذه المستويات الدنيا من خطوط العرض. فهذه الوضعية خلفت مجموعة من الآثار أهمها، تساقطات مطرية مهولة بوسط وجنوب المغرب.
والتي أصبح يعرفها المغرب بين الفنية والأخرى كلما ظهرت أنماط الدورة الهوائية الطولية، في القسم الشمالي من الكرة الأرضية (الشكل رقم 10 و11).

الشكل رقم 10: الخريطة للأجواء العليا، وضعية يوم 24 نونبر 2018، الساعة 00h00



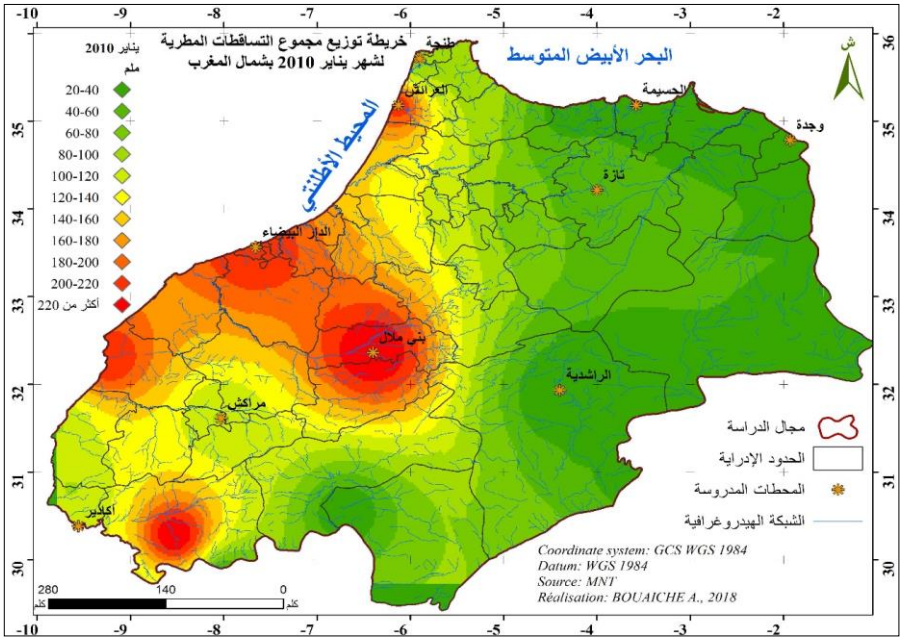


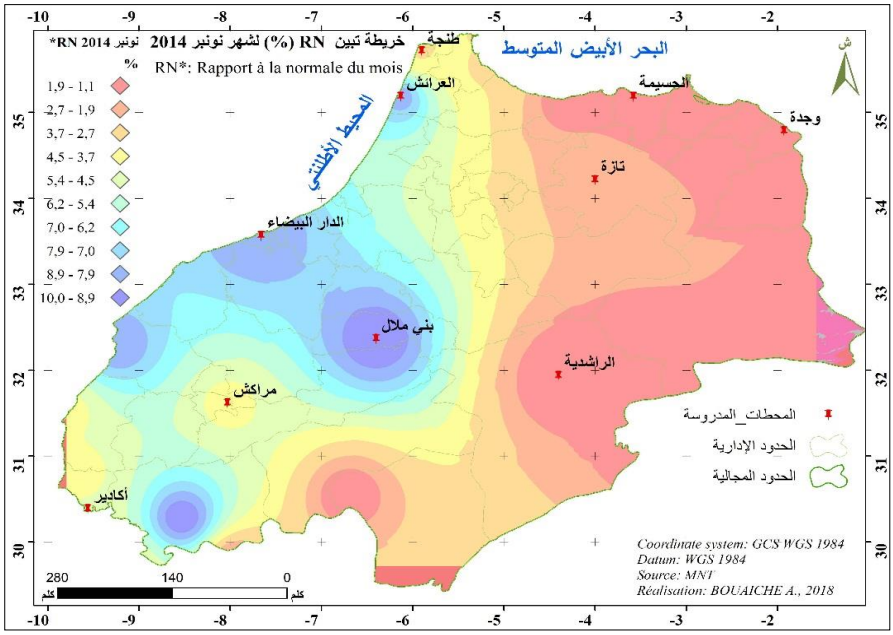
الشكل رقم 11: الخريطة الضغط الجوي عند مستوى 500 hPa، وضعية يوم 28 نونبر 2014، الساعة 00h00



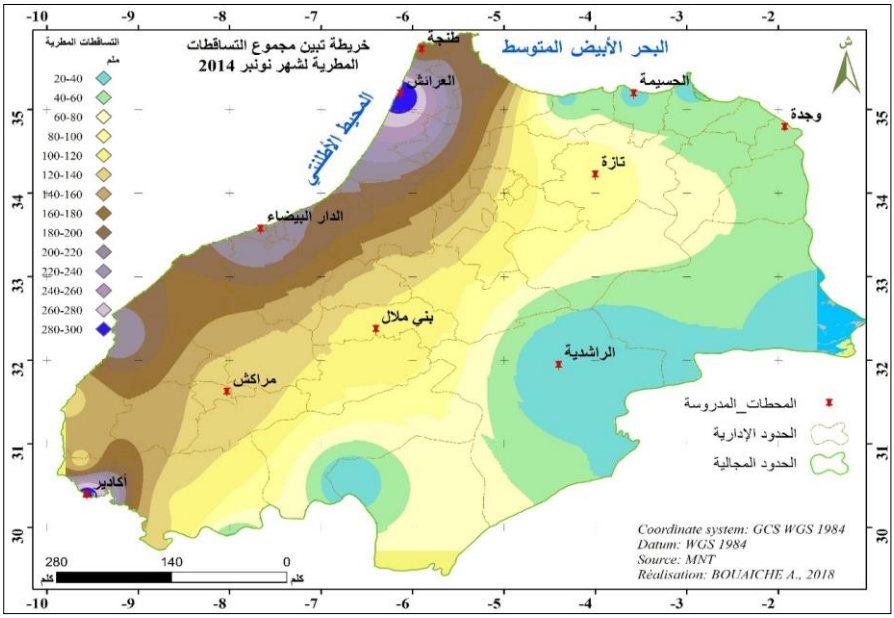
الخريطة رقم 3: توزيع مؤشر RN (%) لشهر يناير 2010 بشمال المغرب

الخريطة رقم 4: توزيع مجموع التساقطات المطرية لشهر يناير 2010 بشمال المغرب





الخريطة رقم 5: توزيع مؤشر RN (%) لشهر نونبر 2014 بشمال المغرب



الخريطة رقم 6: توزيع مجموع التساقطات المطرية لشهر نونبر 2014 بشمال المغرب.

خاتمة

تغيرت سمات الدورة الهوائية العامة، وأصبحت تتخذ الشكل الطولي بالقسم الشمالي من الكرة الأرضية خلال فصل الشتاء حيث أصبحت تتردد بشكل أكثر ما هو عرضي. هذا التغير أثر

بشكل واضح على التوزيع المجالي والزماني للحصيلة المائية فوق سطح الأرض. نتيجة الاختلاف الواضح في كمية الطاقة الإشعاعية الواصلة إلى الأرض والمختزنة فيها. هذه الدورة الهوائية الجديدة أضحى يترتب عنها مجموعة من الأحداث المناخية، التي يمكن وصفها بالمتطرفة وعلى رأسها التساقطات المطرية. فمجال الدراسة (شمال المغرب)، يتأثر كغيره من المناطق الجغرافية الأخرى بهذه الظواهر، والتي يمكن أن تكون إيجابية (إغناء المجال بالموارد المائية بنوعيها) أو سلبية (استمرار الجفاف، واستنزاف الموارد المائية). فتوالي الأعراف الحارة والأودية الباردة من السمات الأساسية للدورة الهوائية الطولية. غير أنه عند هيمنة النوع الأول، يمكن لمجال دراستنا أن يتأثر بارتفاع درجات الحرارة خلال مدة زمنية معية (الجفاف المهيكل)، أما إدا تجاوز الفترة الزمنية المخصص له (الجفاف المزمن) فسيؤثر لا محال عن أنماط الحياة الاقتصادية والاجتماعية. لكن عند بروز الأودية الرطبة، هذا الوضع يؤدي إلى تهاطلات مطرية مركزة في الزمان والمكان، وظهور مجالات جغرافية يطغى عليها مشهد الفيضانات، كما هو الحال لسنة 2014 بوسط وجنوب المغرب.

قائمة المراجع:

1. عبد العزيز باحو (2015)،" الخصائص الهيدرومناخية لبعض الفيضانات الكارثية وعلاقتها بدينامية الطقس والدورة الهوائية بالمغرب"، ملخصات الملتقي الوطني الرابع للجغرافيين المغاربة حول موضوع "دروس كوارث خريف 2015 بوسط وجنوب المغرب ."جامعة محمد الخامس-الرباط .كلية الآداب والعلوم الإنسانية أكدال-الرباط.

2. عبد اللطيف رمان (2015)، "التساقطات المطرية الاستثنائية التي عرفها وسط وجنوب المغرب في شهر نونبر 2014، أسبابها والنتائج المترتبة عنها من خلال نموذج مدينة أكادير"، ملخصات الملتقي الوطني الرابع للجغرافيين المغاربة حول موضوع" دروس كوارث خريف 2015 بوسط وجنوب المغرب ."جامعة محمد الخامس-الرباط .كلية الآداب والعلوم الإنسانية أكدال-الرباط.

3. Bouaicha, R. Benabdelfadel, A. (2010). "Variabilité et gestion des eaux de surface au Maroc". *Sécheresse*, 21, 1-5.

4. DeGaetano, A. T. (1996) "Recent Trends in Maximum and Minimum Temperature Threshold Exceedences in the Northeastern United States". Journal of Climate 9:1646-1660.

5. Filahi Saïd, (2015)" Tendance et variabilité des évènements extrêmes au Maroc". XXVIII[e] Colloque de l'Association Internationale de Climatologie، Liège 2015.

6. Karrouk M-S, (2003). "Dynamique des climats du Maroc", Thèse de doctorat d'état, Faculté des lettres et des sciences humaines Ben m'scik, Université Hassan II- Casablanca.

7. Karrouk, M.S, (2003 ; 2011). "Dynamique des climats du Maroc : genèses, évolutions et développement des phénomènes, espaces, et milieux climatiques". Éditions universitaires européennes, südwestdeutscher verlag fur hochschulschriften gmbh & Co. kg, ISBN : 978-613-1-55761-3, Sarrebruck.

8. Khomsi Kenza. (2014), "variabilité hydroclimatique dans les bassins versants du bouregreg et du tensift au Maroc : moyennes, extrêmes et projections climatiques". Thèse de doctorat. Faculté des Sciences Mohamed V. Rabat, pp 250.

9.Rohli, R. V. Keim, B. D. (1994), "Spatial and Temporal Caractéristiques of Extreme-High-Summer-Temperature Events in the South-Central United States". *Physical Geography*15:310-324.
10.Tramblay Y., Badi W., Driouech F., El Adlouni S., Neppel L., Servat E., (2012). "Climate change impacts on extreme precipitation in Morocco", Global Planet. Change, 82-83, 104-114.