جامعة القاهرة
معهد البحوث والدراسات الأفريقية

مجلة الدراسات الأفريقية

* رحلة حج منسا موسى ... قراءة جديدة في ضوء تأويلات الشكري
* الدوافع السياسية للحرب في مجتمع السودان الغربي
* بعض المناظر الصخرية ذات المدلول الديني في تاسيلي ناجر خلال مرحلة الرعي (٤٠٠٠ ق.م – ٢٠٠٠ق.م)
* شواهد المقبرة الملكية في زنجبار مصدرًا لتاريخ أسرة البوسعيد (١٨٤٣- ١٩٧٠)
* الحرب والذهنية في مجتمع السودان الغربي إبان القرنين ٩ - ١٠هـ / ١٥- ١٦م
* النزاع الفرنسي البريطاني حول إقليم وايما وتعيين حدود غينيا وسيراليون (١٨٩٣ – ١٩٠٣)
* تصوير الشعر الأمهري لموجات الجفاف والمجاعة في إثيوبيا
* عبارة السبب في اللغة السواحيلية «في ضوء منهج تحليل المكونات المباشرة»
* الهجرة الدولية الأفريقية
* أثر التغيرات المناخية على الأمن الغذائي في إقليم الساحل الأفريقي
* جرائم المخدرات في محافظة مطروح «دراسة جغرافية»
* مضيق باب المندب دراسة في الجغرافيا السياسية والجيوستراتيجية
* أهمية التمثيل الدبلوماسي في إدارة العلاقات الدولية (دراسة مقارنة بالفقه الإسلامي والقانون الدولي العام)
* دور المجتمع المدني الأفريقي في الآلية الأفريقية لمراجعة النظراء
* دور قطاع النفط في تحقيق التنمية الاقتصادية
* مجتمع الفانتي والضوابط الاجتماعية في غانا «دراسة في الانثروبولوجيا الاجتماعية»
* واقع السياسات التعليمية في ماليزيا ومدى استفادة الجزائر من هذه التجربة

العـدد ٣٦
٢٠١٤

مركز جامعة القاهرة للطباعة والنشر

أثر التغيرات المناخية على الأمن الغذائي في إقليم الساحل الأفريقى

دكتور / عطيه محمود محمد الطنطاوي(*)

ملخص

تعد بلدان إقليم الساحل الأفريقي من بلدان العجز الغذائى على مستوى العالم إن لم تكن أشد دول العالم معاناةً من ندرة الغذاء، نظراً لوقوعها ضمن الأراضى الجافة وشبه الجافة وتعرضها للجفاف المتكرر الناتج عن التذبذب الشديد فى كمية الأمطار الساقطة سنوياً بالإضافة إلى التغير فى نمط الأمطار وموسمية سقوطه وتذبذب كثافته وفاعليته وهذا يؤثر بشكل كبير على الإنتاجية الزراعية وعلى النشاط الرعوى.إذ يعد النشاط الزراعى فى الإقليم هبة الأمطار فالزراعة فى معظمها مطرية. وهذه الدراسة تهدف إلى دراسة التغير المناخي فى الإقليم خاصة إتجاهات وتذبذب الأمطار المتحكم الرئيس فى النشاط الزراعى ومن ثم المتحكم فى الأمن الغذائى.وذلك من خلال تحليل البيانات المناخية (الحرارة والأمطار السنوية) فى احدى عشرة محطة مناخية منتشرة فى دول الإقليم باستخدام اساليب إحصائية متنوعة ومناسبة لتحديد الإتجاه العام (Trend) وتذبذب الأمطار (Rainfall Variability)،ومعامل المطر (RainfallI Index) لمعرفة دورات الجفاف ثم تحليل أثر هذا التغير على الأمن الغذائى فى دول الإقليم من خلال ربط التغير بإنتاجية بعض محاصيل الغذاء وأعداد الثروة الحيوانية. وقد أظهرت نتائج هذه الدراسة اتجاهاً عاماً للتناقص في المجموع السنوي للأمطار بالإضافة إلى التذبذب الشديد فى كمية الأمطار وتعرض الإقليم لدورات قاسية من الجفاف وإتجاه عام متزايد فى درجة الحرارة يتماشى مع الإتجاه العالمى للإحترار العالمى ومن ثم يتجه الإقليم لظروف أكثر جفافاً ومن ثم يتأثر الأمن الغذائى تأثيراً سلبياً جراء هذه التقلبات المناخية.

الكلمات الدالة : التغيرات المناخية، الأمن الغذائى، الجفاف، إقليم الساحل، أفريقيا

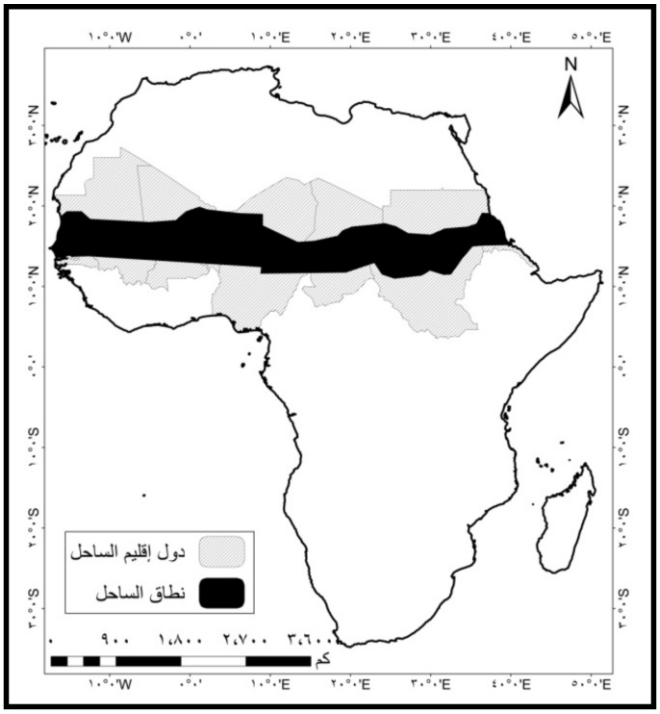
(*) أستاذ الجغرافيا المناخية المساعد، معهد البحوث والدراسات الأفريقية – جامعة القاهرة .

مقـدمـــة :

تعد التغيرات المناخية من أكبر التحديات التي تواجه الإنسان في الوقت الحاضر، ذلك لأن حياة الإنسان وأنشطته تتغير بتغير الظروف المناخية التي يعيش فيها. ولأهمية هذا الموضوع تضاعفت الدراسات والندوات والمؤتمرات التي تعني بالتغيرات المناخية في أقاليم العالم المختلفة، وقد أفادت دراسات عديدة بأن الكرة الأرضية تشهد ارتفاعاً ملحوظاً ومستمراً في درجات الحرارة منذ منتصف القرن التاسع عشر. كما تتعرض الأمطار للتذبذب حيث تشهد الأرض موجات من الفيضانات في بعض المناطق في حين تعرض مناطق أخرى لموجات من الجفاف المتكرر وتعد الأراضي الجافة وشبه الجافة التى يقع إقليم الساحل ضمنها الأكثر تأثراً بالتغير المناخي نتيجة لهشاشة مواردها الطبيعية.وإذا كان الأمن الغذائي هو قدرة الدول على توفير احتياجات سكانها من الغذاء سواء بتحقيق الاكتفاء الذاتي أو شراء مايلزم من الغذاء تحت كل الظروف. فإن جميع دول إقليم الدراسة ليس لديها القدرة على تحقيق الأمن الغذائي لسكانها نظراً لعدة عوامل أهمها الظروف المناخية المتقلبة وغير الثابتة وحالات الجفاف المتكررة، والموارد المائية المحدودة، بالإضافة إلى النمو السكاني المرتفع وتزايد أسعار الغذاء في العالم.

ويقع إقليم الساحل الأفريقي في المنطقة الواقعة بين دائرتى عرض ١٢و٢٠ درجة شمالاً. ويغطى كل أو جزء من ١٢ دولة من ساحل الأطلسي غرباً إلى ساحل البحر الأحمر شرقاً (Heinrigs, 2010) وهذه الدول هى: موريتانيا والسنغال وغامبيا ومالي وبوركينا فاسو والنيجر ونيجيريا وتشاد والسودان وإثيوبيا وإريتريا وجيبوتي (شكل ١). وتتشابه بلدان الإقليم في الخصائص المناخية والغطاء النباتى وحتى فى نمط الاقتصاد. وتغطي منطقة الساحل الحشائش والأعشاب والأشجار المتباعدة. وتعتمد الصناعات المهيمنة على المنتجات الزراعية والرعوية. وتعد دول الإقليم عالية الحساسية للتغيرات المناخية وأقلها قدرة على المقاومة، ذلك لأنها واقعة ضمن الأراضي الجافة وشبه الجافة الأكثر تضرراً من التغيرات المناخية خاصة التغير فى خصائص الأمطار المتحكم فى إنتاج الغذاء.

شكل ١: موقع إقليم الساحل والدول المشتركة بكل أو جزء من مساحتها فى الإقليم



المصدر : بالاعتماد على ملف Shapefile
https://lib.stanford.edu/gis-branner-library/gis-data-websites-test-panel

فالتذبذب الشديد في كمية الأمطار الساقطة سنوياً ومايتصف به من كثافة شديدة بالإضافة إلى التغير في فصليته يؤثر سلباً على إنتاجية المحاصيل الغذائية حيث أن الزراعة السائدة هي الزراعة البعلية (المطرية) في كل دول الإقليم ومن ثم عدم قدرة هذه الدول على إنتاج الغذاء الكافي لسكانها. وتتفوت كمية الأمطار فى الإقليم بين ٢٠٠ ملم الى ٦٠٠ ملم سنوياً وعلى مدى القرن العشرين انخفض التساقط السنوي للأمطار بشكل ملحوظ، والمطر فى إقليم الدراسة صيفى من ثلاثة إلى أربعة أشهر فقط (Smith, 2008).

وتتصف المراعى فى الإقليم بالفقر نتيجة لخصائص الأمطار وموجات الجفاف المتكررة والذي يؤثر بدوره على الإنتاج الحيواني. وسوف يكون للتغيرات المناخية المتوقعة آثار سلبية على الإنتاج الزراعي والحيواني، فارتفاع درجة الحرارة يزيد كميات المياه اللازمة للزراعة ومن ثم خطر انخفاض إنتاج الغذاء وعدم تحقيق

الأمن الغذائي.وتبرز أهمية دراسة هذا الموضوع في ظل التغيرات المناخية الحديثة التي يشهدها العالم منذ بداية القرن العشرين من إرتفاع في درجة الحرارة وتذبذب في كمية الأمطار الساقطة من سنة لأخرى ومايؤدي ذلك إلى موجات من الجفاف المتكرر تشهده حالياً معظم دول إقليم الساحل والذى يؤثر بدوره على إنتاجية المحاصيل الغذائية وعلى إنتاجية المراعى الأمر الذي يزيد من العجز الغذائي في ظل الزيادة السكانية المضطردة وعدم قدرة الدول على شراء الغذاء فى ظل الزيادة الأسعار العالمية.تبعاً لتقرير الهيئة العالمية المعنية بالتغيرات المناخية والصادر فى ٢٠٠٧ حول التغيرات المناخية فقد ساد الجفاف إقليم الساحل منذ عام ١٩٠٠ وحتى عام ٢٠٠٥ وقد ساعد على ذلك التغير فى استخدام الأراضى بالإقليم من رعى جائر وتحول الأراضى الرعوية إلى أراضى زراعية (IPCC.a, 2007).

وتأتى أهمية هذه الدراسة لافتقار الإقليم للدراسات التفصيلية في التغيرات المناخية ومعظم ما وجد من دراسات فهي عامة وتحتاج المناطق الجافة والشبة جافة إلى مزيد من الدراسات خاصة ,ان الإقليم محور اهتمام المنظمات الدولية لما يعانيه من فقر ومرض ومجاعات نتيجة للجفاف المتكرر الذى يصيب معظم دوله من وقت لآخر. ويكمن الغرض الرئيس من الدراسة فى تقييم أثر التغيرات المناخية على الأمن الغذائى فى إقليم الساحل الأفريقي من خلال تناول النقاط التالية:

١. الظروف المناخية في إقليم الساحل.
٢. بعض التغيرات المناخية في إقليم الساحل (الحرارة والأمطار).
٣. الوضع الغذائي الحالي في دول إقليم الساحل
٤. العلاقة بين التغيرات المناخية الحديثة والإنتاج الزراعي والحيواني في إقليم الدراسة
٥. مستقبل الأمن الغذائي في ضوء التغيرات المناخية المتوقعة.

ويركز البحث هنا على الآثار المحتملة للتغيرات المناخية فى الإقليم على الأمن الغذائى من خلال تأثير المناخ وتقلباته (وخاصة الأمطار) على الأمن الغذائي

مباشرة أو من خلال أثر هذه التغيرات على قطاع الزراعة مصدر الدخل الوحيد فى الإقليم والذى يشمل الثروة الحيوانية والأسماك بالإضافة إلى الإنتاج الزراعى. مع الأخذ فى الاعتبار أن الإنتاج الزراعي البعلي ذو الحساسية المرتفعة للتقلبات المناخية هو السائد فى الإقليم.

بيانات الدراسة وطرق تحليلها

تعتمد الدراسة علي بيانات المناخ (الحرارة والأمطار) شهرية وسنوية في إحدى عشر محطة رصد جوى متباينة ومنتشرة مكانياً لتغطى إقليم الدراسة ويبين جدول (١) هذه المحطات ومواقعها وارتفاعاتها عن سطح البحر والفترة الزمنية للبيانات المناخية التى تم دراستها.

ومن ثم تحليل هذه البيانات والخروج بنتائج جديدة كما أعتمدت على تقارير الأمم المتحدة والبنك الدولي والفاو للحصول على بيانات الإنتاج الزراعي والحيواني في بعض دول الإقليم. وتقوم الدراسة علي تحليل بيانات الحرارة والأمطار من خلال عمل المنحنيات وحساب الاختلافات والاتجاهات الخاصة بدرجة الحرارة وكمية الأمطار الشهرية والسنوية بالإضافة إلى حساب معامل المطر في محطات الأرصاد الجوية المختلفة. ودراسة دورات الجفاف في بعض المحطات وعلاقة ذلك بإنتاج الغذاء. كذلك تتناول الدراسة الاحتمالات المختلفة لتأثيرالتغيرات المناخية على الإنتاج الغذائى فى العقود القليلة القادمة.

وفيما يختص بمنهجية الدراسة تعتمد الدراسة على منهجين رئيسين فى الدراسات المناخية وهما المنهج الإقليمى حيث تركز الدراسة على إقليم يتشابه فى خصائصه المناخية وهو الساحل الأفريقى والمنهج التطبيقى حيث تقيم أثر التغيرات المناخية على الأمن الغذائى فى الإقليم أى أثر المناخ فى حياة الإنسان وأيضاً على منهج رئيس فى الدراسات الجغرافية وهو المنهج الوصفى التحليلى من خلال التحليل الإحصائى لحساب المتوسطات ومعامل التذبذب فى كمية الأمطار الساقطة وحساب سنوات الجفاف والمطر أو مايسمى بدورات الجفاف من خلال حساب معامل المطر وحساب الاتجاهات الخاصة بعنصرى الحرارة والمطر من أجل تقييم أثر التغيرات المناخية على الأمن الغذائى فى إقليم الساحل.

جدول (١) الموقع والارتفاع والفترة الزمنية لمحطات الأرصاد الجوية التى اعتمدت عليها الدراسة

الكود الدولى	المحطة	الدولة	دائرة العرض	خط الطول	الارتفاع م	الفترة الزمنية
٦٣٠٢١٠	أسمره	أريتريا	١٥,١٧	٣٨,٥٥	٢,٣	٢٠١٣-١٩٨٠
٦٢٧٥٢٠	الجدارف	السودان	١٤,٠٣	٣٥,٤٠	٥٩٩	٢٠٠٤-١٩١٨
٦٢٧٦٠٠	الفاشر	السودان	١٣,٦١	٢٥,٣٣	٧٣٣	٢٠٠٤-١٩١٨
٦٤٧٠٠٠	انجامنيا	تشاد	١٢,١٣	١٥,٠٣	٢٩٥	٢٠١٣-١٩٨٧
٦١٠٥٢٠	نيامى	النيجر	١٣,٤٨	٢,١٦	٢٢٣	٢٠١٣-١٩٧٣
٦١٢٩١٠	باماكو	مالى	١٢,٥٣	٧,٩٥-	٣٨٠	٢٠١٣-١٩٧٥
٦٥٥٠٣٠	أواجادوجو	بوركينافاسو	١٢,٣٥	١,٥١-	٣١٦	٢٠١٣-١٩٧٣
٦١٦٤١٠	داكار	السنغال	١٤,٧٣	١٧,٥٠-	٢٧	٢٠١٣-١٩٧٣
٦١٤٤٢٠	نواكشوط	موريتانيا	١٨,١٠	١٥,٩٥-	٢	٢٠١٣-١٩٧٣
٦١٧٠١٠	بانجول	جامبيا	١٣,٢٠	١٦,٨٠-	٣٦	٢٠١٣-١٩٧٣
٦٥٠٢٨٠	كاتسينا	نيجيريا	١٣,٠١	٧,٦٨	٥١٧	٢٠٠٨-١٩٧٣

www.tutiempo.net/en/Climate/africa.htm, Climate and historical data of Africa
Nigerian Meteorological Agency, Abuja
http://en.climate-data.org/location/3241
http://www.weatherbase.com/weather/weatherall.php3?s=627520&units

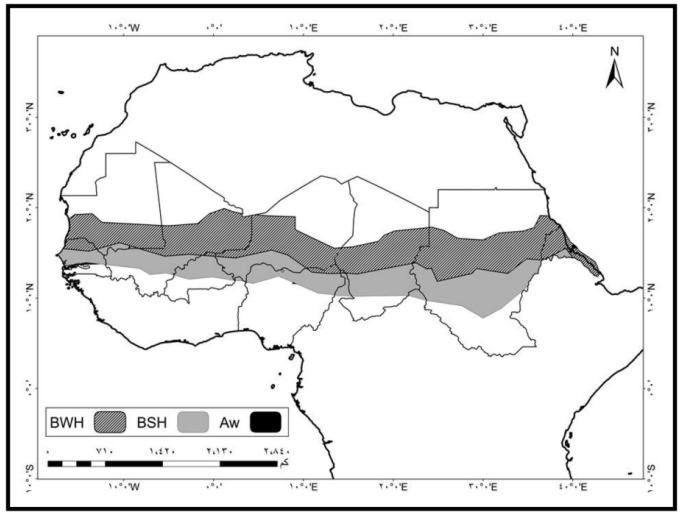
الظروف المناخية في إقليم الساحل

أثر موقع الإقليم بين دائرتى عرض ١٢° و٢٠° شمالاً فى خصائصه المناخية حيث يمتد لمسافة ثمانى دوائر عرض من الجنوب إلى الشمال، وقد أدى هذا الموقع إلى تنوع الأقاليم المناخية. ويتميز مناخ إقليم الساحل بتقلباته السنوية والعقدية خاصة الأمطار حيث تظهر ذبذبتها السنوية والعقدية فى ظهور دورات الجفاف المتكررة والمتسارعة خاصة مع ظاهرة الاحترار العالمى وأهمها فترة الجفاف الشديد في نهاية القرن العشرين. مما جعل دراسة التقلبات المناخية أو ما يعرف عالمياً بالتغير المناخى أمراً ملحاً لما له من آثار خطيرة ومتنوعة على الإنسان وأنشطته بل وعلى بقاءه. ويتسم مناخ إقليم الساحل الأفريقى بالتغيرات الموسمية والعقدية.

وتبعاً لتصنيف كبن Koeppen للمناخ فإن أقصى الأجزاء الجنوبية من الإقليم وكما هو موضح فى (شكل ٢) تقع ضمن الإقليم المداري ذو المطر الصيفي Aw أو

ما يطلق عليه مناخ السافانا حيث لا تقل درجة حرارة هذا الإقليم عن ١٨°م، ويعتمد في مطره علي جبهة الالتقاء المدارية ITCZ ومركزها عند خط الاستواء، ومع التقاء التيارات الشمالية والجنوبية وارتفاع الهواء مع التسخين يسقط المطر تصاعدياً (فايد، ١٩٩٩) وتكون قمة الأمطار فى شهر أغسطس. وإلى الشمال من إقليم السافانا يسود مناخ الاستبس أو كما يصنفه كوين (BSh) وهو مناخ حار عادة، مشمس وجاف وعاصف نوعا ما طوال السنة. وهو مناخ شبه جاف أو شبه صحراوى وتكون أمطاره فى فصل الصيف وتتراوح مدة سقوطه بين أربعة شهور فى الجنوب إلى أقل من ثلاث شهور فى الشمال، ويتميز بتقلباته السنوية والعقدية حيث تظهر ذبذبتها السنوية والعقدية فى ظهور دورات الجفاف المتكررة والمتسارعة خاصة مع ظاهرة الاحترار العالمى وأهمها فترة الجفاف الشديد في نهاية القرن العشرين. وقد شهد الإقليم زيادة طفيفة في هطول الأمطار في حوالي منتصف القرن الماضى تلاه فترة جفاف طويلة لم يسبق لها مثيل فى أواخر ستينيات وثمانينيات القرن العشرين. أما فى الأجزاء الشمالية من الإقليم فيظهر الإقليم الصحراوى (BWh) وهو مناخ أكثر تطرفا فى خصائصه وينعدم المطر وتعم القارية وتزداد درجة الحرارة وتكثر العواصف الترابية.

شكل ٢: الأقاليم المناخية فى إقليم الساحل



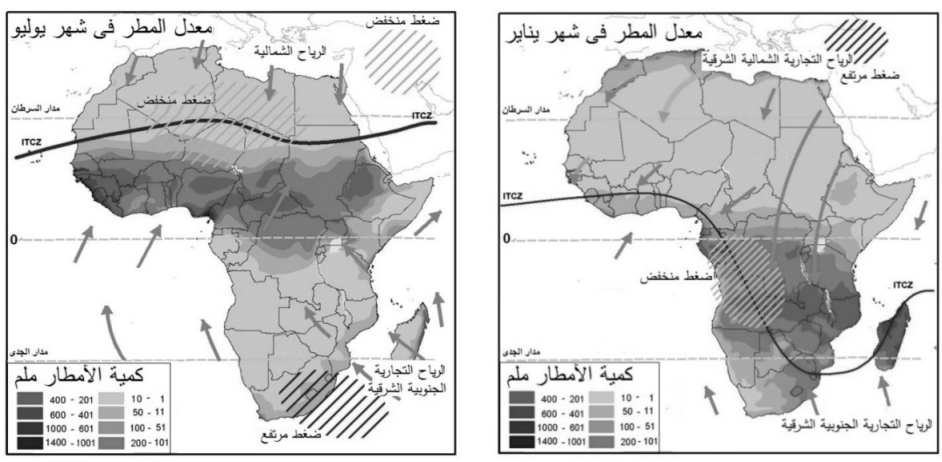
المصدر: Kottek, et al., 2010

وتتوقف كمية الأمطار فى إقليم الساحل علي سيطرة جبهة الالتقاء المدارية ITCZ ومركزها حيث تلتقي التيارات الشمالية الشرقية مع التيارات الجنوبية

الغربية دافعة معها الكتل الهوائية المدارية الرطبة من المحيط الأطلنطى ومع عملية التسخين تبدأ حركة تصعيد الهواء إلي طبقات الجو العليا ثم يسقط المطر. ويتحرك مركز الجبهة شمالاً في نصف الكرة الشمالي فى فصل الصيف حيث تتعامد الشمس على مدار السرطان (شكل ٣) ومعها يبدأ موسم الأمطار فى المناطق التى تصلها. ويتحكم في توزيع الأمطار أيضاً التغيرات الفصلية في نظم الضغط الجوي حيث تتحكم في اتجاه الرياح السائدة(Thomas, et al., 1991).

ويوضح شكل (٣) ايضاً أن الرياح التى تهب على الإقليم تختلف من وقت لآخر من حيث مصدرها وخصائصها، فالرياح الشمالية الشرقية تسود من أكتوبر وحتى مارس وهى رياح متربه وجافة مصدرها الصحراء الكبرى وتسمى محلياً برياح الهرمطان استجابة لنظام الضغط المنخفض فوق جنوبى أفريقيا فى فصل الشتاء. ثم تسود الرياح الجنوبية الشرقية من أبريل وحتى أكتوبر، وترتبط الأمطار بصفة أساسية في شرقى ووسط القارة الأفريقية بالرياح الجنوبية الشرقية (FARIS, 1987). وتتشابه بلدان الاقليم في الخصائص المناخية والغطاء النباتى والأنشطة الاقتصادية التى تعتمد بالأساس على مياه الأمطار. وتتراوح كمية الأمطار الساقطة على الإقليم بين ٢٠٠ ملم فى الشمال إلى أكثر من ٦٠٠ ملم فى المناطق الجنوبية وتقل كمية الأمطار تدريجياً بالاتجاه شمالا كما تقل مدة سقوطه.

شكل ٣: جبهة الالتقاء المدارية ITCZ صيفاً وشتاءً ومعدل تساقط الأمطار فى شهرى يناير ويوليو



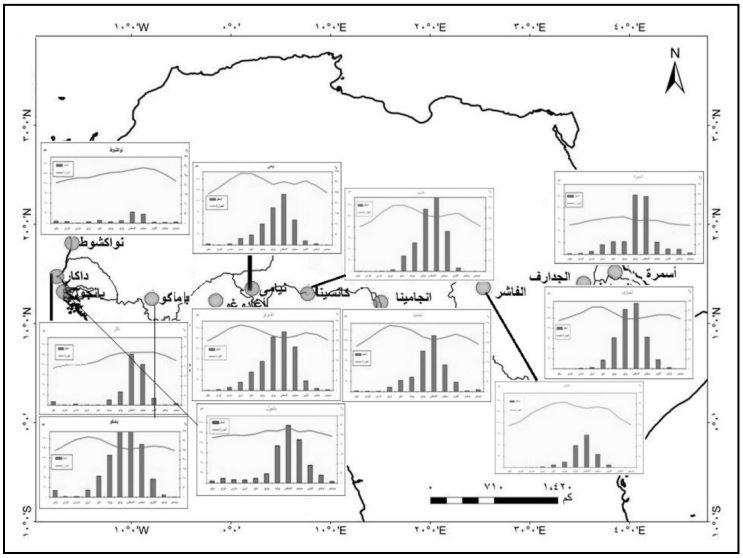
المصدر: www.gridnairobi.unep.org

وتتصف الأمطار فوق إقليم الساحل بالكثافة الشديدة، حيث تفيد كثافة الأمطار في تحديد الأثر الفعلي لها، إذ أن غزارة الأمطار أو شدتها لها أهمية كبيرة بالنسبة لتأثيرها

علي الجريان السطحي من جهه ولأهميتها في دراسة الموازنة المائية من جهة أخري، وكلما زادت الكثافة زادت نسبة الجريان وقلت نسبة التسرب (حميدة، ١٩٨٣). كما تتصف بالتذبذب الشديد خاصة بالبعد عن خط الاستواء أى بالاتجاه شمالاً (Heinrigs, 2010).

ويبين شكل (٤) الخصائص المناخية العامة فى إقليم الساحل من خلال التوزيع الشهرى لعنصرى الحرارة والأمطار فى احدى عشر محطة مناخية موزعة على الإقليم من الشرق إلى الغرب. وتتميز منطقة الساحل بالحرارة الشديدة ودرجات الحرارة لا تختلف كثيراً، فالمناخ حار طول العام ومتوسط درجات الحرارة مرتفعة بشكل عام فى كل شهور السنة كما يوضحها الشكل ولا تقل درجات الحرارة فى جميع الأحوال عن ١٨ درجة مئوية. وتزداد مدة أشعة الشمس على مدار السنة بين ٢٧٠٠ ساعة (حوالي ٦١٪ من ساعات النهار) و٣٥٠٠ ساعة (أكثر من ٧٩٪ من ساعات النهار). وعلى سبيل المثال تبلغ مدة أشعة الشمس فى نيامي بالنيجر نحو ٣٠٨٢ ساعة ؛ وفى جاو بمالي تقترب من ٣٣٨٥ ساعة ؛ وفى تمبكتو بمالي تبلغ ٣٤٠٩ ساعة، أما فى نجامينا بتشاد فتبلغ ساعات سطوع الشمس فى العام نحو ٣٢٠٥ ساعة (Heinrigs, 2010).

شكل (٤) التوزيع الشهري لعنصرى الحرارة والأمطار في إقليم الساحل



مصدر البيانات : http://www.tutiempo.net/en/Climate/africa.htm, Climate and historical data of Africa
Nigerian Meteorological Agency, Abuja
http://en.climate-data.org/location/3241
http://www.weatherbase.com/weather/weatherall.php3?s=627520&units

ويوضح الشكل أيضاً التوزيع الشهرى لتساقط الأمطار فى محطات الدراسة حيث نجد فصل ممطر واضح ويبدأ في يونيه وينتهي في سبتمبر، ويستقبل نحو ٦٠-٩٠ ٪ من الأمطار السنوية. وتكون قمة المطر في شهري يوليو وأغسطس. وخلاصة القول أن إقليم الساحل يتميز بفصلين واضحين أحدهما جاف ويسود معظم شهور السنة من أكتوبر إلى مايو وتهب فيه رياح الهرمطان ومصدرها الصحراء وهى رياح جافة ومتربة. والموسم الثانى هو موسم الأمطار وهو قصير ويمتد من يونيه إلى سبتمبر وأمطاره غير منتظمة وتختلف فى كميتها كثيرا من عام إلى آخر والجزء الأكبر من المطر يمكن أن يسقط في شهر واحد أو اثنين فقط خلال العام.

بعض التغيرات المناخية في إقليم الساحل (الحرارة والأمطار)

أفادت دراسات عديدة قام بها باحثون مناخيون وهيئات منظمات عالمية مثل الهيئة العالمية المعنية بالتغيرات المناخية IPCC بأن الكرة الأرضية تشهد ارتفاعاً ملحوظاً ومستمراً في درجات الحرارة منذ منتصف القرن التاسع عشر. كما تتعرض الأمطار للتذبذب الشديد أو ما يطلق عليه بالانحراف عن المعدل من الأهمية بمكان لتحديد درجة فاعلية الأمطار خاصة فى المناطق شبه الجافة، حيث تشهد الأرض موجات من الفيضانات في بعض المناطق في حين تتعرض مناطق أخرى لموجات من الجفاف المتكرر كإقليم الساحل الأفريقى والذى تعد دوله من الدول عالية الحساسية للتغيرات المناخية، ذلك أنها واقعة ضمن الأراضي الجافة وشبه الجافة الأكثر تضرراً من التغيرات المناخية.

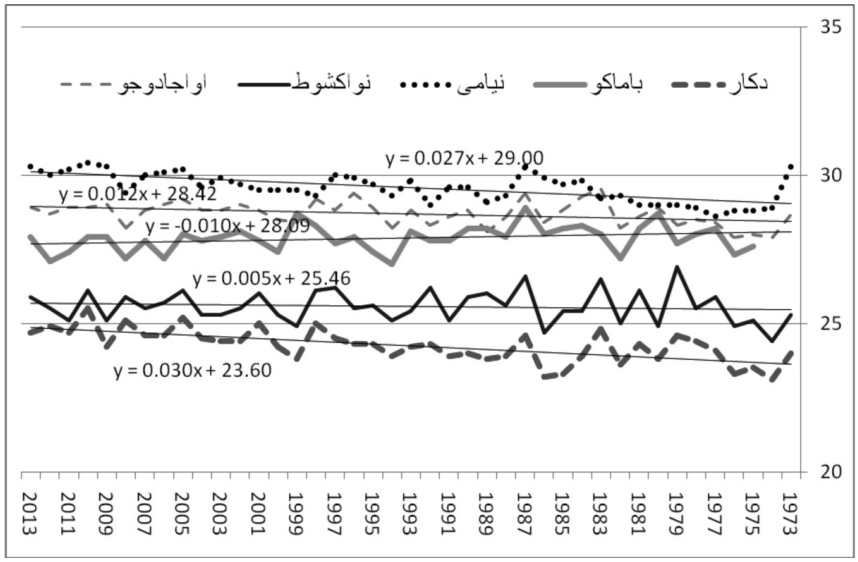
وقد أوضحت تحليلات البيانات المناخية فى المحطات المختارة ارتفاع درجة حرارة سطح الأرض بما يتفق مع الاتجاهات العالمية والتذبذب الواضح فى كمية الأمطار الساقطة على الإقليم الساحل خلال سنوات الدراسة وبحساب مقدار التغير فى درجة الحرارة أو مايعرف باتجاهات درجة الحرارة فى بعض محطات الإقليم، كما يوضح شكل (٥) أن مقدار التغير لكل عقد يفوق المعدل العالمى لدرجة التغير حيث ذكر تقرير الهيئة العالمية المعنية بالتغيرات المناخية أن ١١ سنة من السنوات ١٢ الماضية (١٩٩٥-٢٠٠٦) مرتبة بين أحر ١٢ سنة منذ عام ١٨٥٠وحتى الآن. وقد زاد الاحترار فى الخمسين سنة الماضية ليكون ٠,١٣ درجة مئوية لكل عقد (IPCC.a, 2007).

ويوضح جدول (٢) تغير درجة الحرارة أو مايعرف بمؤشرات التغيرات المناخية فى إقليم الساحل. إذ أن درجة الحرارة ارتفعت بمعدل ٠,٢٧ درجة/عقد فى أعلى المحطات وهى نيامى فى الفترة من ١٩٧٣ إلى ٢٠١٣ بينما كان اتجاه

درجة الحرارة سلبياً فى باماكو وحدها ولكنه كان ضعيفاً فى حين سجلت نواكشوط تغيراً طفيفاً بلغ ٠,٠٥ درجة / عقد فى نفس الفترة.

وقد ذكر تقرير IPCC.a,2007 أن أكبر تناقص فى كمية الأمطار فى القرن العشرين كانت فى منطقة الساحل الأفريقى وأن الإقليم تعافى من موجات جفاف متكررة وشديدة في العقد التسعينى وأن من آثار هذا الجفاف تناقص التدفق المائى لنهرى النيجر والسنغال وأن من أسباب التقلبات السنوية والعقدية لأمطار إقليم الساحل الاستجابة للرياح الموسمية الصيفية الهابة على أفريقيا لقوة المحيط التى تضخمها تفاعل الغلاف الجوى للأرض.

شكل (٥) اتجاهات الحرارة (١) Trends فى بعض محطات إقليم الساحل (١٩٧٣-٢٠١٣)



مصدر البيانات:

http://www.tutiempo.net/en/Climate/africa.htm, Climate and historical data of Africa

ويعد إقليم الدراسة من المناطق المعرضة للذبذبة السنوية للأمطار بسبب وقوعه في المنطقة المدارية من جهة ولأن السبب الرئيسي لسقوط الأمطار هو جبهة الالتقاء المدارية (ITCZ) ومدي امتدادها شمالاً. ونتيجة لعدم توافر بيانات مناخية منتظمة

(1) A simple linear regression analysis, the least square method, (Thom, 1966), was applied to compute the trends of rainfall based on the annual totals, as the trend is the basic tool for describing and analyzing the changes of climate parameters (HOUGHTON, et al., 2001).

في منطقة الدراسة، تم تحليل ما هو متاح من بيانات خاصة بكمية الأمطار الشهرية والسنوية في بعض المحطات المناخية فى الفترات الزمنية الموضحة بجدول (١).

جدول (٢) تغير درجة الحرارة لكل عقد (مئوية) فى بعض محطات الإقليم (١٩٧٣-٢٠١٣)

المحطة	اواجادوجو	نواكشوط	نيامى	باماكو	داكار
المتوسط السنوى ° م	28.7	25.6	29.6	27.9	24.3
تغير درجة الحرارة لكل عقد	0.12	0.05	0.27	-0.1	0.3

من حساب الباحث اعتماداً على البيانات المناخية المتاحة

مصدر البيانات: http://www.tutiempo.net/en/Climate/africa.htm, Climate and historical data of Africa

جدول (٣) المتوسط السنوى والانحراف المعيارى ومعامل التذبذب وتغير كمية الأمطار لكل عقد (ملم) فى بعض محطات الإقليم فى سنوات الدراسة

المحطة	المتوسط السنوى لكمية الأمطار ملم	الإنحراف المعيارى للقيم	معامل التذبذب[٢] (الانحراف/المعدل)	التغير لكل عقد/ملم
اواجادوجو	661	230	0.35	66
نواكشوط	132	114	0.87	21
نيامى	485	153	0.32	31
باماكو	886	352	0.40	97
اسمرة	294	63	0.21	23
داكار	406	160	0.39	67
كاتسينا	530	143	0.27	17
الجدارف	630	138	0.21	-10
الفاشر	264	106	0.40	-12

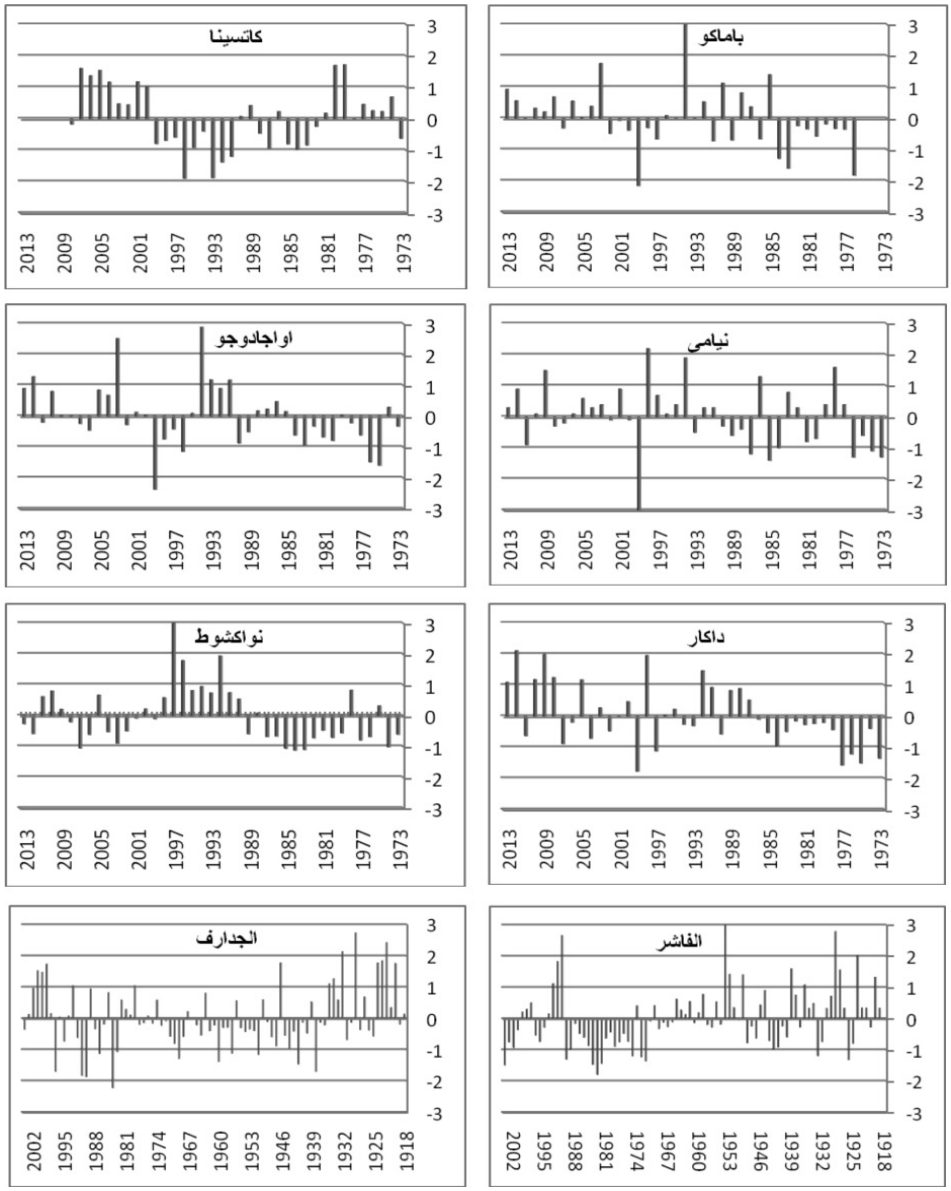
من حساب الباحث اعتماداً على البيانات المناخية المتاحة

مصدر البيانات: http://www.tutiempo.net/en/Climate/africa.htm, Climate and historical data of Africa
Nigerian Meteorological Agency, Abuja
http://en.climate-data.org/location/3241
http://www.weatherbase.com/weather/weatherall.php3?s=627520&units

(2) Rainfall variability was expressed by coefficients of variability (standard deviation/annual mean) which is used with ratio scale variables where zero is an absolute zero point, i.e. 0 = nil, very low = < 0.1, low = 0.1-0.2, medium = 0.2-0.3, high = 0.3-0.4, and very high = >0.4 (Broms, 2004).

السنوات الجيدة والسنوات السيئة فى كمية الأمطار

شكل (٦) سنوات الجفاف والمطر فى محطات إقليم الساحل فى الفترة من ١٩٧٣ وحتى ٢٠١٣



مصدر البيانات:

http://www.tutiempo.net/en/Climate/africa.htm
Nigerian Meteorological Agency, Abuja
http://en.climate-data.org/location/3241
http://www.weatherbase.com/weather/weatherall.php3?s=627520&units

وأوضحت النتائج أيضاً التباين المكانى والزمانى للأمطار نتيجة لتباين المواقع، وبحساب الإنحراف المعياري ومعامل تذبذب الأمطار ومقدار التغير لكل عقد في المحطات المناخية في محطات الإقليم المناخية تبين عظم الذبذبة من سنة لأخري، ومن ثم تتصف الأمطار فى الإقليم بالذبذبة السنوية الواضحة. ويوضح الجدول (٣) إرتفاع الإنحراف السنوي عن المعدل في معظم المحطات، إذ يتراوح بين ٣٥٢ ملم/سنة في باماكو و٦٣ ملم / سنة في أسمرة ولايقل عن ١٠٠ ملم / سنة فى باقى المحطات المناخية، وهو انحراف كبير جداً مما يؤكد الذبذبة الشديدة والواضحة في كمية الأمطار الساقطة من سنة لأخرى .

ويظهر من خلال الجدول (٣) أيضاً عظم معامل التذبذب (Rainfall Variability) فى سنوات الدراسة فى إقليم الساحل فالذبذبة كانت متوسطة فى ثلاث محطات هى الجدارف وأسمرة وكاتسينا (٢٠-٣٠٪) وكانت مرتفعة فى خمس محطات هى اواجادوجو، نيامى، داكار، الفاشر، و باماكو (٣٠-٤٠٪) وكان معامل التذبذب مرتفع جداً فى نواكشوط. ويلاحظ من هذه التحليلات للبيانات المناخية أن معامل التذبذب يزداد فى المحطات التى تقع أكثر شمالية ومثال ذلك أن كاتسينا يقل فيها معامل التذبذب عن نواكشوط. أما بالنسبة لمقدار التغير فى كمية الأمطار التى تسقط سنوياً على الإقليم فقد يتضح من الجدول (٣) أن الإتجاه كان مرتفعاً فى معظم محطات الإقليم وفى الحقيقة أنه مايمكن أن يقال عن درجة الحرارة فى هذا الصدد لايمكن قوله عن الأمطار نظراً لطبيعة الأمطار فى هذا الإقليم فالإتجاه الإيجابى للأمطار على معظم المحطات محل الدراسة لايعكس مطلقاً أن كمية الأمطار فى تزايد بسبب التذبذب الشديد والواضح من سنة لأخرى.

وقد أظهرت حسابات مقدار التغير لكل عقد أن كمية الأمطار السنوية فى تناقص فى محطتى الفاشر والجدارف فقط حيث سجلت الاتجاهات -١٠ و-١٢ ملم/ عقد لكل منهما على التوالى، فى حين أن الإتجاهات فى باقى المحطات كانت موجبة وتراوحت الزيادة بين ٩٧ ملم/عقد فى باماكو و ١٧ ملم/عقد فقط فى محطة كاتسينا بشمالى نيجيريا وفى جنوبى إقليم الدراسة.

ولإظهار أن اتجاهات الأمطار لاتمثل شيئاً فى التقلبات المناخية فى الإقليم وأن القول الفصل فى أهمية الأمطار وتأثيراتها المختلفة هى الذبذبة السنوية تم حساب مؤشر

الأمطار فى محطات الدراسة فى الفترة من ١٩٧٣ إلى ٢٠١٣ لإظهار سنوات الجفاف والسنوات الرطوبة أو بمعنى آخر السنوات الجيدة والسنوات السيئة فى كمية الأمطار الساقطة والتى تؤثر بدرجة كبيرة على أمن الإنسان خاصة أمنه الغذائى والمتمثل فى قطاع الزراعة والتى يغلب عليه الزراعة المطرية. فإقليم الساحل لديه تاريخ طويل من التقلبات فى تساقط الأمطار سواء فى الكمية أو الفصلية أو حتى فى كثافاته المتفاوتة.

ويوضح شكل (٦) أن سنوات الدراسة يغلب عليها السنوات السيئة والتى تتساقط فيها الأمطار بكمية أقل من المعدل فى أغلب المحطات كما يلاحظ أن سبعينيات وثمانينيات القرن العشرين شهدت موجات جفاف قاسية على الإقليم. ويبين جدول (٤) عدد السنوات الجافة أو التى يكون مطرها أقل من المتوسط ونسبتها إلى عدد سنوات الدراسة فى المحطات الناخية. وفى إقليم الساحل ككل، وجاء الإقليم بصفة عامة ليسجل أن ٦٣٪ من عدد السنوات التى يبلغ ١١٣ سنة شهدت أمطاراً أقل من المتوسط (شكل ٧).

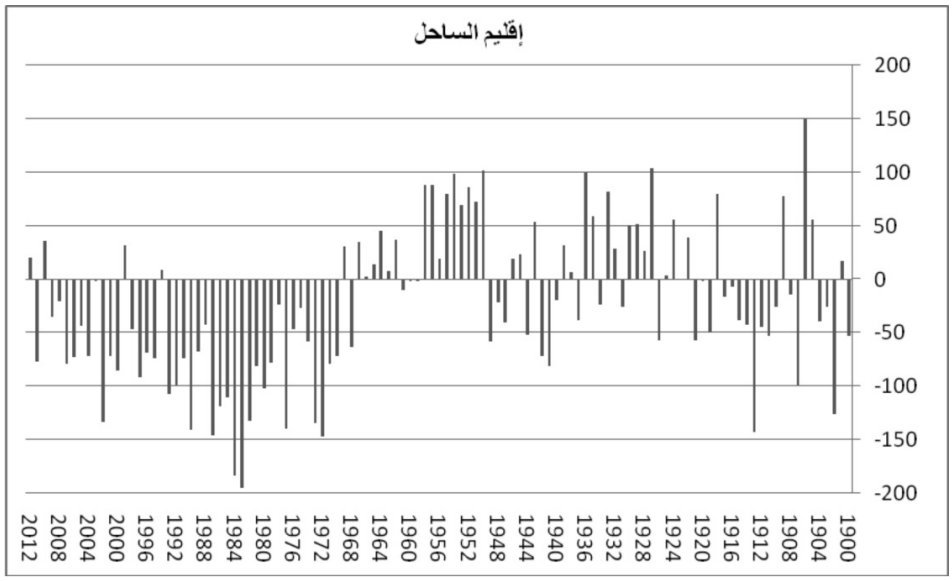
جدول (٤) عدد السنوات الجافة أو التى يكون مطرها أقل من المتوسط ونسبتها إلى عدد سنوات الدراسة فى المحطات المختلفة وفى إقليم الساحل ككل

المحطة	عدد السنوات الجافة	عدد السنوات الكلية	نسبة السنوات الشحيحة ٪
الجدارف	52	87	60
الفاشر	49	87	56
نواكشوط	24	41	59
اواجادوجو	20	41	49
نيامى	19	41	46
داكار	24	41	59
كاتسينا	18	36	50
باماكو	22	38	58
اسمرة	15	32	47
إقليم الساحل	71	113	63

مصدر البيانات : http://www.tutiempo.net/en/Climate/africa.htm, Climate and historical data of Africa
Nigerian Meteorological Agency, Abuja
http://en.climate-data.org/location/3241
http://www.weatherbase.com/weather/weatherall.php3?s=627520&units

ثم تباينت النسبة بين المحطات المختلفة نتيجة للقرب أو البعد من مصدر الرياح الممطرة وعامل القارية وأيضاً القرب والبعد عن نطاق جبهة الالتقاء المدارية فالمحطات الشمالية شهدت جفافاً أكبر من الجنوبية، مثال ذلك كاتسينا شهدت جفافاً بنسبة ٥٠٪ من مجموع سنوات ٣٦ سنة فى حين سجلت نواكشوط ٥٩٪ من السنوات الجافة من مجموع ٤١ سنة من ١٩٧٣-٢٠١٣. وشهدت المحطات الشرقية جفافً أكبر من المحطات الغربية فى إقليم الساحل، مثال ذلك سجلت محطتى الجدارف والفاشر سنوات جافة بنسبة ٦٠٪ و٥٦٪ على التوالى من مجموع سنوات الدراسة فى كل منهما وهى ٨٧ سنة فى حين سجلت اواجادوجو ونيامى نسب ٤٩٪ و ٤٦٪ فقط من السنوات الجافة من مجموع سنوات بلغ ٤١ سنة.

شكل (٧): مؤشر الأمطار فى إقليم الساحل ١٩٠٠-٢٠١٢ (دورات الجفاف)



مصدر البيانات : http://jisao.washington.edu/data_sets/sahel/#analyse, Sahel Precipitation Index (20-10N, 20W-10E), 1900 - October 2013

وقد ذكر Gommes and Petrassi, 1996 أن أسوء موجات الجفاف التى أصابت القارة الأفريقية كانت فى العقد الثانى من القرن العشرين مما أثر على شرقى وغربى القارة الأفريقية على حد سواء. استتبعت بزيادة كميات الأمطار، ولكن موجات الجفاف ظهرت مرة أخرى منذ ١٩٥٠ وبلغت ذروتها في غربى

أفريقيا، و ابتداءً من عام ١٩٨٨ سجلت منطقة الساحل سلسلة من السنوات الجيدة الأمطار (في كثير من الأحيان مصحوبا الفيضانات) مما يؤكد القوة المتزايدة فى تغير المناخ فى الآونة الأخيرة.

وقد ظهرت تفسيرات مختلفة لعملية التقلبات المناخية خاصة سنوات الجفاف فى إقليم الساحل ومن هذه التفسيرات مايرجع إلى ظاهرة الاحتباس الحرارى الناتجة عن زيادة الغازات الدفيئة. وقد أكدت دراسات النمذجة على أهمية دور درجة حرارة سطح البحر في تنظيم سقوط الأمطار في منطقة الساحل ويبدو أن الأمطار في إقليم الساحل مرتبطة سلبياً مع حرارة المحيطين الهندي والهادى الاستوائية وإيجابياً مع حرارة المحيط الأطلسي(Heinrigs, 2010).

الوضع الغذائي الحالي في دول إقليم الساحل

ذكر مؤتمر القمة العالمي للأغذية عام ١٩٩٦ أن الأمن الغذائي يتحقق عندما يتمتع البشر كافة في جميع الأوقات بفرص الحصول على الغذاء من الناحيتين المادية والاقتصادية بطريقة آمنة وكافية الطعام المغذي التي تلبي حاجاتهم التغذوية وتناسب أذواقهم الغذائية كي يعيشوا حياة موفورة النشاط والصحة (EC - FAO Food Security Programme, 2008). وأقرت وزارة الزراعة الأميركية بأن "الأمن الغذائي للأسرة يعني وصول جميع أفراد في جميع الأوقات إلى ما يكفي من الغذاء. وعدم تحيق الأمن الغذائى سيسبب كثيراً من المشكلات الأكثر تعقيداً وأهمها المشكلات الصحية. وقد لخص البعض مصطلح التنمية المستدامة فى تحقيق الأمن الغذائى للسكان وقد زادت النقاشات والمؤتمرات حول هذا الموضوع الحيوى الهام فى وقتنا الراهن بسبب سوء توزيع الغذاء وعدم كفايته لكثير من السكان خاصة فى الدول الفقيرة وخير مثال لهذه الدول التى لاتستطيع تحقيق أمن سكانها الغذائى الدول الأفريقية التى تضم ربع سكان العالم الذين يعانون من الجوع وأن ٣٥٪ من سكانها يعانون من الجوع.

وبما أن الأمن الغذائي يعرف بقدرة الدول على توفير احتياجات سكانها من الغذاء سواء بتحقيق الاكتفاء الذاتي من الغذاء أو شراء ما يلزم من الغذاء تحت كل

الظروف. جميع دول إقليم الساحل ليس لديها القدرة على تحقيق الأمن الغذائي لسكانها نظراً لعدة عوامل منها الظروف المناخية وحالات الجفاف المتكررة، والموارد المائية المحدودة، والأنماط الزراعية، والرعي الجائر، والنمو السكاني المرتفع بالإضافة إلى الفقر السائد مع تزايد أسعار الغذاء في العالم. ويعانى الإقليم من عجز شديد في الغذاء وتحدث مجاعات تؤدي بحياة الألوف بل وأحياناً الملايين من فترة لأخرى للعوامل السابقة ولكن أكثرها فاعلية التغيرات المناخية الحديثة وخاصة تذبذب الأمطار كما سبق ذكره لأن قطاع الزراعة والمتمثل فى الزراعة والرعى وصيد الأسماء يعتمد بشكل أساسى على خصائص الأمطار الكمية والموسمية والكثافة وأن أى تغير فى هذه الخصائص له آثار كارثية على دول الإقليم وموجات الجفاف التى يزداد تكرارها منذ بداية النصف الثانى من القرن العشرين وحتى الآن لخير دليل على ذلك.

ومما زاد الوضع تفاقماً أنه ومع انخفاض الأمطار وزيادة السنوات التى تستقبل كمية أقل من المتوسط وموجات الجفاف المتكررة وارتفاع درجة الحرارة، شهدت منطقة الساحل نمواً سريعاً في عدد السكان. ففي عام ١٩٦١ كان الساحل موطنا لحوالي ١٩ مليون نسمة انفجر إلى ٥٠ مليون نسمة بحلول عام ٢٠٠٠ وقد أدت هذه الطفرة السكانية في التوسع في الأراضي الزراعية على حساب الأراضي الرعوية (Smith, 2008). وإذا كان الوضع كذلك فى ٢٠٠٠ والسكان حوالى ٥٠ مليون نسمة فكيف الوضع الآن وقد تضاعف أعداد السكان فى دول الإقليم (جدول ٥) مع ثبات الموارد بل قلت الموارد نتيجة للاستخدام غير الرشيد للمياه والتربه فساد الرعى الجائر والزراعة حلت محل مساحات رعوية شاسعة فى الإقليم وتصحرت آلاف الهكتارات وزحفت الصحراء إلى الجنوب وتدهورت البيئة على نطاق واسع ولذا يمكن القول أن الوضع الغذائى فى الإقليم ليس مرضياً بل يزداد سوءً وعلى منظمات الأمم المتحدة والجمعيات الإقليمية والدول الغنية مساعدة دول هذا الإقليم لتوفير غذاءه.

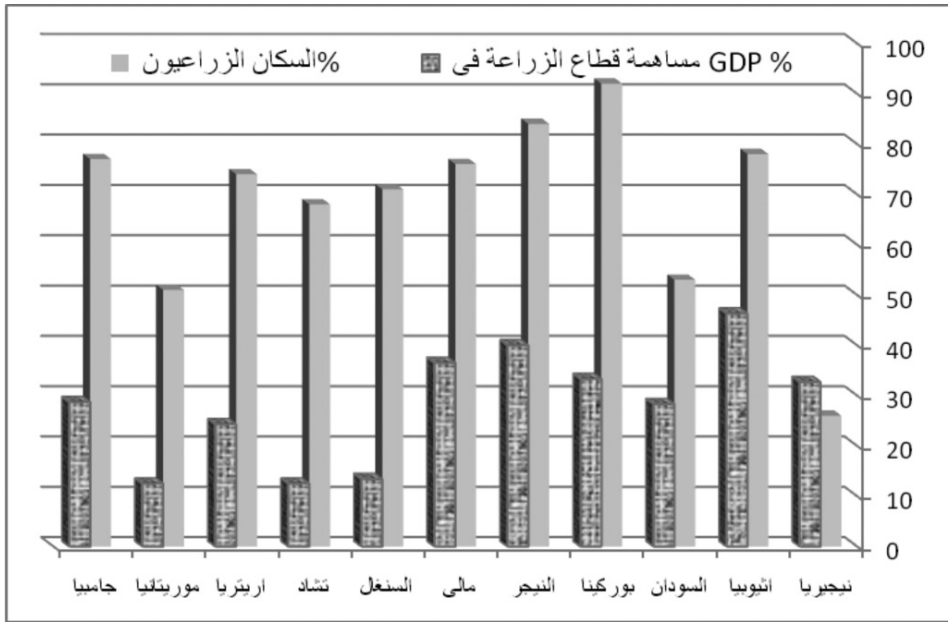
جدول (٥) عدد السكان ونسبة الزراعيين منهم ومساهمة قطاع الزراعة فى GDP ٪ عام ٢٠٠٦

الدولة	عدد السكان مليون نسمة	السكان الزراعيون ٪ من الإجمالى	مساهمة قطاع الزراعة فى GDP ٪
نيجيريا	151.21	26	32.7
السودان	41.35	53	28.3
بوركينا فاسو	15.23	92	33.3
النيجر	14.7	84	40.0
مالى	12.71	76	36.5
السنغال	12.21	71	13.4
تشاد	10.91	68	12.5
اريتريا	4.93	74	24.3
موريتانيا	3.22	51	12.5
جامبيا	1.66	77	28.7

المصدر: Heinrigs, 2010

ويوضح جدول (٥) أهمية قطاع الزراعة والذى يعد عماد الأمن الغذائى فى إقليم الساحل فى إستيعاب معظم سكان الإقليم، بإستثناء نيجيريا الغنية بالبترول والغاز الطبيعى، من حيث العمل فمعظم السكان لايعرفون حرفة غير الزراعة والرعى وصيد الأسماك وقد وصلت نسبة العاملين من إجمالى عدد السكان فى قطاع الزراعة إلى ٩٢٪ فى دولة بوركينا فاسو و٨٤٪ فى دولة النيجر و٧٧٪ فى جامبيا وعموماً لاتقل النسبة عن نصف عدد السكان وهذا دليل على أهمية هذا القطاع الذى تتراوح مساهمته فى الناتج المحلى الإجمالى بين ٤٠٪ فى دولة النيجر و ١٢,٥٪ فى موريتانيا (شكل ٨).

شكل (٨) نسبة السكان الزراعيين من إجمالى عدد السكان ومساهمة قطاع الزراعة فى GDP ٪ فى دول إقليم الساحل ٢٠٠٦.



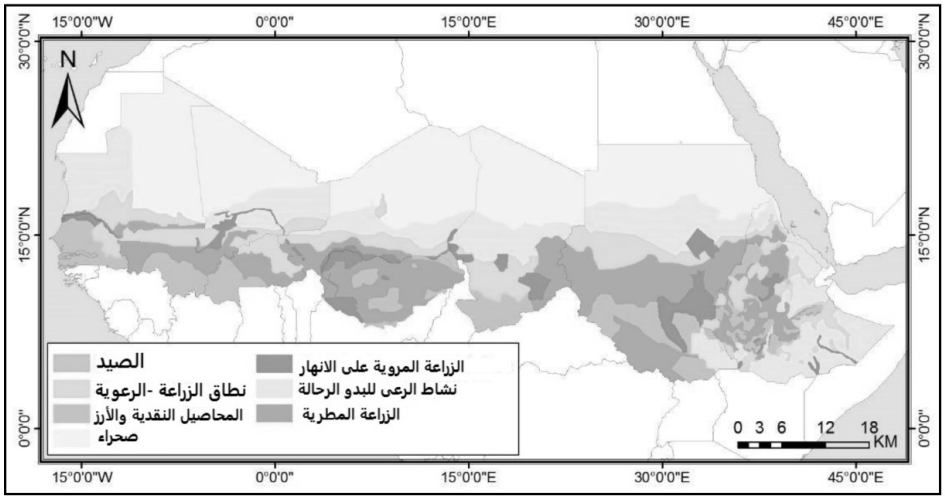
مصدر البيانات: Heinrigs,2010

ويبين شكل (٩) أنماط الزراعة فى إقليم الساحل حيث تنتشر الزراعة المطرية والمطرية الرعوية فى ربوع الإقليم وتقل المساحات التى تعتمد على الرى فى الزراعة كما تنتشر الأراضى الرعوية مما يدل على مدى علاقة المناخ والتغيرات المناخية بالإنتاج الزراعى وإنتاجية المحاصيل من سنة لأخرى وايضاً الأثر الكبير على الثروة الحيوانية التى تعتمد بالأساس على المراعى الطبيعية. ومن ثم اثر التغيرات المناخية التى تشهدها الأرض فى الوقت الراهن على الأمن الغذائى خاصة فى الدول الفقيرة محدودة الموارد كدول إقليم الساحل.

وقد حذرت منظمة الفاو فى يوليو ٢٠١٣ أن ما لا يقل عن ١١ مليون شخص في إقليم الساحل والصحراء بإفريقيا ما زالوا غير آمنين غذائياً على نحو حاد، بينما تواصل الأسر الفقيرة في بلدان الإقليم استنفاد أرصدتها من مخزونات الغذاء قبيل موسم الحصاد المقبل وتواجه ارتفاعاً مطرداً في أسعار السلع الغذائية (FAO, 2013). وذكرت الفاو فى فبراير ٢٠١٤ أيضاً أن حوالى ٢٠ مليون شخص يواجهون حالياً خطر انعدام الأمن الغذائى فى إقليم الساحل الأفريقى، ويتطلب ٢,٥ مليون

منهم مساعدة غذائية عاجلة، لإنقاذهم من خطر الهلاك، والمقدّر أن نحو خمسة ملايين طفل دون سن الخامسة سيعانون من سوء التغذية فى غضون عام ٢٠١٤، بينما سيواجه نحو ١,٥ مليون منهم سوء التغذية الحاد. وأجبر العنف وانعدام الأمن ١,٢ مليون شخص على الفرار من مساكنهم، مما استتبع نزوحاً داخلياً. وتقارب أعداد التسجيل اليومية في مراكز إعادة التأهيل الغذائي المستويات القصوى لعام ٢٠١٢ خصوصاً في تشاد، ومالي، والنيجر، ونيجيريا. وتواجه أعداد إضافية من السكان فى إقليم الساحل خطر انعدام الأمن الغذائى وقد نمت احتياجاتها على نحو جاد بحيث لا يمكن لوكالة أو منظمة بمفردها معالجة هذا الوضع المتردى.

شكل (٩) أنماط الزراعة فى دول إقليم الساحل ٢٠٠٦



المصدر: بتصريف عن https://lib.stanford.edu/gis-branner-library/data-websites-africa

ومع أن دول الإقليم تعتمد كلية على الأمطار فى إنتاج غذائها، لوحظ فى السنوات القليلة الماضية زيادة عدد الآبار وشبكات الري فى العديد من مشاريع المساعدات الخارجية. فمنذ أواخر العقد الستينى من القرن العشرين بدأ الساحل فى معاناة دورات الجفاف المتكررة والتى استمرت حتى أوائل الثمانينيات وأسفرت عن أكثر من مليون حالة وفاة في المنطقة. ونتيجة لذلك تدفقت مساعدات الاغاثة من المجتمع الدولي وتم استثمار الكثير من الأموال المتبرع بها للتخفيف من الجفاف في مشاريع الموارد المائية أهمها مشاريع السدود وقنوات الري والآبار ومع الأسف جعلت تحديات البيئة فى الإقليم من الصعب على العديد من هذه المشاريع تحقيق النجاح(Smith, 2008).

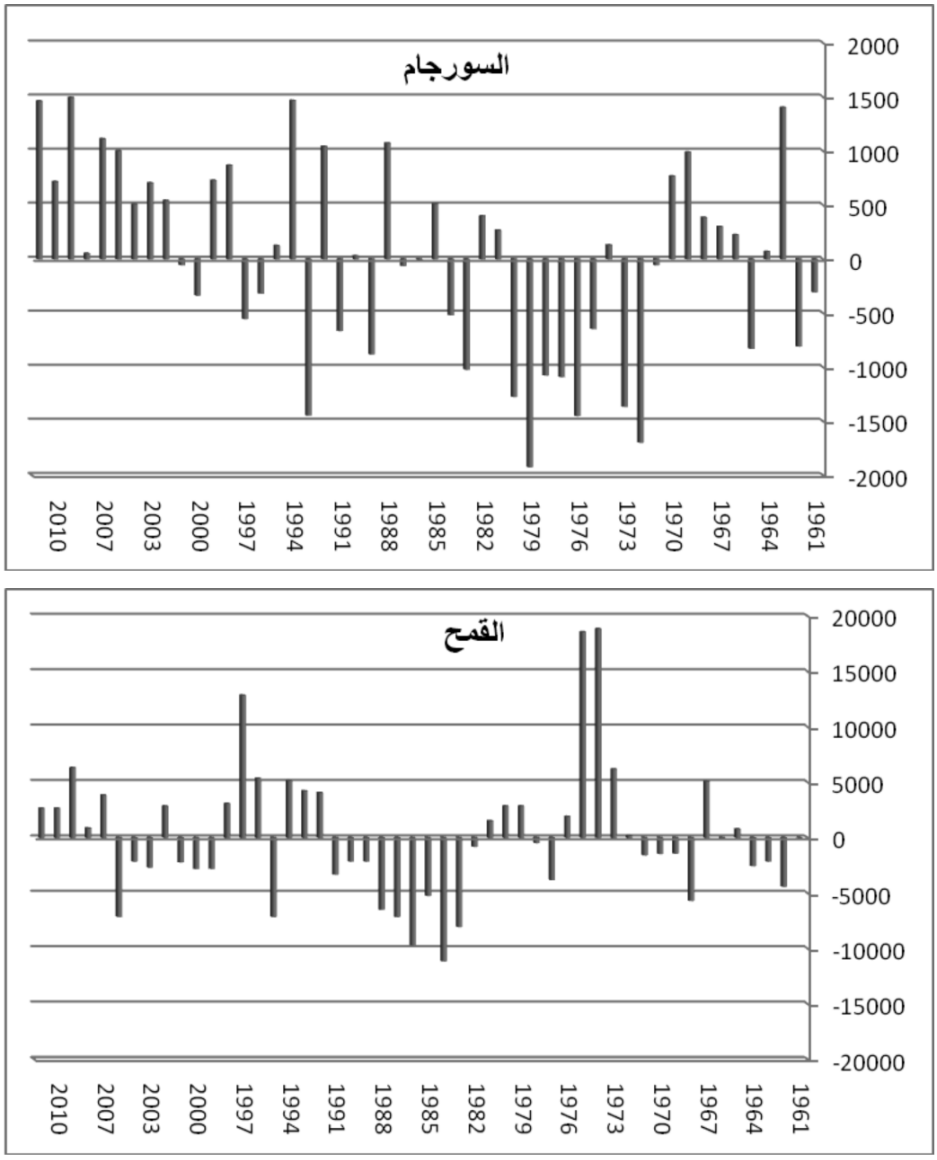
ومما ساعد على تفاقم مشكلة الغذاء فى إقليم الساحل اعتماد النشاط الاقتصادى على القطاعات الأكثر تضررا بالتغير المناخى مثل الزراعة والرعى وصيد الأسماك. كما يعانى الإقليم من بيئة هشة نتيجة تدهر بيئى يتمثل فى التلوث وتدهور التربة وشح فى موارد المياه وتدنى فى التنوع الحيوى والتصحر بالإضافة إلى ارتفاع مزمن فى معدلات الفقر والبطالة والمرض فى بعض الدول وازدياد سكاني مطرد (نسبة إلى الإنتاجية والدخل والموارد الطبيعية المتاحة) وعدم الاستقرار السياسي والنزاعات القبلية المسلحة وعدم الوعى البيئى عند السكان. بالإضافة إلى زيادة أسعار الغذاء وانتشار الجراد الصحراوى فى بعض السنوات، فقد قدر انتاج الحبوب فى دول الساحل والغرب الأفريقى بحوالى ٥٧,٣١٨ ألف طن فى موسم النمو ٢٠١٣/٢٠١٢ بزيادة حوالى ١٣٪ من العام السابق له و ١٨٪ زيادة عن متوسط الأعوام السابقة. ومع هذه الزيادة فى الإنتاج ظلت أسعار الحبوب مرتفعة عن اسعار ٢٠١١ خاصة فى محصول الذرة الرفيعة وهذا سيؤثر على الأمن الغذائى للفقراء وخاصة الرعاه. ومنذ ٢٠١٢ لايهدد المحاصيل الغذائية فى إقليم الساحل بعد موسم الأمطار إلا الجراد الصحراوى خاصة فى النيجر وتشاد ومالى وموريتانيا.وقد قوضت «أزمات الغذاء والتغذية المتكرّرة في إقليم الساحل خلال الأعوام ٢٠٠٥ و٢٠٠٨ و٢٠١٢ قدرة الفقراء على استعادة موارد معيشتهم. وبدلاً من زراعة أراضيهم أجبر كثيرون من المزارعين الفقراء على بيع جهودهم والعمل لحساب الآخرين.

العلاقة بين التغيرات المناخية الحديثة والإنتاج الزراعي والحيواني في إقليم الدراسة

يعد عامل المناخ من أهم العوامل الطبيعية تاثيرا في تحديد انواع المحاصيل حيث يحدد المناطق التي يمكن زراعتها بمحاصيل معينة، فدرجة الحرارة تحدد طول فصل النمو ونوع النباتات وانتاجية بعض المحاصيل والحصول على اقصى منفعه اقتصادية منها. وقد ادى هذا الى ظاهرة التخصص الزراعي وارتباط المحاصيل بدرجات الحرارة وكلما زادت قدرة النبات على تحمل درجات الحرارة المتفاوتة كلما كان أوسع انتشاراً. ويجب ألا تقل درجة الحرارة عن حدها الأدنى اللازم اثناء فصل النمو فكل محصول له درجة حرارة مفضلة لنموه. ففي حالة حدوث التغير إلى مناخ شديد الحرارة فإن المزارعين سيزرعون مزيدا من الفاكهة والخضراوات في الأجزاء التي كانت في العادة رطبة من أفريقيا، لكن سيقل ما يزرعونه من هذه النباتات في

المناطق المنخفضة شبه القاحلة. أما فيما يخص الأمطار فلها التأثير الفاعل فى القطاع الزراعى (Reuben, 1981) خاصة فى المناطق المدارية لأنها لاتعانى من مشكلة فى درجة الحرارة وإنما التأثير فيها يكون لعنصر الأمطار فنمو المحاصيل يرتبط بالأمطار فى إقليم الساحل لأنها المصدر الرئيسي للمياة العذبة اللازمة لكل نبات.

شكل (١٠) تذبذب انتاجية محصولى القمح والسورجام فى تشاد من ١٩٦١ الى ٢٠١١ كجم/هكتار



مصدر البيانات: من عمل الباحث اعتماداً على FAO Statistics Division 2014

وتعد التغيرات المناخية فى إقليم الساحل الأفريقى أحد المكونات التى يصعب تجاهلها عند دراسة مشكلة الغذاء وتتمثل أهم سمات هذه التغيرات المناخية فى زيادة درجة الحرارة سواء العظمى أوالصغرى، وأيضاً فى التذبذب الواضح فى كمية الأمطار من سنة إلى أخرى والتغير فى موسميتها وتذبذب طول فصل النمو والتغير فى بدايته ونهايته. كل تلك التغيرات فى المناخ تؤدى إلى إحداث تغير فى أصول النظام الزراعى يتبعه تغير فى النظم الغذائية التى تكون من أهم ملامحه (صيام و فياض، ٢٠٠٩). وتتأثر الإنتاجية الزراعية والحيوانية بالتذبذب الواضح فى الأمطار، وسيزداد التأثير بالتغيرات المناخية المتوقعة وخاصة أن الزراعة فى معظمها زراعة مطرية. وقد شهدت الفترة من ١٩٦٠ إلى ١٩٩٣ ظروفاً مناخية متقلبة على نطاق واسع، فكانت السنوات من ١٩٦٠ إلى ١٩٦٩ فقيرة مطرياً نتج عنها آثاراً سلبية على الإنتاج الغذائي في المناطق قليلة الأمطار (Gommes and Petrassi, 1996).

وتؤثر ذبذبة الأمطار ودروات الجفاف المتتالية على إنتاجية المحاصيل الغذائية فى دول إقليم الساحل وبتحليل بيانات الفاو لإنتاجية محصولى القمح والسورجام فى دولة تشاد على سبيل المثال تبين التذبذب الواضح فى الإنتاجية (شكل ١٠) حيث تعتبر تشاد من دول إقليم الساحل التى تتعرض دوماً الى دورات من الجفاف المتكرر. ويتضح جلياً هذا التأثير على إنتاجية المحصولين فى الفترة من ١٩٦١ وحتى ٢٠١١ حيث لوحظ ان هذه الفترة كان الجفاف هو مظهرها السائد نتيجة لعدم سقوط الأمطار وسيادة الجفاف فى دول إقليم الساحل ومنها تشاد، وهذا يدل على تأثير التغير المناخى ومنه تذبذب الأمطار الواضح.

وبالرغم من أن إقليم الساحل يعد من أقل المساهمين في انبعاثات غازات الدفيئة، إلا أن التوقعات تشير إلى أن تغيّر المناخ سوف يؤثر سلبياً وبقدر لا يتناسب مع مساهمتها المتدنية من الغازات الدفيئة خاصة فيما يتعلق بالأمن الغذائى. وقد أدت الظروف الناتجة عن التغيرات المناخية فى إقليم الساحل مثل الجفاف المتكرر وارتفاع درجة الحرارة إلى قصر موسم النمو وتذبذب بدايته ونهايته من سنة لأخرى وهذا يؤثر على نظم الزراعة البعلية المختلطة مع آثار ضارة على المحاصيل الغذائية الذى يتوقع انخفاض انتاجيتها إلى ٥٠٪ بحلول ٢٠٢٠ وخير مثال على ذلك محصول الفول السودانى (IPCC.b, 2007).

إن الإعتماد الشديد لمعظم دول الإقليم على الأمطار فى توفير الغذاء قد يجعل من التغيرات المناخية ومايعقبها من تذبذب فى كمية الأمطار وكثافتها وفاعليتها وموسميتها هو العامل الحاسم فى تحقيق أو عدم تحقيق الأمن الغذائى فى هذه الدول، فموسمية الأمطار أهم من كميته الساقطة خاصة فى المناطق التى تتساقط فيها الأمطار فى فصل الصيف مثل إقليم الساحل كما أن بداية موسم النمو ونهايته له أثر كبير على إنتاجية محاصيل الغذاء فى المناطق المدارية (Ayoade, 2004)، وتشكل هذه التغيرات المناخية ومايتبعها من نقص فى الغذاء إلى عامل دفع لنزوح البشر غير القادرين علي التكيف. ومع التذبذب الشديد وما بين الجفاف والفيضان تسقط معظم الأمطار في فصل الصيف بسبب الرياح الموسمية الآتية من المحيط الأطلنطى مع تمركز جبهة الإلتقاء المدارية شمال خط الإستواء. وتعتبر الزراعة القطاع الأكثر حيوية في إقليم الساحل كما ذكر سالفاً، ويعتمد مابين ٥٠ ٪ و ٩٠٪ من سكانه على زراعة المحاصيل التقليدية البعلية (جدول ٥) وهم يعتمدون اعتماداً كبيراً على الواردات التجارية والمعونات الغذائية.

وقد تطورت العوامل المتحكمة فى تحقيق الأمن الغذائي في إقليم الساحل بشكل كبير على مدى العقود الماضية، فقديماً كانت الأمطار وحدها هى المتحكم الرئيس فى إنتاج الغذاء ولكن اليوم يتحكم فى الأمن الغذائى عوامل مختلفة أخرى أهمها آليات التغذية والحصول على المواد الغذائية والسوق والتجارة وسوء التغذية على نطاق واسع لا سيما عند الأطفال والآثار الصحية الناجمة عن نقص الغذاء. ويعتمد الحصول على الغذاء على المعايير المادية مثل البنية التحتية وأسعار المنتجات الغذائية في الأسواق. ومع كل هذه العوامل لا تزال خصائص الأمطار من العوامل الرئيسة فى تحقيق الأمن الغذائي خاص وأن الإنتاج الغذائى سواء الزراعى أو الرعوى أو حتى السمكى حساس بشكل خاص لتقلبات المناخ.

ونتيجة لارتفاع درجة حرارة سطح الأرض ومن ثم زيادة نسبة التبخر والتذبذب الواضح فى كمية الأمطار الساقطة من عام لآخر وكثافتها الشديدة التى تتميز بها أمطار المناطق شبه الجافة على إقليم الساحل فى نهاية سبعينيات القرن العشرين الأثر الواضح فى تشرد ووفاة أكثر من ٣ ملايين نسمة ونفوق حوالى نصف الثروة الحيوانية نتيجة العطش فى أكبر المجاعات التى شهدها العالم فى القرن العشريين.

بالإضافة إلى نزوح أعداد غفيرة إلى جنوبى الإقليم مما زاد الضغط على الغذاء وانتشرت رقعة النقص الغذائى وقد تكرر هذا فى ثمانينيات القرن العشرين ومازال الجفاف المتكرر فى دول إقليم الساحل الناتج عن تقلبات المناخ يؤثر فى غذاء السكان. وفى السنوات الأخيرة سبّب سوء الأحوال الجوية وارتفاع أسعار الغذاء أزمات غذائية متكررة في إقليم الساحل، وخلّفا العديد من الأسر الريفية في أوضاع غير مستقرة وعُرضة لعواقب وخيمة.

ويشمل تأثير التغيرات المناخية على الأمن الغذائى أربعة أبعاد وهى: توافر الغذاء، قدرة الوصول إليه، قدرة استخدامه وأخيراً استقراره. ويؤثر التغير المناخى أيضاً فى أصول إنتاج الغذاء و فى عمليات التخزين والنقل والتسويق هذا بالإضافة إلى أنه يتسبب فى هجرة كثير من السكان حيث تزداد الهجرة من الأماكن المتأثرة بالتغيرات المناخية إلى الأماكن التى لم تتأثر بشكل كبير (صيام و فياض، ٢٠٠٩). ويؤدى التغير قى محتويات الأمن الغذائى إلى إمكانية التغير فى نظام استهلاك الغذاء من خلال خفض إنتاج الحبوب للإنتاج الحيوانى، وتغير فى نسب الإنتاج المحلى للغذاء وبالتالى التغير فى أنماط إستهلاك الغذاء الذى يؤدى بدورة إلى التأثير على الصحة البشرية من خلال التغير فى القيم التغذوية، الأمرالذى يؤدى إلى تغيرفى أنواع الأمراض وانتشارها وظهورأمراض جديدة (FAO, 2008). وسيبقى إقليم الساحل واحداً من مناطق العالم الأشد تضرراً بفعل تغيّر المناخ مما يعني أن الجفاف والتقلبات المتطرفة سوف تزيد من الضغوط الواقعة على سكان الإقليم وأمنهم الغذائى.

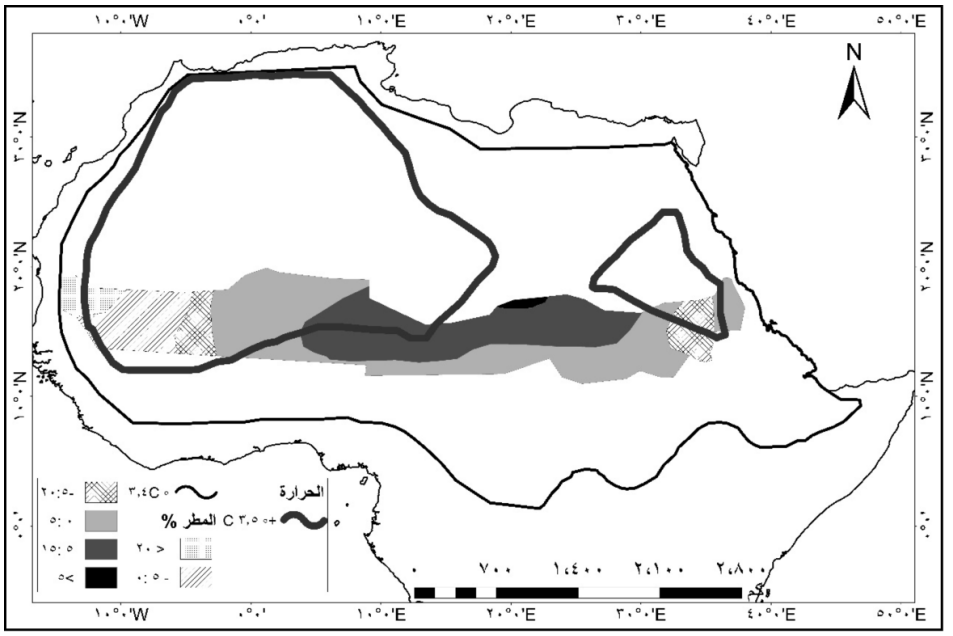
وللتغير المناخى آثار سلبية على الثروة الحيوانية كأحد مكونات الأمن الغذائى فى إقليم الدراسة وهذا التأثير إما أن يكون مباشراً وإما أن يكون غير مباشر فالتأثير المباشر يكمن فى طبيعة الحيوان وجسده والأمراض التى تصيبه وظهور آفات جديدة تهدد الثروة الحيوانية ويكمن التأثير غير المباشر فى مدى ملائمة المناخ لإنتاج غذاء الحيوان ومدى غنى المراعى أو فقرها ومدى توافر المياه اللازمة والتأثير على المنتجات الحيوانية مثل الألبان واللحوم، وتبين نتائج الأبحاث أنه مع ارتفاع درجات الحرارة، فان المزارعين الأفارقة بصفة عامة وفى إقليم الساحل

بصفة خاصة يميلون إلى التحول من تربية الدواجن وماشية التسمين وماشية الألبان إلى الماعز والخراف، ومع قلة سقوط الأمطار فإنهم يميلون إلى التحول من تربية ماشية التسمين وماشية الألبان والخراف إلى الماعز والدواجن. ومع تغير المناخ ستقل ملكية الماشية في المناطق شبه الصحراوية. كما أن موجات الجفاف التى تؤثر على ندرة المياه وقلة المجارى المائية خاصة فى موسم الأمطار تتسبب فى تناقص كميات الأسماك التى يمكن أن تسهم فى حل مشكلة الأمن الغذائى فى إقليم الساحل.

يتوقع تقرير ٢٠٠٧ عن التغيرات المناخية والصادر عن الهيئة العالمية المعنية بالتغيرات المناخية أن ثلث إقليم الساحل الأفريقى سيصبح جافا وأن الصحراء ستزحف إلى الجنوب فى عام ٢٠٥٠ مع ارتفاع درجة حرارة الأرض بين ١,٥ إلى ٢ درجة مئوية (IPCC.b, 2007). وسوف تحاول البحوث المستقبلية تقدير آثار التغيرات المناخية بقياس الأثر الذي يتركه على السكان وأنشطتهم وأمنهم الغذائى والمائى. وإذا ماصدق توقع الهيئة العالمية المعنية بالتغيرات المناخية فإن مشكلة الأمن الغذائى ستتضاعف وتصبح كارثية فى العقود القليلة القادمة فالإقليم يشهد أعلى معدل للنمو السكانى فى العالم وهذه الزيادة السكانية ستفاقم من وضع الغذاء بالإضافة إلى الزيادة المستمرة والمضطردة فى أسعار الغذاء على مستوى العالم.

وتتعاظم تأثيرات التغيرات المناخية فى المناطق الهامشية والفقيرة لأنها قد تضعف جودة الأرض والموارد المائية نتيجة سوء استخدامها، وتؤدي إلى الهجرة وما يتبعها من مشكلات للنازحين وفى مناطق اللجوء. ومعرفة المزيد عن هذه الجوانب المحتملة لتغير المناخ ضروري لرسم سياسات ووضع حلول فاعلية لهذه المشكلة فى إقليم الساحل. وسيصبح طبقاً للسيناريوهات العالمية تأثير المناخ والتقلبات المناخية (شكل ١١) على وجه الخصوص (هطول الأمطار) واضحاً وكبيراً على سبل العيش وعلى الأمن الغذائي بطريقة مباشرة أو غير مباشرة فى إقليم الساحل، فسوف تؤثر على نظم إنتاج المحاصيل الغذائية في الغالب البعلية منها و على المراعى والثروة الحيوانية بالإضافة إلى الثروة السمكية. خاصة وأن سبل العيش في منطقة الساحل تهيمن عليها الأنشطة الزراعية حيث يعتمد أكثر من ثلثي السكان على قطاع الزراعة لكسب الرزق مع القليل من مصادر الدخل الأخرى.

شكل (١١) التغيرات المناخية المستقبلية فى اقليم الساحل



المصدر: بتصريف عن https://lib.stanford.edu/gis-branner-library/data-websites-africa

النتائج والتوصيات

يمكن تلخيص أهم نتائج الدراسة فى النقاط التالية:

١. يسود المناخ الجاف وشبه الجاف فى إقليم الساحل شمالاً ويسود المناخ السودانى ذو المطر الصيفى فى أطرافه الجنوبية ويتصف بموارده الهشة وخاصة الأرض والمياه.

٢. بالرغم من أن إقليم الساحل يعد من أقل المساهمين في انبعاثات غازات الدفيئة، إلا أن التوقعات تشير إلى أن تغيّر المناخ سوف يؤثر تأثيراً ضاراً لا يتناسب مع مساهمتها المتدنية خاصا فيما يتعلق بالأمن الغذائى.

٣. تتباين كمية الأمطار فى إقليم الساحل مكانياً حيث تقل بالاتجاه شمالاً وشرقاً والمسبب الرئيسى لها تحرك جبهة الإلتقاء المدارية إلى الشمال صيفاً.

٤. تتجه درجة الحرارة فى دول إقليم الساحل للإرتفاع بما يتماشى مع الإتجاهات العالمية للإحترار الجوى ولكن بمعدلات تفوق الاتجاه العالمى.

٥. معدل تذبذب الأمطار فى إقليم الساحل يتراوح بين متوسط ومرتفع جداً وهذا ناتج عن انحراف القيم عن المعدل ودليل واضح على قوة التغيرات المناخية

حديثاً وقد زاد معدل تذبذب الأمطار مع الاتجاة المرتفع لدرجة الحرارة منذ الربع الأخير من القرن العشرين.

٦. تزداد السنوات التى تستقبل مطراً أقل من المتوسط عن السنوات التى تستقبل مطراً أكبر من المتوسط فى محطات إقليم الساحل فى سنوات الدراسة. ويتعرض الإقليم لدورات جفاف متكررة تؤثر على الإنتاج الغذائى.

٧. يعتمد القطاع الزراعى الذى هو أهم قطاع اقتصادى فى إقليم الساحل إذ يعمل به من ٥٠ إلى ٩٠٪ من إجمالى عدد السكان على الأمطار فالزراعة مطرية وأيضاً المراعى والمجارى المائية الموسمية. وتمثل الأمطار العامل الرئيس فى تحقيق الأمن الغذائى فى الإقليم إذ أن تذبذبها يؤثر فى إنتاجية المحاصيل الزراعية والمنتجات الحيوانية والسمكية.

٨. ينطوى الوضع الراهن للغذاء على عجز شديد فى معظم المنتجات الغذائية تتمثل فى إنخفاض نسب الإكتفاء الذاتى بمعدلات كبيرة خاصة فيما يتعلق بمحاصيل الحبوب. وتعتبر دول إقليم الساحل مستوردة للغذاء إذ تعتمد على الخارج فى إستيفاء إحتياجاتها الغذائية.

٩. تزداد مشكلة المناخ تفاقماً فى إقليم الساحل فى ظل الانفجار السكانى فى دوله والزيادة المضطردة فى أسعار السلع الغذائية عالمياً وعدم قدرة دول الإقليم على شراء احتياجاتها وانتشار الفقر على نطاق واسع مضافاً إليها المخاطر المتعلقة بالتغيرات المناخية المرتقبة.

١٠. إن الإعتماد الشديد لمعظم دول الإقليم على الأمطار فى توفير الغذاء قد يجعل من التغيرات المناخية ومايعقبها من تذبذب فى كمية الأمطار وكثافتها وفاعليتها وموسميتها هو العامل الحاسم فى تحقيق أو عدم تحقيق الأمن الغذائى فى هذه الدول.

١١. إن التوقعات المستقبلية للتغيرات المناخية تنذر بخطر داهم على سكان الإقليم وتعطى فرصة لعرقلة الخطط الإنمائية وتؤثر فى الأمن الإنسانى ومعيشته وصحته. وتشكل هذه التغيرات المناخية ومايتبعها من نقص فى الغذاء إلى عامل دفع لهجرة السكان غير القادرين غير القادرين على توفير غذائهم داخل بلدانهم.

ولتخفيف أثر التغيرات المناخية على الأمن الغذائى فى إقليم الساحل توصى الدراسة بالآتى:

١. ضرورة إحداث تغيرات جذرية فى السياسات الزراعية والمائية الحالية تركز على إعطاء اكبر قدر من الإهتمام للإسراع بمعدل النمو فى الإنتاجية الزراعية، بالإضافة إلى

مضاعفة الإنفاق على البحوث الزراعية لاسيما البحوث المتعلقة بإنتاج وتطوير الأصناف وخاصة الأصناف المقاومة للجفاف والحرارة والأصناف الموفرة للمياه بالإضافة إلى تحسين السلالات الحيوانية وتوفير الرعاية البيطرية وتنمية الثروة السمكية.

٢. لتجنب الآثار السلبية لزيادة درجة الحرارة على الإنتاجية لابد من العمل على زراعة محاصيل عالية الإنتاجية وإعادة توزيع المحاصيل على مناطق زراعتها والزراعة فى المواعيد المثلى.

٣. تحتاج حكومات إقليم الساحل إلى تطوير استراتيجيات الاستثمار الزراعي والتكيف مع تقنيات فعالة مع تقلبات المناخ وتقنيات التربة وشبكات الري والمياه والمواد الأولية وتحسين إدارة المياه خاصة وأن منطقة الساحل هي واحدة من أقل المناطق المروية فى العالم.

٤. تجديد الالتزام من جانب المجتمع االدولى لدعم الزراعة والإنتاج الحيواني والثروة السمكية فى بلدان الإقليم، وزيادة مقدار التمويلات المخصصة لذلك، إذ أن الاستثمار في الزراعة يعزز مرونة المزارعين الفقراء ويساعد على خفض مستويات الجوع والفقر خاصة وأن هذه الدول تتعرض لموجات من التقلبات المناخية المتطرفة بين الجفاف والفيضان.

٥. العمل على زيادة الوعى البيئى وتقليل نسبة الأمية بين السكان لمجابهة التغيرات المناخية والتكيف مع مايحدث نتيجة له واستغلال الموارد بطريقة رشيدة للمحافظة عليها من التدهور.

٦. التعاون الدولى والإقليمى فى وضع خطة عاجلة لمجابهة التغيرات المناخية والتكيف معها والاهتمام بالدراسات المناخية وزيادة دعمها وزيادة القدرة على التنبؤ بنوبات الجفاف وتوفير المعلومات وتعاظم دور المؤسسات والمنظمات الدولية لمساعدة الإقليم.

٧. تدعيم أنشطة الإنذار المبكّر لتوقع الأزمات ومواجهتها، وإعادة تأهيل نظم الريّ وآبار المياه، واستعادة خصوبة الأراضي المتدهورة شروطاً لا بد منها لإطلاق طاقات الإنتاج في الإقليم وتدعيم مرونة سكان الساحل.

٨. وضع استراتيجية تكييف مع تغيّر المناخ مع التركيز على قطاعى الموارد المائية والأرضية وقطاع الزراعة. وتحسين إدارة المياه فالمنطقة واحدة من أقل المناطق المروية من العالم.

مراجع البحث

١. حميدة، عبد الرحمن، ١٩٨٣، الوجيز في المناخ التطبيقي، دار الفكر، دمشق.

٢. صيام، جمال محمد و فياض، شريف محمد سمير (٢٠٠٩): أثر التغيرات المناخية على وضع الزراعة والغذاء فى مصر، مؤتمر التغيرات المناخية وآثارها على مصر، نوفمبر٢٠٠٩، شركاء التنمية للبحوث والإستشارات والتدريب، القاهرة

٣. فايد، يوسف، ١٩٩٩، الأقاليم المناخية في أفريقيا طبقاً لتصنيف كبن، الموسوعة الأفريقية، معهد البحوث والدراسات الأفريقية، جامعة القاهرة.

4. Ayoade J.O., (2004): Introduction to climatology for the tropics, 2nd edition, Spectrum Books Limited, Ibadan, Abuja, Lagos.
5. Broms, B., (2004): Foundation Engineering, Geo texts & Publications, Webforum Europe AB Legal disclaimer, www.geoforum.com/ knowledge/ texts/broms/index. asp
6. EC - FAO Food Security Programme, (2008): An Introduction to the Basic Concepts of Food Security funded by the European Union and implemented by FAO, www.foodsec.org/docs/concepts_guide.pdf.
7. FAO Statistics Division (2014), http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E
8. FAO, (2008): An Introduction to the Basic Concepts of Food Security, www.foodsec.org
9. FAO, (2013): http://www.fao.org/news/story/ar/item/195910/icode/
10. Faris, A., (1987), Lake Victoria evaporation, international symposium on the Nile basin, March, 1987: 555-589, Institute of African Research and Studies, Cairo University.
11. Gommes, R. Petrassi, F. (1996): Rainfall Variability and Drought in Sub-Saharan Africa since 1960, FAO agro-meteorology series working paper No. 9, http://www.fao.org/sd/eidirect/eian0004.htm
12. Heiko, P. and Andreas, H. (2004): Climate Change 65: 179-28
13. Heinrigs, P. (2010): Security Implications of Climate Change in the Sahel Region © SWAC 2010. Sahel and West Africa Club Secretariat
14. Houghton, J. T., Ding, Y., Griggs, D. J., Noguer, M., Linden, P. J., Dai, X., Maskell, K. and Johnson, C. A., (eds.), (2001): Climate Change: the Scientific Basis, Working Group I, Third Assessment Report, Intergovernmental Panel on Climate Change, UNEP and WMO.
15. http://en.climate-data.org/location/3241.
16. http://jisao.washington.edu/data_sets/sahel/#analyses.

17. http://www.tutiempo.net/en/Climate/africa.htm. Climate and historical data of Africa
18. http://www.weatherbase.com/weather/weatherall.php3?s=627520&units.
19. https://lib.stanford.edu/gis-branner-library/data-websites-africa
20. https://lib.stanford.edu/gis-branner-library/data-websites-africa
21. https://lib.stanford.edu/gis-branner-library/gis-data-websites-test-panel
22. IPCC.a, (2007): The Fourth Assessment Report on Climate CHANGE – The Physical Science Basi, Contribution of Working Group I, Cambridge University Press.
23. IPCC.b, (2007): The Fourth Assessment Report on Climate Change – Impacts, Adaptation and Vulnerability Contribution of Working Group II, Cambridge University Press.
24. Kottek M., J. Grieser C. Beck B. Rudolf and Rubel F., (2006): World Map of Koeppen-Geiger Climate Classification updated. http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/
25. Le Barbe, L., Thierry L., and Dominique T., (2001): Rainfall variability in west Africa during the years 1950–90, journal of climate, VOL. 15, American Meteorological Society.
26. Nigerian Meteorological Agency, Abuja
27. Reuben K. Udo (1981): Geographical regions of Nigeria, Heinemann Educational Books Ltd., London, Ibadan, and Nairobi
28. Sendzimir, J., Chris, P. R., and Piotr M., (2011): Rebuilding Resilience in the Sahel: Regreening in the Maradi and Zinder Regions of Niger, Ecology and Society, VOL.16, NO.3, ART. 1, http://www.ecologyandsociety.org/vol16/iss3/art1/
29. Smith, V., (2008): The Sahel Region, CE397–Trans-boundary Water Resources, http://appinsys.com/globalwarming/RS_Sahel.htm.
30. Thom, H., (1966): Some methods of climatological analysis, WMO Technical Note 81, Geneva.
31. Thomas P., Ofcansky and LaVerle Berry, (Ed) (1991): Ethiopia: A Country Study. Washington: GPO for the Library of Congress.
32. United States Agency for International Development, (2012): Sahel and West Africa: Food Security Outlook, October 2012 through March 2013, FEWS NET WEST AFRICA, www.fews.net.