

الزحف المناخي و زحف الصحراء: حالة غرب السودان

عوض إبراهيم عبد الرحمن

قسم الجغرافيا-جامعة صنعاء - اليمن

الملخص

زحف الصحراء ظاهرة بيئية تؤدي إلى تغير إنتاجية الأرض بسبب تعطيلها عوامل الإنتاج أو عناصر البيئة من تربة و نبات طبيعي وغيرها. و يعرف زحف الصحراء -عموما- بأنه العملية التي تتحول فيها منطقة من المناطق إلى جزء من الصحراء رغم أنها لم تكن في يوم من الأيام كذلك. و زحف الصحراء بهذا الفهم يؤدي إلى تغيرات في الخصائص الطبيعية و في عوامل البيئة و عناصر إنتاجها مما يجعل المنطقة المتأثرة به في نهاية الأمر ذات إنتاج (طبيعي) صحراوي. و غرب السودان -بموقعه في أطراف الصحراء الكبرى و كجزء من الساحل الأفريقي- يمكن اعتباره حالة بحثية ممتازة لاختبار فرضيات البحث الحالي من حيث الخصائص الإيكولوجية و الجغرافية الأمر الذي يجعل من ظاهرة زحف الصحراء سمة لها أسبابها البيئية، كما لها- في نفس الوقت- أهميتها البحثية العلمية.

يحاول هذا البحث إثبات العلاقة بين زحف الصحراء كظاهرة بيئية و التغير المناخي الذي مؤداه الزحف المناخي و الذي هو أحد أهم العوامل التي تدفع ظاهرة زحف الصحراء في غرب السودان. و لعل أحد أساليب إثبات هذه العلاقة هو الأسلوب التحليلي/ التجميعي (Analysis to Synthesis)، وبالتالي فإن إيجاد النموذج (Model) لهذه العلاقة يعد أهم نتيجة يسعى البحث للوصول إليها. يتضمن هذا النموذج -بالطبع- المكونات والسّمات و الكفاءة البيئية لمنطقة الدراسة بما يؤدي إلى إبراز الظواهر المتصلة بالزحف المناخي مثل التغير النباتي و التغير البيدولوجي (Pedology) و التغير الهيدرولوجي و التغيرات المتصلة بها، و التي نتيجتها النهائية هي زحف الصحراء.

يسعى البحث لاستخدام أهم المناهج البحثية من حيث التحليل و الحصول على المعلومات من مصادرها الأولية (Primary) و الثانوية (Secondary) و مصادر المستوى الثالث (Tertiary). و يتمثل ذلك في:

- § الأساليب الإحصائية الحاسوبية مثل برامج (SPSS) و (NCSS) وغيرها.
- § أساليب التمثيل والتحليل الحاسوبي مثل برامج (Erdas) و (Arc-view) و (Geo-concept).

- § الصور الجوية و صور الاستشعار عن بعد و نظم المعلومات الجغرافية (GIS) - كمصادر معلومات.
- § الأساليب و المصادر التي توفر معلومات و رصد التغير المناخي.

المقدمة

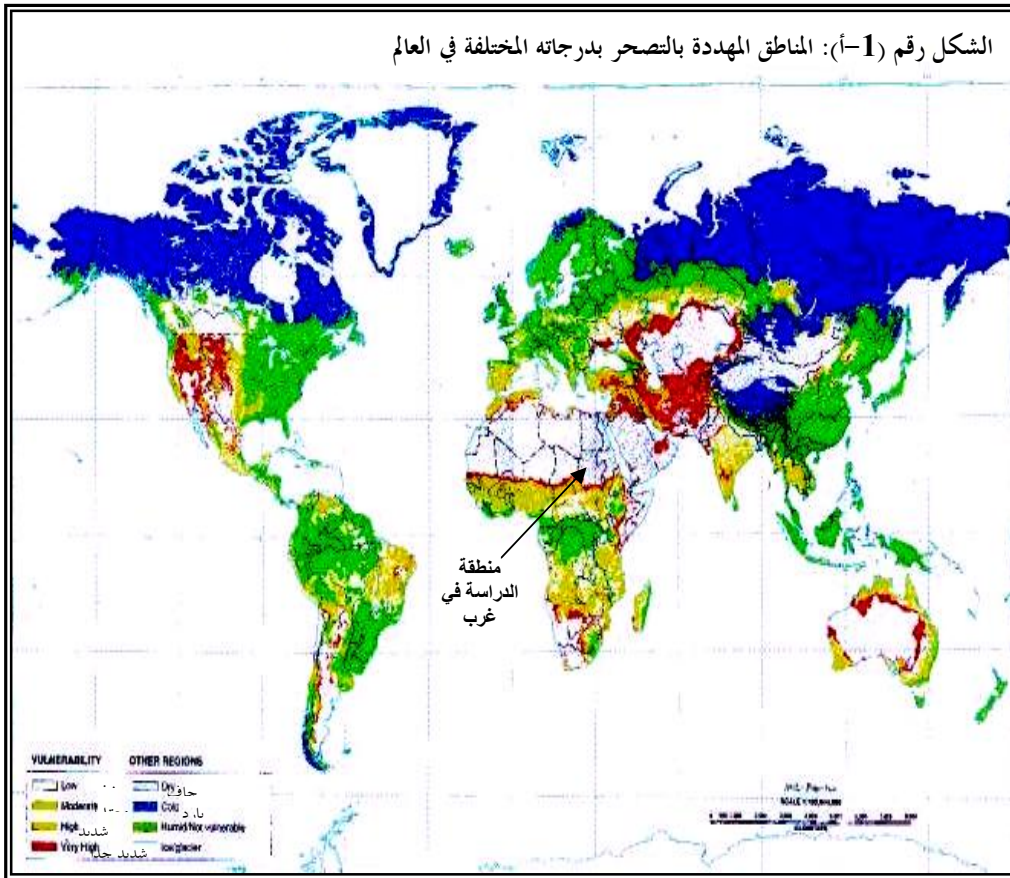
التصحّر (Desertification) - بصورة عامة - هو تعرض الأرض للتدهور البيئي بما يضعف قوتها الإنتاجية و يفك عضدها و ذلك مما يؤدي إلى فقدان التربة الفوقية (Top Soil) و الهيار الحياة النباتية و تناقص التنوع الحيوي (Biodiversity)، و يؤدي فوق ذلك كله إلى فقدان الأرض قدرتها على الإنتاج الزراعي بشقيه المحصولي و الحيواني. و لعل أوضح تعريف للتصحّر في أدبيات الأمم المتحدة هو "التصحّر يعني تدهور الأرض في المناطق القاحلة و شبه القاحلة و في المناطق الجافة و شبه الرطبة و الذي ينتج عن عوامل مختلفة تشمل التغيرات المناخية و النشاطات البشرية" (تقرير صندوق الأمم المتحدة للأنشطة السكانية، 2003). كما أن برنامج الأمم المتحدة لمكافحة التصحر (UN Convention to Combat Desertification-UNCCD) يحدد تعريفاً للتصحّر بناء على نتائج قمة الأرض في ريو دي جانيرو، 1992 بأنه:

"Degradation of land in arid, semi arid and dry sub-humid areas. Desertification occurs in arid, semi- arid and dry sub-humid areas-where the soils are especially fragile, vegetation is sparse and the climate particularly unforgiving".

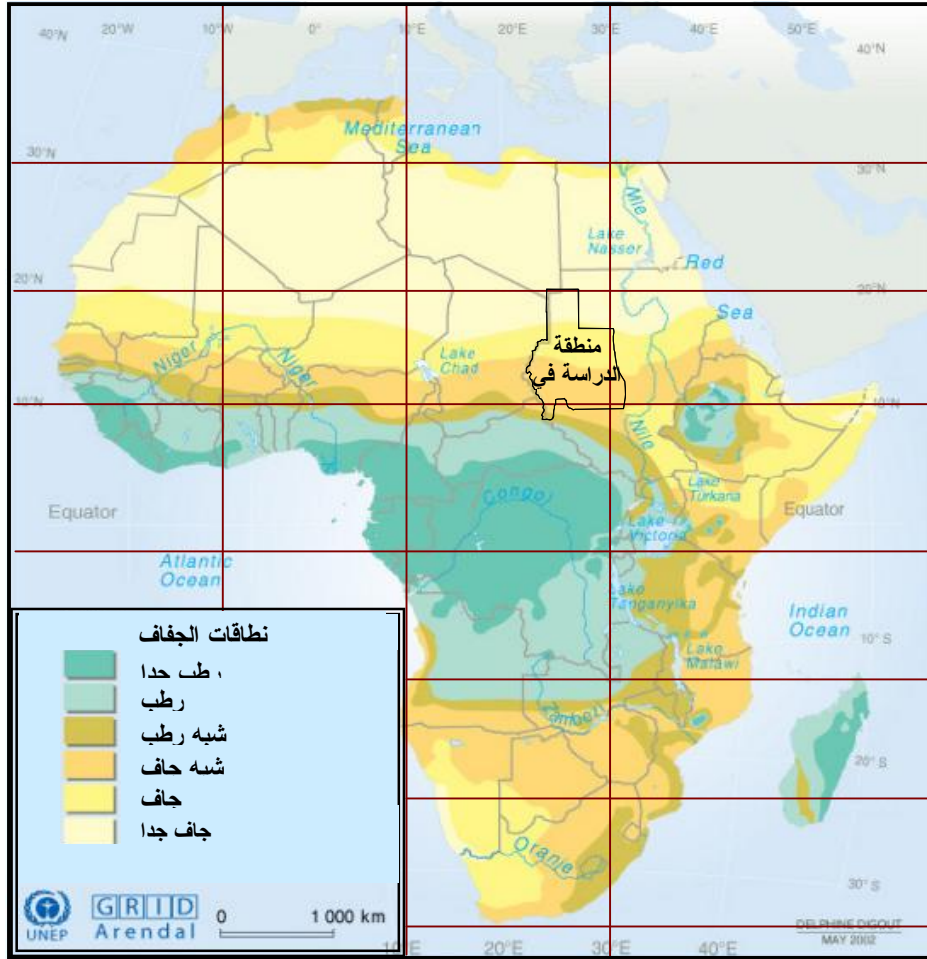
نخلص من هذا التعريف إلى أن التصحر يحدث في المناطق الهشة بيئياً في الأقاليم القاحلة و شبه القاحلة و في المناطق الجافة و شبه الرطبة و التي تشمل حوالي 110 دولة من دول العالم مهياً طبيعياً للتصحّر (الشكل 1)، و بسبب عاملين رئيسيين هما التغيرات المناخية و النشاطات البشرية. و تعتبر أفريقيا إحدى القارات التي يتهددها التصحر في كثير من أقطارها سواء في الشمال أو الجنوب أو لشرق أو الغرب أو الوسط، و بحيث تصل نسبة الأراضي القاحلة في أفريقيا إلى ثلثي مساحة القارة 75% منها يتهدده التصحر: أي أن نصف مساحة القارة يتهدده التصحر بما فيه السودان. و قد حددت الأمم المتحدة أربع درجات للتصحّر (Hari Eswaran, Paul Reich & Fred Beinroth, 2001, pp. 24-28) - الشكل 1):

1. درجة التصحر الشديد جدا (Very High Risk): وهي الحالة التي تتحول فيها الأرض ذات الإنتاجية الكبيرة إلى غير منتجة تماما، و يتطلب استصلاحها أو وفق تدهورها تكاليف باهظة. و تبلغ مساحة الأرض التي تعرضا لهذه الدرجة من التصحر في العالم 1190 مليون هكتار (11.9 مليون كلم²).
 2. درجة التصحر الشديد (High Risk): وهي الحالة التي تمثل أبرز ظواهرها انتشار نباتات جديدة (Alien) و غير مرغوب فيها لتحل محل نباتات كانت متوطنة في المنطقة و ذات فائدة بيئية و اقتصادية أفضل من تلك الوافدة. و يكون سبب وجود هذه النباتات الغريبة هو قدرتها على التواءم مع الظروف البيئية لما بعد التصحر، و سبب اختفاء النباتات المتوطنة (الأصلية) هو عدم قدرتها على التواءم مع الظروف البيئية لما بعد التصحر. و تبلغ مساحة الأرض التي تعرضا لهذه الدرجة من التصحر في العالم 1560 مليون هكتار (15.6 مليون كلم²).
 3. درجة التصحر المعتدل (Moderate Risk): وهي الحالة التي ينخفض فيها إنتاج النبات الطبيعي في المنطقة المتأثرة بحدود 25% بسبب الانخفاض في الإنتاجية الأولية، و يكون السبب هو تدهور الخصائص الطبيعية (البيئية) للمنطقة المتأثرة. و تبلغ مساحة الأرض التي تعرضا لهذه الدرجة من التصحر في العالم 860 مليون هكتار (8.6 مليون كلم²).
 4. درجة التصحر الطفيف (Low Risk): وهي حالة المناطق الصحراوية شديدة الجفاف حيث لا يلاحظ أية أعراض (Symptoms) للتصحر، أو هي حالة المناطق التي يحدث فيها تلف بيئي أو تدمير لقوى الأرض الطبيعية طفيف جدا و قليل الأثر على التربة و النبات الطبيعي. تبلغ مساحة الأرض التي تعرضا لهذه الدرجة من التصحر في العالم 710 مليون هكتار (7.1 مليون كلم²). و هذا يعني أن حملة الأراضي في العالم التي تتعرض للتصحر بدرجاته المختلفة تبلغ 4920 مليون هكتار (49.2 مليون كلم²).
- و نضيف إلى ذلك بأن أهم المناطق التي يحدث فيها التصحر هي المناطق الهامشية أو تلك التي يتجاور الصحاري و التي تمثل نطاقات انتقالية أقل جفافا من الصحاري بسبب خصائص الجيولوجيا الإقليمية فيها، و بحيث تكون هذه النطاقات الانتقالية تدرجا بين الجفاف الحاد في الصحاري و المناطق

شبه الرطبة و الرطبة. و بسبب هذا النطاق الانتقالي يكون صعبا وضع حدود واضحة لأغلب الصحاري في العالم و خاصة الصحراء الكبرى التي تمثل منطقة الدراسة الحالية جزءاً منها.



المصدر: الأمم المتحدة (2003)، ص 123



الشكل رقم (1-ب): نطاقات البيئة الطبيعية (درجات التصحر) حسبها حددها نوعية الأمطار

المصدر: (WMO-UNEP),2001.

و تمثل هذه النطاقات الانتقالية (Transition Zones) مناطق هشة بيئيا و ذات توازن بيئي/حيوي رخوا جدا، بما يجعل هذه النطاقات تنوعا (mosaic) للمناخ التفصيلي. ويكون عمل الإنسان السلي مع أي تغيرات بيئية له أبلغ الأثر على هذه المناطق الانتقالية خاصة في البؤر التي تسقط فيها كميات من الأمطار و تنمو فيها النباتات الفصلية التي بدورها تجب المطر بسبب خاصية قوة عكسها للإشعاع الشمسي (عاكسيتها) (Albedo) أو تزيد فاعلية المطر فيها على مستوى المناخ

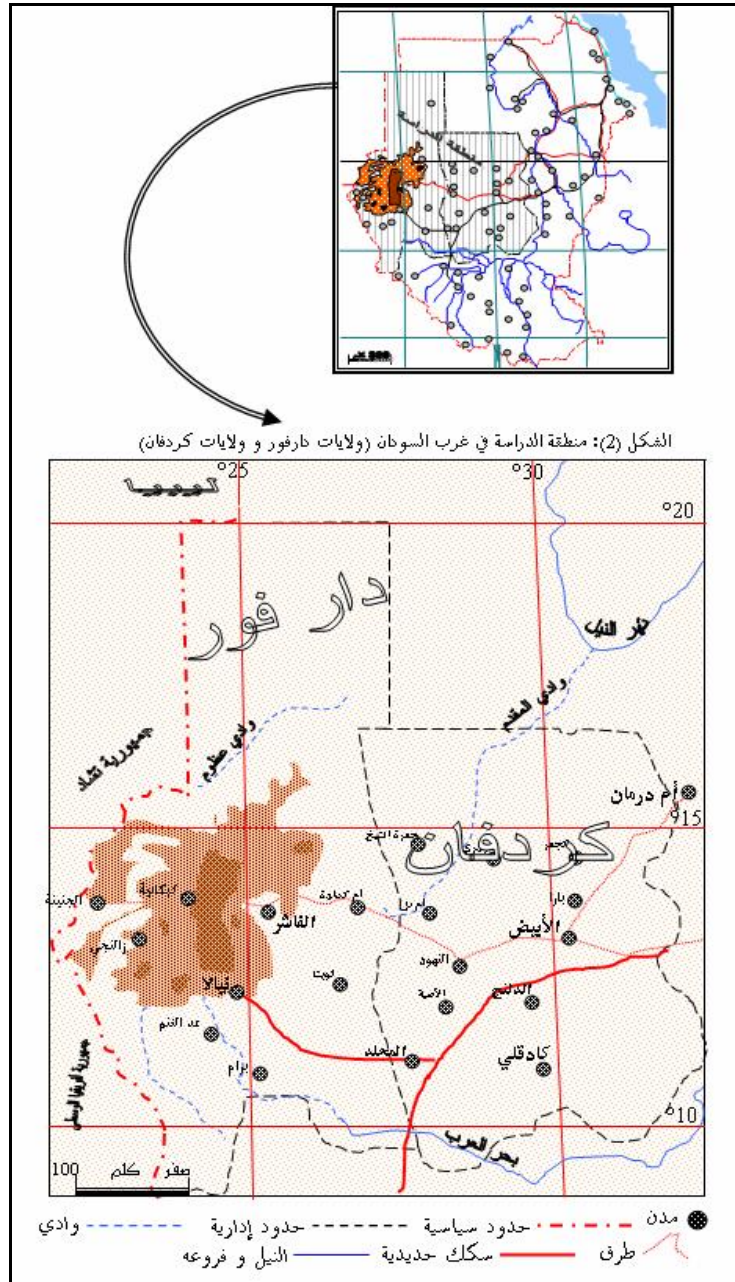
التفصيلي (Micro-climate) في هذه البؤر المتباعدة. كما أن المظهر التضاريسي و التكوين الجيولوجي و المكونات البيئية و الاقتصادية و غيرها كلها عوامل تحمل في بعض جوانبها دافعا لظاهرة التصحر في المنطقة. إلا أنه من بين كل تلك العوامل تبرز أهمية العلاقة بين الإنسان و بيئته حيث أن اختلال التوازن في هذه العلاقة يعد أهم العوامل التي تقف وراء ظاهرة التصحر في المنطقة لذلك فإن استغلال الإنسان غير المرشد لهذه البؤر يمثل نقاط بداية للتصحر في هذه المناطق يدفعها الزحف الصحراوي و الجفاف (التغير المناخي). بما يوسع هذه البؤر المتصحرة أو المتدهور بيئيا- كما تفصله هذه الدراسة.

منطقة و حدود الدراسة

منطقة الدراسة هي منطقة غرب السودان و الذي يضم مجموع ولايات دارفور الكبرى (ثلاث ولايات) و معها مجموع ولايات كردفان (ثلاث ولايات إضافة إلى ولاية الوحدة)، و تبلغ المساحة الكلية أكثر من 900 ألف كلم² (مساحة ولايات دارفور تبلغ 510 كلم²)، و تقع بين دائرتي العرض 8°42'ش و 20°ش و خطي الطول 19°ق و 32°ق (الشكل 2). و هي منطقة تعتبر من الناحيتين الاقتصادية و السياسية من أهم مناطق السودان. و قد تم اختيار هذه المنطقة كميدان لاختبار فرضيات البحث لأنها ينطبق عليها أغلب ما ورد في المقدمة أعلاه من حيث وقوعها على حافة الصحراء الكبرى، و من حيث أنها تمثل أحد النطاقات الانتقالية تدرجا بين الجفاف الحاد في الصحراء شمال المنطقة و المناطق شبه الرطبة و الرطبة جنوب منطقة الدراسة.

كما أن موضوع الدراسة -و هو تحديد و تحليل العلاقة بين زحف المناخ (Climatic Drift) و التصحر- هو موضوع قل وجوده في أدبيات التصحر حيث الأغلب أن تركز هذه الدراسات على موضوع الجفاف (التناقص المكاني- IN SITU- في كمية المطر و تربطه بظاهرة التصحر) دون تناول التغير الإقليمي في عوامل و عناصر المناخ. و هذا ما يسعى هذا البحث لإبرازه كموضوع دراسي جديد لم يتم تناوله من قبل، و يقصد بزحف المناخ اكتساب النطاق البيئي المحدد كل خصائص النطاق البيئي الذي يجاوره فيكتسب سماته. و في حالة الدراسة الحالية نجد مثلا أن النطاق الرطب يكتسب سمات النطاق شبه الرطب و هذا الأخير يكتسب سمات النطاق شبه الجفاف الذي يكتسب سمات النطاق الجفاف و الذي بدوره يتحول إلى النطاق الصحراوي (الجفاف جدا) ...

لتدور دورة التصحر في منطقة الدراسة.



منهج و أدوات البحث

اعتمد هذا البحث على مصدرين رئيسيين للمعلومات هما:

أولاً: مصدر المعلومات الأولية: وهو يستند أساساً على العمل الميداني الذي تم في فترات مختلفة خلال عمل الباحث في جامعة الخرطوم و خلال المشاريع البحثية المختلفة المشتركة بين جامعة الخرطوم و بعض الجامعات الأوروبية و الأمريكية مثل جامعة (Lund) في السويد و جامعة (Bergen) في النرويج و جامعة (Swansea) في بريطانيا و جامعة (Worcester) في الولايات المتحدة. كما أن العمل الميداني أثناء التحضير لدرجة الدكتوراه و التي موضوعها التصحر في هذه المنطقة مكن الباحث من جمع كثير من المعلومات الأولية حول منطقة و موضوع الدراسة، و التي تتعلق بالمعلومات الأرصادية و النبات الطبيعي و التربة و حركة الكثبان الرملية. إضافة إلى ذلك كله فإن التجديد السنوي لهذه المعلومات مكن الباحث من أن يكون مطلعاً على آخر التطورات في موضوع البحث و منطقة الدراسة. و قد جمعت معلومات إحصائية و غير إحصائية حول هذه الظاهرة و المظاهر المكانية المختلفة.

ثانياً: المصدر الثانوي: و هو المصدر الذي أساسه الخرائط التفصيلية من مقياس ربع المليون أو ما مائلها، و كذلك الصور الجوية (Air-Photo) التي تعطي معلومات تفصيلية لمناطق محددة، و صور الاستشعار عن بعد (Satellite Imagery) و التي تمكن من المقارنة المكانية و الزمانية لمنطقة الدراسة. و في كل من هذه الحالات تم الأخذ في اعتبار اختلاف مكان و زمان هذه الخرائط حتى تسهل عملية رصد التغير المناخي و البيئي في المنطقة.

اعتمد تحليل المعلومات التي جمعت من هذان المصدران على جهاز الحاسوب للوصول إلى علائق إحصائية و نماذج مختلفة تشير إلى العلاقة بين الزحف المناخي و التصحر. و قد اعتمد الباحث على البرامج الحاسوبية مثل برامج (SPSS) و (NCSS) للتحليل الإحصائي، و برامج (Erdas) و (Arc-view) و (Geo-concept) لإعداد الخرائط و غيرها.

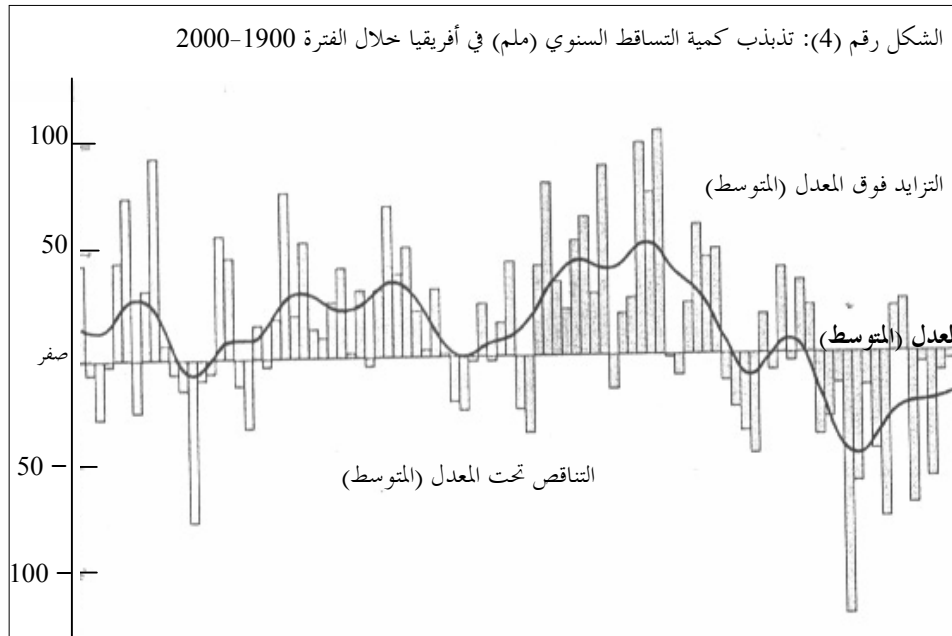
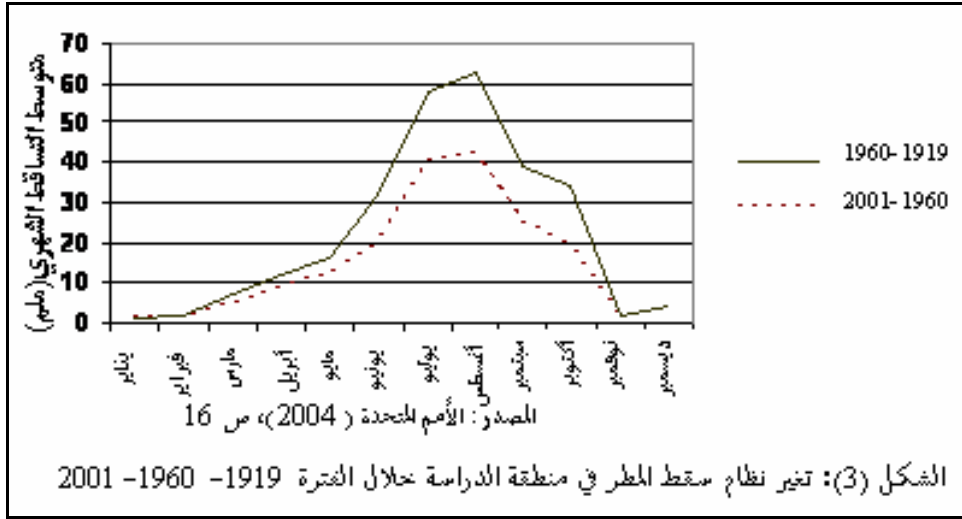
التحليل و النتائج و المناقشة

تتعلق مشكلة البحث الأساسية بموضوع العلاقة بين التغير المناخي في منطقة الدراسة الذي تبعه تفاقم ظاهرة التصحر. و لتحليل مشكلة البحث يسير البحث في الخطوات التالية:
1-التغير المناخي في منطقة الدراسة:

يعزى التغير المناخي في منطقة الدراسة لعدة أسباب منها:

أولاً: دورة المناخ العالمي:

لم يستثن أي من التقارير العالمية التي تصدرها الأمم المتحدة أو غيرها من المنظمات الدولية أو القطرية منطقة الساحل الأفريقي (التي منطقة الدراسة جزء منها) من الأثر السلبي للتغير المناخي، سواء كان هذا التغير بسبب دورة المناخ الطبيعية أو بسبب التسخين الحراري (ظاهرة الدفيئات) التي تحدث بسبب النشاط البشري. و لعل التقرير التجميعي حول تغير المناخ 2001، و الذي أصدرته الأمم المتحدة (UNEP) - برنامج الأمم المتحدة للبيئة و (WMO)-منظمة الأرصاد العالمية عام 2004م يشير إلى هذه الحقيقة. فقد ورد في هذا التقرير صفحة 16 عن أثر تغير المناخ على أفريقيا (بين دائرتي العرض 12°ش و 16°ش): "درجات حرارة قصوى أعلى و مزيد من الأيام الحارة و موجات الحرارة" و في فقرة أخرى "تزايد الجفاف في الصيف ... و ما يقترن بذلك من خطر الجفاف". و كذلك "تزايد شدة حالات الجفاف و الفيضانات المصاحبة لظواهر النينو ...". إلا أن أوضح ما أتى به هذا التقرير هو الأرقام التي تشير إلى التبدل الذي طرأ على كمية سقوط المطر في المنطقة، كما يوضحها الشكل التالي:



المصدر: UNEP (2004)

ثانياً: عوامل محلية:

- أ- ويرجح الكثير من العلماء والمختصين في موضوع الجفاف في منطقة الدراسة الأسباب المحلية التالية لتغير المناخ:
- ب- تعرية المنطقة من الغطاء النباتي بسبب الرعي الجائر (Over-Grazing) أو غيره، ز من نتائجه تفكك التربة.
- ج- التحطيب و القطع الجائر للغابات (Deforestation) و الذي أهم نتائجه ازدياد سرعة الرياح.
- د- الزراعة غير المرشدة (Over-cultivation) التي تؤدي إلى تغير النظام المناخي، و خاصة المناخ التفصيلي، في المنطقة، و ذلك مما يؤدي إلى اضطراب النظام الايكولوجي.
- هـ- أسباب تتصل بنظام الصرف السطحي للمياه و تغيراته الهيدرولوجية، و كذلك الأحواض الجوفية و نظام تغذيتها (إعادة التغذية).
- و- أسباب إقليمية أخرى تتعلق بعوامل المناخ في الأقاليم المجاورة.

و يكون الدليل على هذا التغير في المناخ:

Y التبدل الذي طرأ على نظام سقوط المطر في المنطقة... الخ

أ- عدد الأيام الممطرة: إن أول مظاهر التبدل الذي طرأ على نظام سقوط المطر في المنطقة هو التغير في عدد الأيام الممطرة في المنطقة. و الشكل (4) يوضح عدد الشهور الممطرة في بعض المدن في منطقة الدراسة. و من خلال الأرقام التي جمعت في منطقة الدراسة تراوح التغير بين 1.45% و 1.6%، و هذا يعني تغير سالب (نقص) في عدد الشهور الممطرة في كل المحطات الأرصادية الموضحة في الخريطة الشكل (5).

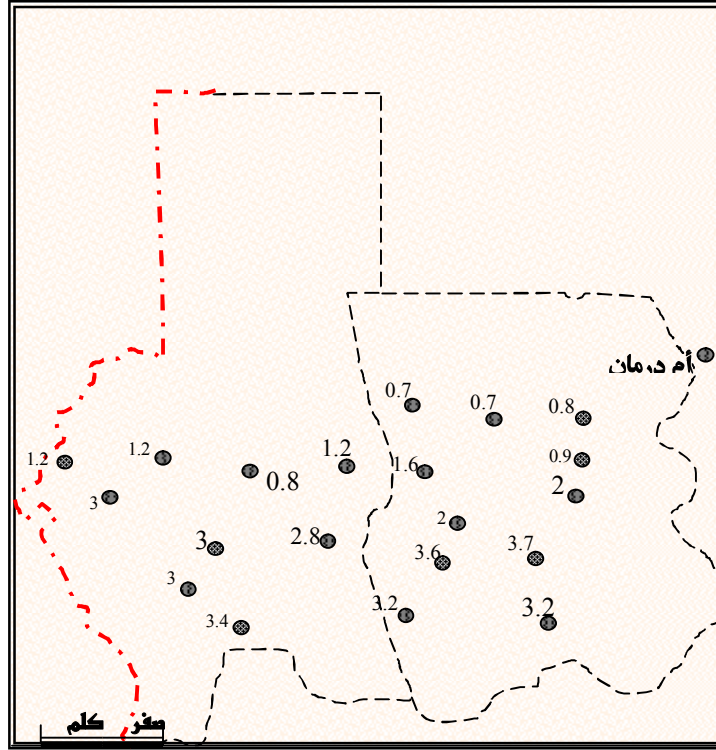
ب- التبدل وقت بدء التساقط و نهايته:

يعتبر التبدل السليبي في وقت سقوط المطر (تأخر البداية و تقدم النهاية) سمة هامة من سمات أي نظام مناخي لأن طول الفصل المطري يرتبط به موسم النمو للنبات الطبيعي و المحاصيل. وقد أشار الباحثان (M. Hulme & N. Tosdevin, 1989, p. 183) إلى سلبية التغير بسبب أنه:

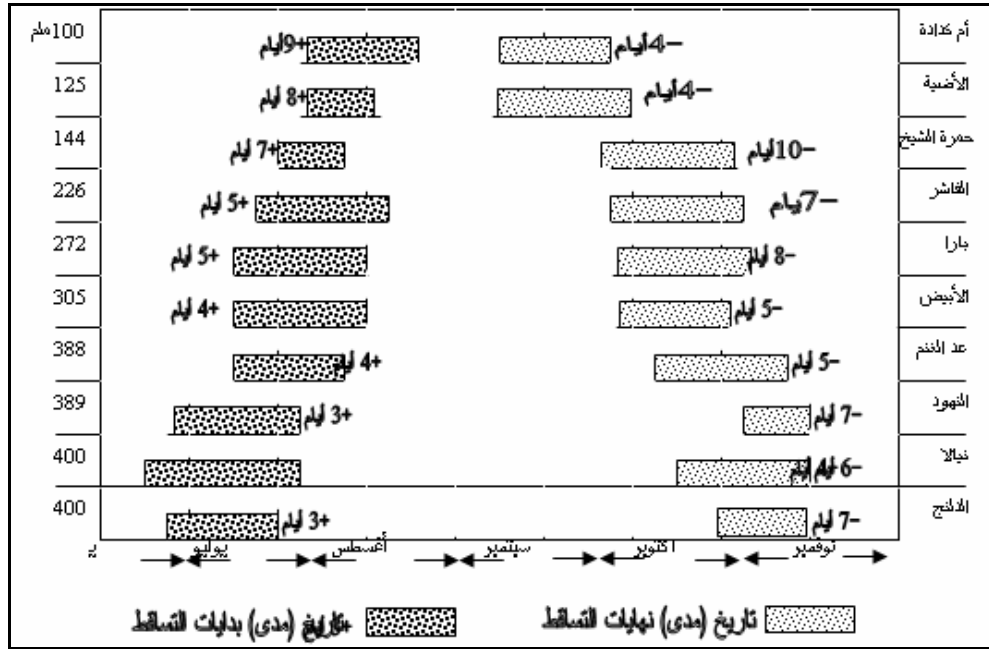
"... rainfall reliability in mid-to-late-season has decreased ...": أي أن درجة الاعتماد على التساقط تتناقص في الفترة من وسط إلى نهاية الموسم. كما أثبت كثير من الدراسات أن كمية المطر

السنوي في أي منطقة ترتبط بطول الموسم المطري. و الشكل رقم (6) أنه يوضح شكل و مدى هذا التبدل.

الشكل (5): متوسط عدد الشهور الممطرة في منطقة الدراسة بعد التغير المناخي (15-25%)



يلاحظ من الشكل أن كل المحطات التي أخذت منها معلومات في منطقة الدراسة قد حدث فيها تغير في موعد بداية المطر (تأخر البداية) و في موعد نهاية الموسم المطري (تقدم نهاية الموسم)، و هذا يعني إجمالاً أن موسم التساقط المطري قد تقلص في كل هذه المحطات. و تقلص الموسم المطري يعني فيما يعني تناقص كمية التساقط السنوي أو تذبذب هذه الكمية من المطر. و هذا ما انفصله في الفقرات التالية.



الشكل (5): التبدل في موعد بدايات و نهايات موسم التساقط في مدن مختلفة من منطقة الدراسة المصدر: مصلحة الأرصاد الجوي، السودان (سنوات مختلفة).

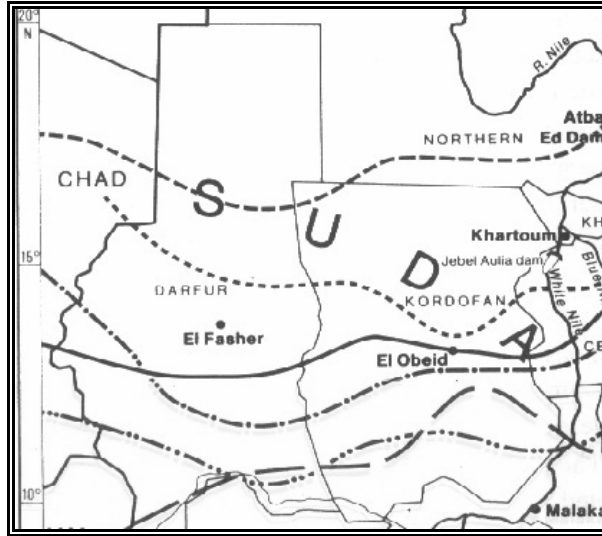
ز- التبدل الذي طرأ على كمية سقوط المطر في المنطقة:

يعتبر التغير الكمي سمة من سمات التبدل الذي طرأ على كمية سقوط المطر في منطقة الدراسة. فقد وُجد أن كمية المطر في العاصفة المطرية أو الزخعة (Storm) الواحدة قد تناقص في بعض الأحيان بنسبة 75% (M. Hulme & N. Tosdevin, 1989, p. 183). كذلك يمثل التناقص في المعدل السنوي لكميات المطر في منطقة الدراسة أبرز مظاهر هذا التبدل. و الجدول رقم (1) أدناه يشير إلى نسب التبدل السلبي في معدلات المطر السنوي في بعض محطات الرصد في منطقة الدراسة:

الجدول رقم (1) نسب التبدل السليبي في معدلات المطر السنوي في منطقة الدراسة:

المحطة	متوسط المطر 1920-	متوسط المطر 1960-2001	كمية التبدل (ملم)	نسبة التبدل (%)
كادقلي	597	579	18	3.02
الدنج	425	400	25	5.9
نيالا	412	400	12	2.9
النهود	402	389	13	3.2
عد الغنم	409	388	21	5.1
الأبيض	349	305	44	12.6
بارا	343	272	71	20.7
الفاشر	260	226	34	13.1
حمرة الشيخ	199	144	55	27.6
الإضية	204	125	79	38.7
أم كدادة	203	100	103	50.8

المصدر: مصلحة الأرصاد الجوي، السودان (سنوات مختلفة).

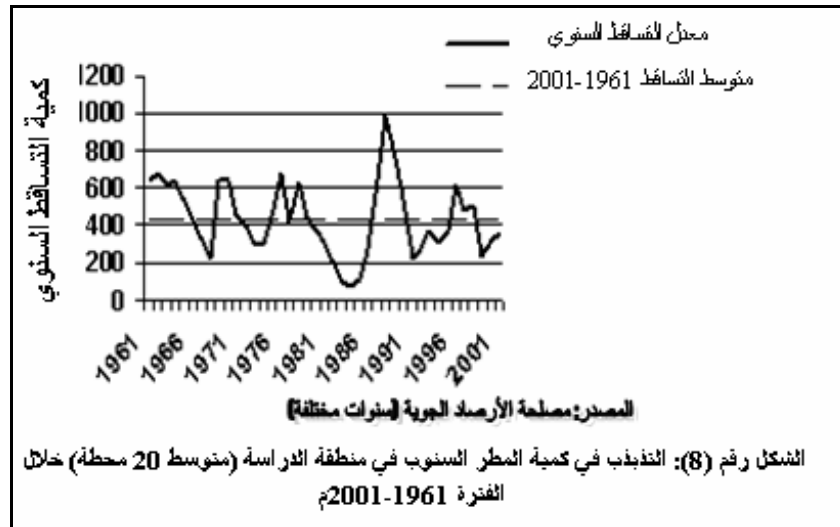


الشكل (رقم 7) التالي يوضح التبدل في خط المطر التساوي 400 ملم في منطقة الدراسة خلال فترات زمنية مختلفة.

المصدر : A. I. Abdel-Rahman, 1996, p. 95.

كما أن الشكل (رقم 7) التالي يوضح التبدل في خط المطر المتساوي 400 ملم خلال سنوات مختلفة في المنطقة:

التذبذب السنوي في كمية المطر: وهي ظاهرة عدم استقرار تدل على تغيرات في نظام المناخ المحلي أو الإقليمي (Oduro-afriyie, 1989). وهي ظاهرة تشير إلى ما تحاول هذه الورقة إثباته حول الزحف المناخي أو تبدل الأقاليم المناخية كعامل من عوامل التصحر في غرب السودان. و الشكل (رقم 8) التالي يوضح مدى هذا التذبذب:



ارتفاع معدلات الحرارة الشهري و اليومي: لاشك أن ارتفاع درجة الحرارة في أي منطقة من المناطق يرتبط أو ترتبط به تغيرات في كل عناصر المناخ الأخرى. و من خلال الدراسات السابقة (عوض عبد الرحمن، 1995) و المعلومات الأرصادية التي تحصل عليها الباحث نجد أن تغير درجة الحرارة في منطقة الدراسة ذو بعدين: أولهما التغير في درجة الحرارة و الثاني التغير في مدى الحرارة (الفرق بين أدنى و أعلى درجة حرارة) السنوي. كما أن التغير يكون كبيرا كلما اتجهنا من الشمال (المنطقة الأكثر تصحرا) نحو الجنوب. فقد ارتفع معدل الحرارة السنوي بمقارنة الفترتين و بحوالي 0.3°م في مدينة الأبيض و

بحوالي 0.04°م في مدينة كادقلي؛ كما أن المدى الحراري ارتفع بحوالي 2°م في مدينة الأبيض و 1.2°م في مدينة كادقلي. و هذا التغير الواضح (إن لم نقل كبير) في معدل و مدى الحرارة يشير تغير مناخي في المنطقة و في نفس الوقت ربما أشار هذا التغير إلى تبدل مناخي يتحرك من الشمال إلى الجنوب (و إن كان هذا الأمر يحتاج إثباته إلى معلومات كمية و نوعية أكثر مما هو متوفر للباحث وقت إجراء الدراسة الحالية).

٧ زيادة سرعة الرياح:

أثبتت الكثير من الدراسات الأرصادية و المناخية في منطقة الدراسة (M. Hulme & N. Tosdevin, 1988; Jacobeit, 1989) و المعلومات الأرصادية التي تحصل عليها الباحث أن هناك تغير في سرعة الرياح في منطقة الدراسة حيث أن متوسط سرعة الرياح خلال الفترة 1920-1980 خلال الشهور أكتوبر -مايو (أشهر جفاف) كان 4.5متر/الثانية، و ارتفع هذا المتوسط إلى 6متر/الثانية (37.5%) خلال الفترة 1981-2001. أما خلال فترة سقوط الأمطار (يونيو-سبتمبر) فقد ارتفعت سرعة الرياح من 2متر/الثانية إلى 2.45متر/الثانية (22.5%). و بما أن الرياح في فترة الجفاف تهب من الشمال إلى الجنوب فإن الزيادة العالية في سرعة الرياح من هذه الجهة لها عدة مؤشرات:

- المؤشر الأول: هو أن هذه الرياح التي تهب من الشمال وازدادت سرعتها بما يعني تغيرات بيئية حدثت في المنطقة، و لعل أهمها تناقص المساحة الشجرية التي كانت تحد من سرعة هذه الرياح.
- المؤشر الثاني: هو أن هذه الرياح التي تهب من الشمال (من جهة الصحراء الكبرى) وازدادت سرعتها تعني هذه الزيادة ازدياد معدل سرعة تحرك الكثبان الرملية (Sand Dunes) أو دفع عوامل التصحر الأخرى في المنطقة بما يعني ازدياد عملية التصحر حيث أن الرياح تعتبر من أهم عوامل التصحر في أي منطقة.

٧ تغير النظام المظاهر الحيوية أو الفينولوجية (Phenology) للنباتات و المحاصيل:

نجد مثلاً أنه في حالة الفول السوداني ارتفاع درجة الحرارة لمعدل 35°لأكثر من 8 ساعات في اليوم أدى إلى ضمور حجم الحبة في حالات كثيرة. و في نفس المنطقة و في نفس معدل الحرارة المتزايد و في حالة الذرة فقدت حبوب اللقاح، كما أنه في حالة القمح ظهرت مظاهر التيبس، و انخفض إنتاج

درنات البطاطس في مناطق إنتاجه. و كل هذه التغيرات رغم أن معدل الارتفاع تراوحت بين 0.25 و0,30% من المعدل العام (Benson & Clay, 1994, p. 27).

ثالثاً: نشاط التيار المداري الشرقي النفاث:

لم تتوفر للباحث المعلومات الميدانية حول نشاط التيار المداري الشرقي النفاث في منطقة غرب السودان خاصة فوق طبقة التروبوسفير، إلا أن الدراسة التي قام بها الباحثان البريطانيان (M. Hulme & N. Tosdevin) حول هذا الموضوع تثبت أن هناك علاقة بين نشاط التيار المداري الشرقي النفاث و التغير المناخي -على الأقل فيما يتعلق بالتساقط المطري. و قد أثبتت الدراسات التي قامت بها منظمة الأرصاد العالمية (WMO) العلاقة بين نشاط التيار المداري و نمط التساقط في المنطقة المدارية :

"... and the recent global climate on a linkage between Sahelian rainfall and the wider tropical circulation. Dynamically, a relationship (with the Asian monsoon) could be expected since the upper tropospheric easterly jet over East Africa has its origin over the equatorial Indian Ocean ... a weak monsoon circulation is usually associated with a weaker easterly jet" (WMO, 1987, p. 5) ."

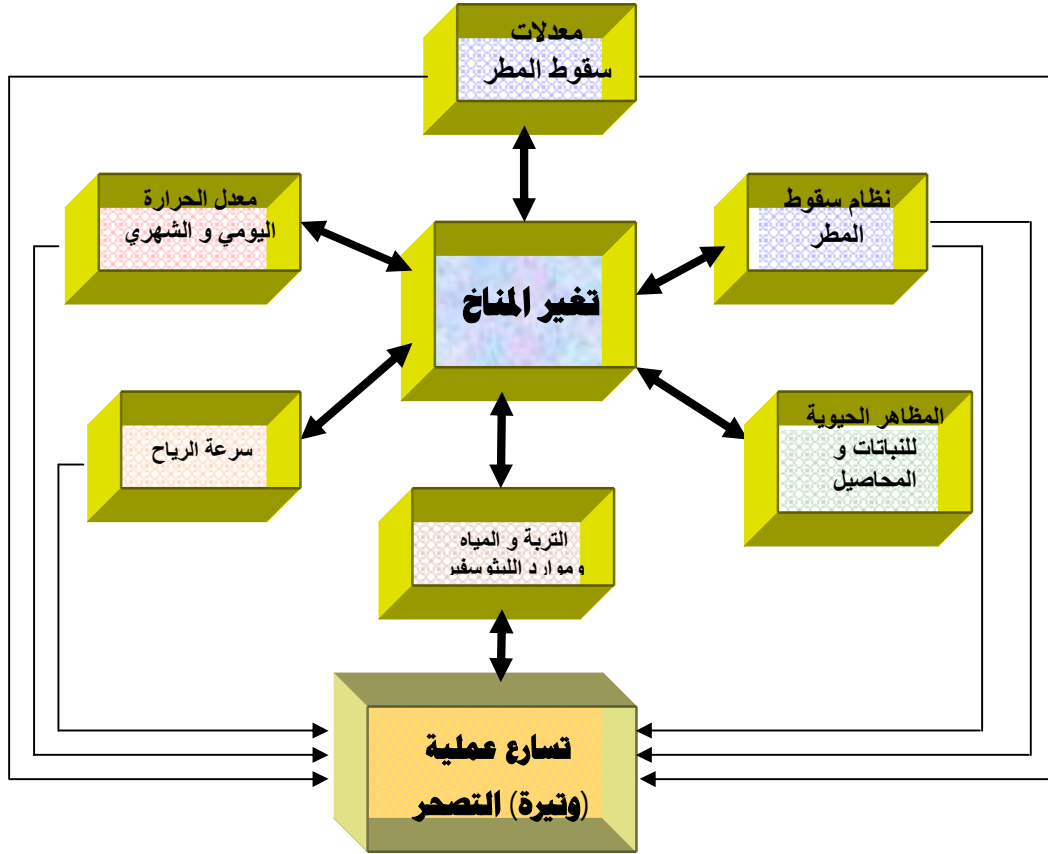
كما أن الدراسة التي قام بها (M. Hulme & N. Tosdevin, 1988) أثبتت هذه العلاقة من حيث أن نشاط التيار المداري منطقة هو مثال للتأثير الإقليمي المتبادل من جهة، و التأثير المكاني في المنطقة التي يكتف فيها نشاطه فوق طبقة التروبوسفير. حيث وجد أن هذا النشاط يؤثر في الشذوذ المطري (anomalies) عند كل من التساقط اليومي و الشهري و السنوي. و قد وجد الباحثان أن التذبذب السنوي و عبر السنوي (Inter- and intra-annual variation) في قوة التيار النفاث من حيث الارتفاع و عدد دوائر العرض التي يؤثر فيها يتصل اتصالاً وثيقاً بالشذوذ في التساقط المطري. كما وجد أن هذا التيار يتصل (في حالة نشاطه في شهر يونيو و هو الشهر الذي يبدأ فيه موسم التساقط في منطقة وسط السودان التي جزء منها منطقة الدراسة) اتصالاً مباشراً بالاتجاه نحو التناقص في معدل التناقص السنوي و ذلك بتأخير بداية موسم التساقط.

كما أن الباحث -في دراسة له عن الأثر المشترك لكل من ظاهرة التقلب المائي البحري (-Upwelling) و التيار المداري الشرقي النفاث على ظاهرة القحط في جنوب و شرق اليمن (نفس الدوائر العرضية لمنطقة الدراسة)- وجد أن هناك علاقة واضحة بين نشاط التيار النفاث و ظاهرة القحط.

و يأمل الباحث أن تتوفر في المستقبل القريب المعلومات الأولية اللازمة حول تحركات و نشاط التيار المداري الشرقي النفث في منطقة الدراسة حتى تكتمل الصورة بشكل أكثر وضوحا.

التغير المناخي و التصحر

يمكن تصوير العلاقة بين التغير المناخي و التصحر في الشكل التالي (الشكل 9)- نموذج أول:



و يمكن تفسير العلاقة بين عناصر التغير المناخي و عملية التصحر (Desertification Processes) كما يلي (الجدول رقم 2):

الجدول رقم (2): العلاقة بين التغير المناخي و التصحر في منطقة الدراسة

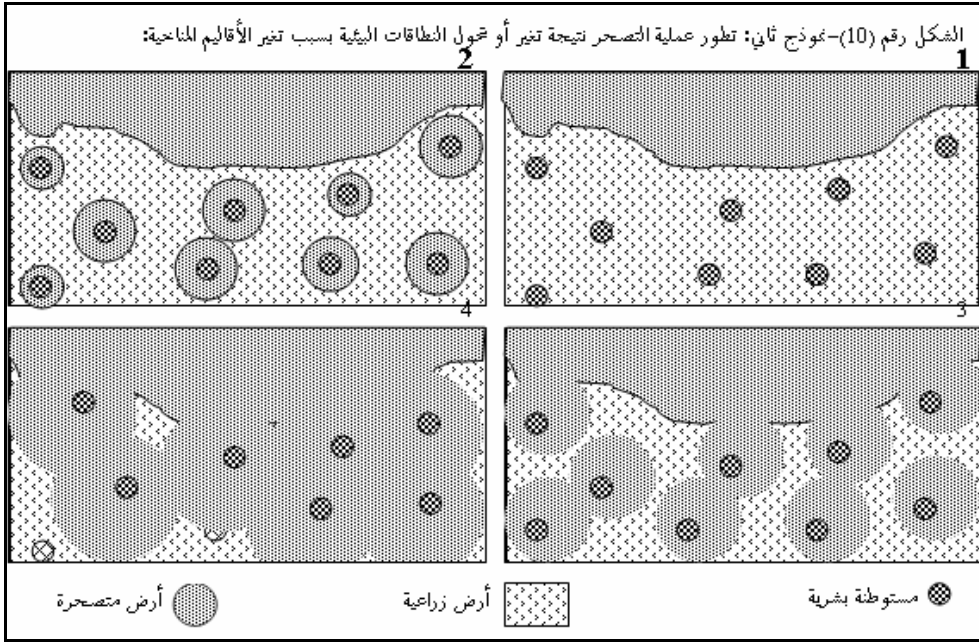
أثره في إحداث التصحر	نتائجه على المنطقة	أثر التغير المناخي
1- تفكك التربة	تناقص الغطاء النباتي	تناقص الأمطار (الجفاف)
1- فقدان التربة الفوقية (Top Soil)	تدهور الإنتاج المحصولي	تناقص الأمطار (الجفاف)
2- انجراف التربة	تحول النطاق البيئي للمحاصيل (Agro-ecological Zones)	
زحف الرمال و الكثبان الرملية	زيادة الرياح	زيادة الرياح
تدهور القوى الإنتاجية للأرض	تناقص الأمطار (نشاط التيار النفاث)	الألبيدو
سيادة مظاهر الصحراء	زيادة معدلات التبخر-قلة فعالية المطر	زيادة الحرارة
1- تغير النطاقات الحيوية. 2- انتقال حواف الصحراء.	زحف المناخ	تغير خطوط المطر المتساوي
التصحر		

التصحر و التغير في معدلات و كميات سقوط المطر:

يمكن تلخيص أثر التغير السلبي (التناقص) لكميات المطر في الخطوات التالية:

1. التغيرات الهيدرولوجية، و ذلك بنقص المياه مما يؤدي إلى تغير شبكة الصرف السطحي و إلى كمية المياه فيها.
2. تملح و انجراف التربة بواسطة الرياح ← فقدان خصوبة التربة. و قد يحدث ها بسبب التآكل (لأسباب طبيعية أو بشرية) أو الإزالة المباشرة بواسطة الرياح أو بسبب التغيرات الكيميائية أو الفيزيائية أو الحيوية، أو جميع هذه التغيرات و العوامل مجتمعة.
3. فقدان التنوع الحيوي (البيولوجي) ← فقدان التنوع الجيني للمحاصيل. و يحدث هذا نتيجة التغيرات البيئية التي يحاول النبات التواؤم معها عن طريق إما التغيرات الفسيولوجية أو الهروب (الموت). و بسبب عدم قدرة المحاصيل على التواؤم مع هذه التغيرات تفشل الأضعف في عملية التواؤم فتتعرض بما يؤدي إلى نقص في أنواع المحاصيل التي يمكن إنتاجها، و هذا يعني تناقص الأنواع الذي يعني فقدان التنوع الجيني للمحاصيل.

4. تناقص إنتاجية الأرض ← توسع المساحة الزراعية أفقياً. نتيجة للتغير الذي يحدث في التنوع الجيني تنتقل محاولة التواؤم من المحصول أو المحاصيل إلى الفلاح الذي يحاول التواؤم مع التغيرات بنقل المحاصيل إلى المنطقة المجاورة، و عندما تحدث نفس التغيرات البيئية ينتقل مرة أخرى إلى مساحة مجاورة، وهكذا تتوسع المساحة الزراعية أفقياً و معها رقعة التصحر (الشكل رقم 10).



5. تناقص المساحة الشجرية (الغابات - الحراثة غير المستدامة). قد يكون هذا التناقص بسبب إستراتيجية التواؤم التي يتبعها الفلاح كما في الفقرة أعلاه.
6. التغير المناخي، و هو نتيجة لكل ما حدث أعلاه حيث تنقل النطاقات أو الأقاليم المناخية نتيجة تلك التغيرات.
7. التصحر، و هو نتيجة لكل ما حدث أعلاه من تغيرات، و لذلك فهو المحصلة النهائية.

التصحّر و التغير في معدل الحرارة:

يعني ازدياد معدلات التبخر الكلي (التبخر + النتح)، و بالتالي تقليل فعالية المطر مما قد يسهم في كلٍ من تناقص الغطاء النباتي و تفكك التربة و تعريتها و تحويلها إلى أرض متصحرة.

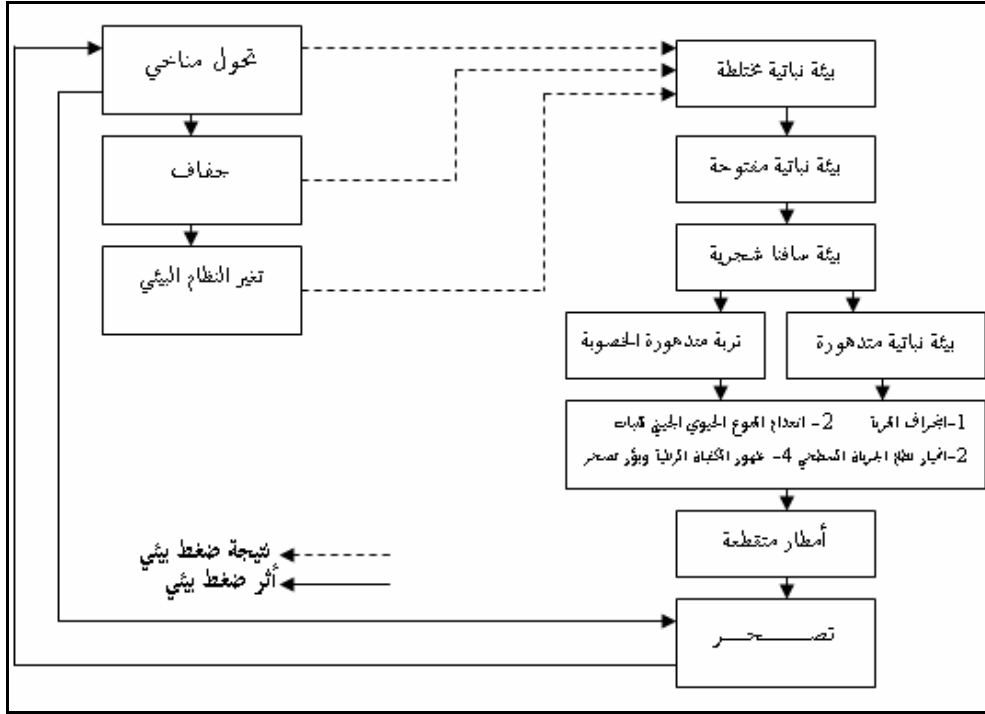
التصحّر و التغير في سرعة الرياح:

يعني ازدياد معدلات التبخر الكلي (التبخر + النتح)، و بالتالي تقليل فعالية المطر مما قد يسهم في كلٍ من تناقص الغطاء النباتي. كما أن الرياح تسرّع من عمليات تفكك التربة و تعريتها و تحويل المنطقة التي تسود فيها إلى أرض متصحرة. إضافة إلى ذلك فإن الرياح هي المسئول الأول عن حركة الكثبان الرملية في منطقة الدراسة و في غيرها من المناطق.

و مما تقدم من تحليل و نقاش يمكن القول أنه يمكن القول أن العلاقة بين الزحف (التغير) المناخي و التصحر تتضح من خلال تغير أو تبدل الأقاليم البيئية (الايكولوجية) في منطقة الدراسة التي يحدث فيها التحول البيئي نتيجة الزحف المناخي بحيث يحل الإقليم الجاف محل الإقليم الأقل جفافاً، و التي هي (من الجنوب إلى الشمال) كالتالي:

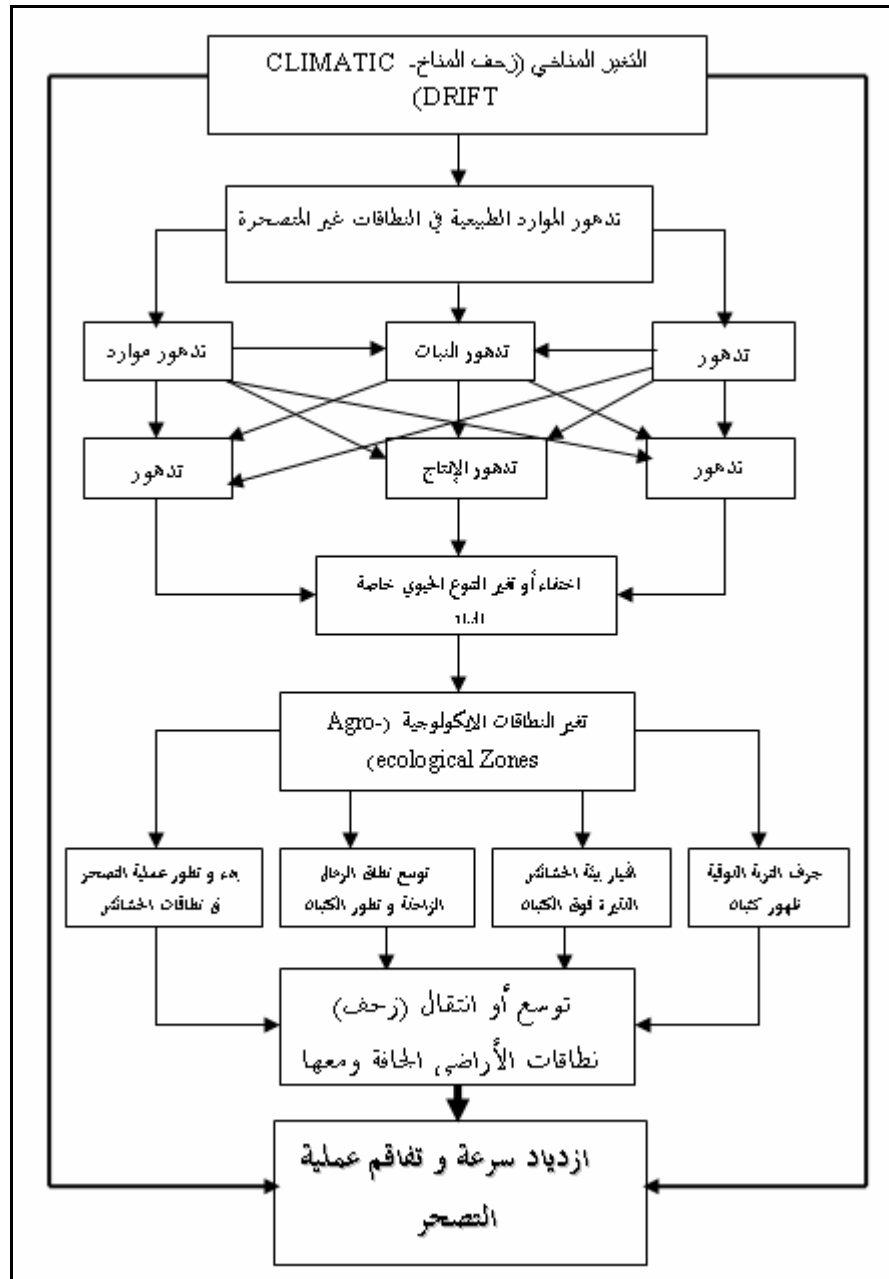
- أ- المداري الرطب: (مطر بين 800 و 1200 ملم في 7 أشهر): بيئة حيوية (نباتية) مختلطة.
- ب- المداري دون الرطب: (مطر بين 500 و 800 ملم في 2 و 3.9 أشهر): بيئة حيوية (نباتية) مفتوحة
- ج- جبلي (جبل مرة في دارفور): (مطر بين 800 و 1200 ملم في 2-3 أشهر): بيئة حيوية (نباتية) سافنا شجرية.
- د- المداري شبه الصحراوي: (مطر أقل من 200 ملم في 0.5 شهر): بيئة حيوية (نباتية) سافنا عشبية.
- هـ- المداري الصحراوي القاري: (مطر أقل من 200 ملم في 0.5 شهر): بيئة حيوية (نباتية) صحراوية عشبية

و عملية أو عناصر التحول الذي حدث يصورها النموذج في الكل رقم (11) أدناه:



الشكل رقم (11): نموذج ثالث: دورة التصحر في منطقة الدراسة-مثال الساحل الأفريقي.

و من النماذج الثلاثة التي تكون حتى الآن يمكن القول أن النموذج النهائي لتصوير أو تمثيل العلاقة بين الزحف المناخي و التصحر في منطقة الدراسة يصورها النموذج في الشكل رقم (12) .



الشكل رقم (12): نموذج العلاقة بين الزحف المناخي (التغير المناخي) في غرب السودان

الخاتمة

اعتمد البحث المقدم في هذه الورقة العلمية على مصادر أولية و أخرى من مصادر ثانوية و من المستوى الثالث (Tertiary) للحصول على المعلومات المستخدمة، كما أن شبكة المعلومات الالكترونية (World Wide Web-WWW) وفرت كما و نوعا من المعلومات أسهمت كثيرا في الوصول إلى النتائج التي توصل إليها البحث. و قد اتبعت الورقة منهجا تحليليا/تجميعيا (Analysis/Synthesis) في وقت واحد لاستخلاص أهم نتائج البحث. كما عمدت الورقة إلى استخدام أحدث ما توفر للباحث من نظم و برامج التحليل الإلكتروني عن طريق جهاز الحاسب الآلي لتحليل و تفسير و تنظيم المعلومات التي تحصل عليها ليخرجها في شكل ورقة علمية بحثية. و لقد كان الموضوع الأساسي الذي سعت الورقة لمناقشته هو العلاقة بين زحف المناخ (Climatic Drift) أو التغير المناخي بمعناه المكاني و الآني (Space & Time) معا- من جهة- و التغير البيئي الذي مؤداه الأخير و محصلته النهائية هو التصحر (Desertification)، و الذي يعني فيما يعنى أقصى درجات التدهور البيئي الذي يمكن أن يصيب أي منطقة من المناطق. و من كل ذلك التحليل و النقاش خلصت هذه الورقة العلمية إلى أهم النتائج التالية:

أولاً: هناك تغير مناخي في منطقة الدراسة أهم مظاهره تناقص كمية الأمطار في الأقاليم المناخية المختلفة و تغير طول الموسم المطري و تذبذب كمية المطر السنوي الذي يعني تغير الأقاليم المناخية بحيث يزحف الإقليم الفقير ليحل محل الإقليم الأكثر منه غنى.

ثانياً: هناك علاقة وثيقة في منطقة الدراسة بين التغير المناخي (الزحف المناخي) و معدلات زحف الصحراء و التصحر معا.

ثالثاً: يتجه هذا التغير من الشمال نحو الجنوب بحساب التصحر و من الجنوب نحو الشمال بحساب التدهور البيئي.

رابعاً: توصلت الورقة إلى أن النموذج الذي تكون في نهاية البحث أو كمحصلة نهائية للبحث يشير للترابط الوثيق بين عناصر المناخ و البيئة المحلية في غرب السودان. و هذا مما يشير إلى تكون نظام مناخي في منطقة الدراسة بالمعنى الذي يعرف النظام المناخي (Climate System) بأنه: شديد التعقيد و

يتألف من خمسة عناصر رئيسية هي: الغلاف الجوي و الغلاف المائي و غلاف الثلج (الكريوسفير) و الغلاف الحيوي و سطح الأرض و التفاعل بينهم. و بما أن النظام المناخي في أي مكان في العالم يتطور أو يتغير تحت تأثير ديناميته الداخلية الخاصة أو نتيجة لتأثيرات خارجية في التغيرات التي يحدثها الإنسان أو قوى الطبيعة في أحد عناصر النظام المناخي، فإن التصحر في منطقة الدراسة يعتبر أحد المؤثرات التي تلعب دورها في التغير المناخي، و هذا التغير المناخي يؤدي بدوره إلى عملية التصحر. و هذا هو النموذج (Model) الذي خلصت الدراسة في هذه الورقة العلمية إلى استنباطه كهدف علمي بحثي.

المراجع

أولاً: المراجع باللغة العربية:

الأمم المتحدة. 2003. تقرير صندوق الأمم المتحدة للأنشطة السكانية، 2003، هيئة الأمم المتحدة، نيويورك.

عوض إبراهيم عبد الرحمن. 1995. الأسس البيئية للزراعة في السودان، دار جامعة الخرطوم للنشر، الخرطوم.

عوض إبراهيم عبد الرحمن. 2001. الإنسان و بيئته: أثر الإنسان على أغلفة البيئة الأربع: الغلاف الجوي و الغلاف المائي و الغلاف الصخري و الغلاف الحيوي، دار جامعة الخرطوم للنشر، الخرطوم.

عوض إبراهيم عبد الرحمن. 2003. التصحر في محافظة تعز، مجلة الجمعية الجغرافية اليمنية، العدد الثالث، صنعاء.

ليستر براون و إدوارد وولف .1989. "إيقاف تدهور أفريقيا" في: حسين عبد الفتاح (مترجم): أبعاد علاقة النمو بمنظومات استيفاء الحياة، معهد مراقبة العالم (World watch Institute) - مركز الكتاب الأردني، عمان.

مصلحة الأرصاد الجوي - السودان (سنوات مختلفة): التقرير السنوي، مصلحة الأرصاد الجوي، الخرطوم.

ثانيا: المراجع باللغة الانجليزية:

Abdel-Rahman, A.I. 1990 . The Impact of Desertification on Areas of Western Sudan" (Unpublished) Ph.D. Dissertation, Khartoum University, Khartoum.

Abdel-Rahman, A.I. 1996 . The Conflicts over Nile Waters in a Geopolitical Context, Erfurter Geographische Studien, Bid. 5, S 89-102, Erfurt.

Arifi, S.A. 1978 . Development Strategy for Rid Zone of western Sudan, Department of Geography, Khartoum University, Khartoum.

Benson & Clay . 1994 . "The Impact of Drought on Sub-Saharan African Economies", IDS Bulletin, No. 25-4, pp 24-32.

El-Tayeb & Shorahbil, A. 1981. The Impact of Water Points On Environmental Degradation: A Case Study of Eastern Kordofan, Institute of Environmental Studies, , Khartoum University, Khartoum.

Grester, G. 1960 . Sahara Desert of Destiny, Coward McCann, New York

Hare, F.K. 1983 . Climate On the Desert Fringe" in Garner, Rirz & Scoging,H. (eds.) Mega-Geomorphology, Clarendon Press, Oxford, pp. 134-51.

Hari Eswaran, Paul Reich & Fred Beinroth . 2001 . "Global Desertification Tension Zones", in Stott, D.E.; Mohtar, R.H. and Steinhardt, G.C. (eds. . Sustaining the Global Farm, UNESCO, Paris, pp. 24-28.

Hulme, M & Tosdevin, N. 1988 . "The Tropical Easterly Jet and the Sudan Rainfall II Inter-and Intra-annual Variability During 1968-85" Discussion Papers in Geography, No. 39, Department of Geography, Salford University.

- Hulme, M & Tosdevin, N 1989** . "The Tropical Easterly Jet and the Sudan Rainfall: A Review" Theoretical and Applied Climatology, No. 39, pp. 179-188.
- Hulme, M. 1995** . "Climate Change and South Africa: A n Exploration of Some Potential Impacts and Implications in the SADC Region" WWF, Harare.
- Jacobeit, J. 1988** . "Inter-annual Variations of Tropical Rainfall and Upper Circulations", in Gregory, S. (edit.) Recent Climatic Change, Belhaven Press, London.
- Khogali, M.M. 1991** . 'Desertification, Famine and the 1988 Rainfall: The case of Umm Ruwaba District in the Northern Kordofan Region" in Geojournal, No. 25, pp. 81-89.
- Nisbet, E.G. 1991** . Leaving Eden: To Protect and Mange the Earth, Cambridge University Press, Cambridge.
- Oduro-afriyie, K. 1989** . "On the Mean Monthly Equivalent Potential Temperature and Rainfall in West Africa" Theoretical and Applied Climatology, No. 39, pp. 188-93.
- Spencer, R. & Chriely, J. 1990** . "Precise Monitoring of Global temperature Trends From Satellite" in Science, vol. 247, pp. 1558-62.
- UNCCD . 2001** . "Action Programme to Combat Desertification: Africa", Updated List, United Nation Convention to Combat Desertification, Nairobi.
- UNEP 1999** . Western Indian Ocean Environment Outlook, United Nation Environment Programme, Nairobi.
- UNEP . 2004** . Africa Environment Outlook: Past, Present & Future Perspectives", United Nation Environment Programme, Nairobi.
- World Meteorological Organization (WMO)**, United Nations Environmental Programme (UNEP), Climate Change: Impacts, Adaptation and Vulnerability, The Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel On Climate Change (IPCC).

ثالثاً: مواقع في شبكة الانترنت:

<http://www.globalsecurity.org>

<http://www.almoslim.net>

<http://www.pubs.usgs.gov/gip/deserts/desertification>

<http://www.earth-policy.org/updates/desertification>

<http://www.darfur/art1>

<http://www.globalsecurity.org>

<http://www.acts.or.ke>

<http://www.icg.org/pn/hl>

<http://www.unccd.int/ctionprogrammes/africa/africa.php>

<http://www.net-lexikon.de/Fernerkundung.html>

<http://geo.arc.nasa.gov/sge/landsat/17.html>

http://www.ipicture.de/daten/wirtschaft_jemen.html

http://www.remmele.de/myworld/jemen/brockhaus_info.htm

<http://www.einsteinfreun.de/egweb/unterricht/erdkunde/jemen/topograf/index.ph>

<http://www.omya.com/d/calciumcarbonat.htm>

<http://www.net-lexikon.de/Elektrische-Leitfaehigkeit.html>

http://ivvgeo.uni-muenster.de/Vorlesung/FE_Script/Start.html

<http://umweltspione.de/umwelt/bausteine/methoden/interpretieren.htm>

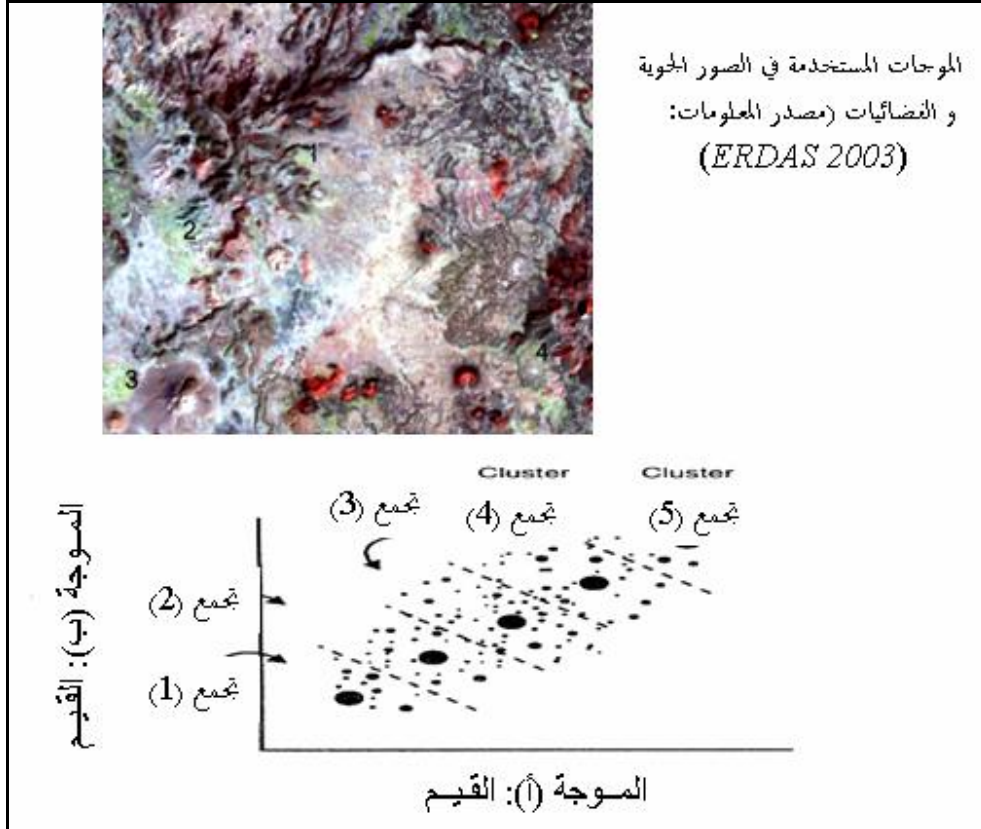
http://www.unimuenster.de/GeoPalaeontologie/Geologie/Ferngis/fern_intro/index/spektral/vegetation/vegetation_steu.html

http://ivvgeo.uni-muenster.de/Vorlesung/FE_Script/Start.html

رابعاً: صور جوية (Air Photography) و فضائيات (Satellite Imagery):

صورة فضائية رقم: (Landsat-7 - ETM+ -) 12.11. 2003

صور جوية بالأرقام: 15133 و حتى 15138 مقياس : 1:20.000 عدسة: 153.2 ملم



خامساً: البرامج الحاسوبية (Software) التي استخدمت في البحث:

- Erdas Image 8.4
- Arc-View 3.2a
- Adobe Photoshop 8.0
- Kartoflex des VEB Carl- Zeiss- Jena
- Interpretoskop B des VEB Carl- Zeiss- Jena
- GPS Garman.

Climatic Drift Versus Desert Creep: The Case of Western Sudan

Awad Ibrahim Abdel-Rahman

Geography Dept., Sana'a Univ., Yemen

Due to many human mal-use, natural renewable natural resources deteriorate. One salient impact of man is the removal of plant cover. It is a change which has its repercussions on changing the natural landscape. As a consequence, there are pedagogical, botanical, hydrological, and other changes. Due to all these changes, the albedo is affected leading to change in rainfall character in four instances:

- Rainfall amount;
- Commence and end of the rainy season;
- Rainy days number.
- Shift of the isohyets as an ultimate result.
- Major climatic, pedagogical, botanical, hydrological and other ecosystem changes, as a consequence of all above changes.

This means a spatial shift of the ecological zones in the study area. One salient ecological zone is the Sahara Desert, bordering the study area. This zone is now pushed by these changes to replace savanna zone, which in turn has replaced the equatorial zone. Mobile sand dunes are also pushed southward enhanced by a deteriorating or ecosystems in their way.

Then, the main theme of the paper is an investigation and trying to prove the relationship between desert creep as an ecological salient phenomenon in the study area, in one hand, and climatic zone drift, on the other hand. The research problem is tackled through synthetical/analytical approach trying to design this relationship in a model that portray all ecological aspects and capacity of the study area. This is done through collecting all primary, secondary as well as tertiary data and use the appropriate software for different types of synthesis/analysis of the collected data.