



مخاطر الغمر البحري على ساحل منطقة عسيري

(جنوب غربي المملكة العربية السعودية)

Marine flooding risk on the coast of Asir region (southwest of Saudi Arabia)

أميرة عبد الله عسيري

ga_alm@hotmail.com

جامعة الملك خالد - كلية العلوم الإنسانية - قسم الجغرافيا - أمها - المملكة العربية السعودية.

عبد الحميد حميدة سليمان بن غازي

جامعة الملك خالد - كلية العلوم الإنسانية - قسم الجغرافيا - أمها - المملكة العربية السعودية.

abenghazi@kku.edu.sa

تاريخ الاستلام: 2025/07/24 تاريخ القبول: 2025/11/14 تاريخ النشر: 2025/12/15

الملخص: ظاهرة الغمر البحري وما قد يرافقها من آثار سلبية على الإنسان وبيئته من المخاطر التي ما فتئت ترتفع وتيرتها ودرجة حدتها نظرا للتغيرات المناخية من جهة وازدياد الضغوط البشرية على المنظومة الساحلية من جهة ثانية. ونظرا لطابعها الشمولي فتكاد لا تخلو سواحل جل بلدان العالم من انعكاسات مخاطر الغمر البحري وما يصاحبها من آثار بيئية واقتصادية. كما أن تركيز جل السكان والأنشطة الاقتصادية في المناطق الساحلية أو بالقرب منها فقد يزيد من وطأة تلك المخاطر.

في هذا الإطار يُعتبر ساحل عسيري ضمن المناطق الجاذبة والتي جعلت المكان يحظى بأهمية كبيرة من حيث قدرته على استقطاب المشاريع السياحية. غير أن التغيرات المناخية التي يشهدها العالم اليوم الناتجة عن الاحتباس الحراري وما ينجم عنها من آثار من حيث ارتفاع درجات الحرارة قد ألفت بانعكاساتها على منسوب البحار الذي يعرف اليوم ارتفاعا مطّردا قد يهدّد عديد السواحل في مختلف أرجاء العالم خصوصا تلك المنخفضة. فسواحل عسيري المطلّة مباشرة على البحر الأحمر قد تأثرت جزئيا بارتفاع منسوب البحر الذي غمر مساحات مهمة خصوصا تلك الممتدة على المنخفضات. كما أن تغير خط الساحل قد ساهم في تدهور تشكيلات

المانجروف التي تعتبر خط الدفاع الأول الذي يحمي الشواطئ من عمليات التعرية البحرية الناتجة عن مفعول الأمواج والتيارات البحرية.

نسعى من خلال هذه الدراسة إلى تقييم كمي لمخاطر ارتفاع منسوب البحر بساحل منطقة عسير مع محاولة محاكاة للسيناريوهات المستقبلية لغاية نهاية هذا القرن في سياق تغيرات مناخية متسارعة، ولتحقيق تلك الأهداف اعتمدت الدراسة على تحليل مجموعة من البيانات التي توفرها لنا المرئيات الفضائية بعد التثبت من صحتها من خلال الدراسة الميدانية. كما تم استخدام نموذج الارتفاع الرقمي ذو دقة 10 متر مستل من صور القمر الصناعي الأوروبي سانتينال 1 بعد معالجة المرئية الفضائية بأداة السناب وتحويل الصورة إلى نموذج للارتفاع الرقمي. بفضل هذا النموذج تم تحديد مناطق الغمر البحري من خلال أداة Map Algebra المتوفرة في بيئة نظم المعلومات الجغرافية.

قد تبيننا من خلال هذا البحث أن جلّ السواحل المنخفضة لمنطقة عسير مهددة بالغمر والتعرية البحرية. كما أن منظومة غابات المانجروف هي الأخرى تحت تأثير تغير خط الساحل وهي أيضاً تحت وطأة الامتداد العمراني الذي اكتسح جزءاً كبيراً من سواحل المنطقة. كما أن عملية محاكاة للسيناريوهات المستقبلية في صورة ارتفاع منسوب البحر من متر إلى مترين في غضون سنة 2100 قد أظهرت ازدياد المساحات المهددة بالغمر البحر خصوصاً على شاطئ سعيده الصوالحة، لذلك نوصي بضرورة القيام بدراسات بيئية معمقة تأخذ بعين الاعتبار كل الجوانب المتعلقة بالتغيرات المناخية عموماً وبتغير خط ساحل البحر الأحمر خصوصاً ومدى تأثيرها على شواطئ المنطقة. في المقابل من الأهمية بمكان أن تأخذ المشاريع التنموية المستقبلية المزمع تنفيذها على ساحل منطقة عسير بعين الاعتبار كل هذه المعطيات البيئية المستجدة.

كلمات مفتاحية: ساحل عسير، البحر الأحمر، التغيرات المناخية، تغير خط الساحل، الغمر

البحري

Abstract

The phenomenon of marine inundation and the negative effects that may accompany it on humans and their environment are among the risks that have been increasing in frequency and severity due to climate change on the one hand and increasing human pressures on the coastal system on the other hand. Due to its comprehensive nature, the coasts of most countries in the world are almost free from the repercussions of the dangers of marine submersion and the accompanying environmental and economic impacts. The concentration of most of the population and economic activities in or

near coastal areas may increase the severity of these risks.

In this context, the Asir coast is considered one of the attractive areas, which has made the place of great importance in terms of its ability to attract tourism projects. However, the climate changes that the world is witnessing today resulting from global warming and the resulting effects in terms of rising temperatures have had their repercussions on sea levels, which today are witnessing a steady rise that may threaten many coasts in various parts of the world, especially those that are low. The coasts of Asir, directly overlooking the Red Sea, have been partially affected by the rise in sea levels, which submerged important areas, especially those extending over the lowlands. The change in the coastline has also contributed to the deterioration of mangrove formations, which are considered the first line of defense that protects beaches from marine erosion resulting from the effects of waves and sea currents.

Through this study, we seek to quantitatively evaluate the risks of sea level rise on the coast of the Asir region, while attempting to simulate future scenarios until the end of this century in the context of accelerating climate changes.

To achieve these goals, the study relied on analyzing a set of data provided to us by satellite visuals after verifying their validity through a field study. A digital elevation model with a resolution of 10 meters was also used, taken from images of the European satellite Sentinel 1, after processing the satellite image with the Snap tool and converting the image into a digital elevation model. Thanks to this model, marine inundation areas were identified through the Map Algebra tool available in the GIS environment.

Through this research, we have shown that most of the low-lying coast of the Asir region is threatened by submergence and marine erosion. The mangrove forest system is also under the influence of the changing coastline and is also under the burden of urban expansion that has swept away a large part of the region's coast. Also, a simulation of future scenarios in the form of a sea level rise from one to two meters within the year 2100 showed an increase in the areas threatened by sea submersion, especially on the Saeeda Sawalha beach.

Therefore, we recommend the necessity of carrying out in-depth environmental studies that take into account all aspects related to climate change in general and the change in the Red Sea coastline in particular and the extent of its impact on the region's beaches. On the other hand, it is important that future development projects to be

implemented on the coast of the Asir region take into account all of these new environmental data.

Keywords: Asir coast, Red Sea, climate change, coastline change, marine submergence.

المقدمة

تعدّ المخاطر من الظواهر الطبيعية التي لم تنفصل عن تاريخ كوكبنا، بل إن تواترها ووطأتها قد ازدادت حدّة مع التوطّن البشري منذ عصور قديمة. ولا تكاد منطقة من الأرض تخلو من تلك المخاطر التي تحولت في أحيان عديدة إلى كوارث تسبب بعضها في حصول خسائر فادحة على مستوى الأرواح والممتلكات.

وتعتبر التغيرات المناخية التي يشهدها العالم اليوم الناتجة عن الاحتباس الحراري من المخاطر التي ألفت بتأثيراتها السلبية على جميع دول العالم مهما كان موقعها باعتبارها لا تخضع للحدود الجغرافية. ولعلّ ظاهرة الغمر البحري وتغير خط الساحل وما قد ينجر عنها من تعرية من ضمن أبرز تجليات تلك التغيرات المناخية وما رافقها من ارتفاع في درجات الحرارة. فالساحل هو منطقة ذات توازن هش باعتبار خضوعه لتأثيرات عوامل مختلفة بحرية وبرية. فما يحدث في البحر من أمواج وتيارات بحرية وتذبذب في المنسوب قد يغير شكل الساحل الذي يتأثر بدوره بما تقوم به السيول والرياح وغيرها من عمليات ارسائية أو نحتية. كما أن الإنسان أصبح اليوم، وأكثر من أي وقت مضى، من ضمن العوامل شديدة التأثير على تطور خط الساحل وعلى مختلف الأشكال الجيومورفولوجية. فالامتداد العمراني على حساب المجال العمومي البحري واستخدام رمال الكثبان الرملية الشاطئية في أنشطة البناء وإنجاز السدود على مجاري الأودية والأنهار التي تصب في البحار واجتثاث غابات المانجروف وغيرها من الأعمال تأتي كلها ضمن التدخلات البشرية ذات التأثير السلبي على المنظومات البحرية والساحلية.

ضمن هذا الإطار تدرج دراسة المخاطر الطبيعية التي تهدد ساحل منطقة عسير والذي يمتد على أكثر من 125 كم من مدينة الحريضة جنوبا إلى سيدة الصوالحة شمالا. يمتاز هذا الساحل بتنوع بيئاته البحرية من جزر مرجانية إلى شواطئ رملية وصخرية مكسوة بأشجار المانجروف الكثيفة دون أن ننسى تلك البحيرات الشاطئية والشروم التي أعطت للمنطقة منظومة بيئية ذات سمة استثنائية.

غير أن التغيرات المناخية الراهنة وانعكاساتها المباشرة على منسوب البحر الأحمر قد بدأت تُلقى بانعكاساتها السلبية على هذا التوازن البيئي لساحل منطقة عسير. إن غمر السواحل والتعرية البحرية هي النتيجة المباشرة لارتفاع منسوب البحر الذي يشهد اليوم نسقا سريعا كما تؤكد جميع النماذج العلمية العالمية الصادرة عن الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ التابعة للأمم المتحدة والتي قدرت أن يكون ارتفاع منسوب البحر بين 60 صم و130 صم من هنا إلى حدود عام 2150.

هذه الزيادة في منسوب البحر المقدرة حاليا بـ 3.7 م سنويا، حسب التقارير الصادرة عن الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ لعام 2023، قد تكون انعكاساتها سلبية على سواحل منطقة عسير باعتبارها تتشكل في جزء كبير منها من شواطئ منخفضة محيطة بأشجار المانجروف. فتغير خط الساحل الناجم عن ارتفاع منسوب البحر الأحمر قد يؤدي إلى غمر عديد الشواطئ المنخفضة المأهولة بالسكان والمستقطبة للمشاريع السياحية التنموية. كما يمكن أن ينعكس ارتفاع منسوب البحر سلبا على غابات المانجروف مما قد يخل بتوازن النظام البيئي بزيادة نسبة تركيز الأملاح في التربة.

هذا ونشير إلى أن حجم المخاطر قد يتفاقم بشكل متسارع مع زيادة امتداد النسيج العمراني على طول ساحل منطقة عسير وما قد يلحق غابات المانجروف من تدهور. لذلك فمن الضروري أن تأخذ المشاريع التنموية على ساحل منطقة عسير بعين الاعتبار كل هذه المعطيات المتعلقة بالتغيرات المناخية وما قد ينجر عنها من غمر بحري ومن تحولات جذرية في المنظومات البيئية البحرية.

في هذا الإطار تناولت العديد من الدراسات والبحوث بكل اطناب موضوع الغمر البحري ومختلف تأثيراته البيئية والاقتصادية على السواحل في العالم. ولعل تحليل الترابط الطردي بين التغيرات المناخية الراهنة وارتفاع منسوب البحر قد استحوذ على جلّ الدراسات العلمية والتقارير التي تم إنجازها في هذا الشأن. في هذا المجال نشير إلى التقارير الصادرة عن الأمم المتحدة ومختلف المنظمات والهيئات المنضوية تحتها التي أكدت على الارتفاع المطرد لمنسوب البحر ومدى خطورته على السواحل خصوصا من المنخفضة. وتُعد التقارير التي تصدر سنويا عن الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ التابعة للأمم المتحدة من ضمن الوثائق المهمة جدا لما تحتويه من بيانات ونماذج مستقبلية تتعلق بالتغيرات المناخية وانعكاساتها على مسألة الغمر البحري.

كما أن ساحل البحر الأحمر كان موضوعا لبعض الدراسات التي تناولت مسألة الغمر البحري ومختلف انعكاساته على البيئات البحرية. فقد بينت الحافظي (2017) من خلال دراستها بعنوان "الأخطار المرتبطة بتغيير خط الساحل في منطقة جدة" أن التغيرات التي حدثت لساحل منطقة جدة كانت بسبب ارتفاع منسوب البحر من جهة والعوامل البشرية من جهة ثانية.

في نفس الإطار أكد الصباحي (2018) في بحث بعنوان "تغيرات خط ساحل البحر الأحمر الشرقي ما بين القنفذة -الليث باستخدام المرنثيات الفضائية" وجود تغيرات في خط ساحل البحر الأحمر ناتجة عن ارتفاع منسوب البحر.

كما ابرزت النبراس (2021) في دراستها بعنوان "كشف التغيرات الجيومورفولوجية في الساحل الغربي للمملكة العربية السعودية بين ميناء جدة السالمي ورأس الجرجوب" تغير خط ساحل مدينة جدة بسبب عمليات الردم والتعرية والراجعة لعوامل الزحف العمراني بالأساس.

على المستوى الدولي أجمعت كل الدراسات العلمية أن هناك غمرا بحريا متسارعا للسواحل المنخفضة بسبب ارتفاع منسوب البحر وكذلك بفعل التدخل البشري

غير المدروس في تلك البيئات الهشة. في هذا الإطار بين الوسلاقي (2022)، (2016، 1991...) من خلال دراساته لخط الساحل وللجزر التونسية من خلال المقاربات الجيواركيولوجية وباستخدام مؤشرات التأريخ الكربوني أن هناك اتجاهات عاما للغمر البحري وتآكل الشواطئ لجل السواحل التونسية. وتعود عوامل التعرية أساسا لأسباب طبيعية جراء ارتفاع منسوب البحر علاوة على أهمية العوامل البشرية المتمثلة بالخصوص في تغيير مكونات المنظومة البحرية من خلال الزحف العمراني على الشواطئ الرملية بالخصوص. في نفس السياق أكدت مختلف دراسات التي أنجزها باسكوف (2010- 2006- 2004...) أن الشواطئ في جل بلدان العالم بصدد التآكل بنسق سريع خصوصا مع ارتفاع منسوب البحر والذي سيزداد وطأة مع نهاية هذا القرن بفعل التغيرات المناخية.

هذا ويمكن التأكيد على أن السواحل المنخفضة تُعدّ البيئات الأكثر هشاشة والتي قد يختل توازنها نتيجة الضغوط البشرية المتزايدة على مواردها باعتبارها مناطق جذب سكاني. ولعل الجزر ذات الشواطئ الرملية قد تكون مهددة أكثر من أي بيئة أخرى بفعل الغمر البحري وتحت تأثير عوامل التعرية. في هذا الإطار تُعترّ جزر الكارايبي والمارتنيك الأطلسية ذات البيئات الهشة تحت وطأة مخاطر ارتفاع منسوب الذي يغمر جزءا هاما من سواحلها المنخفضة كما ورد في دراسة سفاش (2023) حيث يقدر أن جزر المارتنيك سوف تفقد من هنا لنهاية القرن الحالي حوالي عشر مساحتها بفعل الغمر البحري.

- أهداف الدراسة

- تسعى هذه الدراسة لتحقيق جملة من الأهداف لعل أبرزها:
- إبراز الخصائص الجغرافية لساحل منطقة عسير.
- تحليل دور العوامل الطبيعية والبشرية في تفاقم المخاطر البيئية والاقتصادية لمنطقة الدراسة.
- دراسة المخاطر المتعلقة بالتعرية البحرية لساحل منطقة عسير.

- التقييم الكمي للمناطق المغمورة بالبحر بساحل منطقة ما بين عامي 2005 و2023.

- القيام بمحاكاة للمناطق الساحلية التي قد تغمرها بمياه البحر حتى نهاية 2100.

- تقديم جملة من التوصيات للحد من تلك المخاطر.

- منهجية البحث وأدواته

لإنجاز الدراسة استخدمنا المنهج التحليل الاستقرائي الذي يعتمد على تحليل البيانات متعددة المصادر للوصول إلى نتائج علمية مقبولة. كما تم الاعتماد على المقاربة التأريخية لرصد التغيرات الجيومورفولوجية التي طرأت على شكل الساحل خلال فترات الزمن الرباعي.

ولتحليل تطور خط ساحل منطقة عسير تم استخدام المراتب الفضائية عالية الدقة بتأريخين مختلفين والتي من خلالها تبين أن هذا الخط الساحلي غير ثابت ويتغير باستمرار حسب الديناميات البحرية. فعمليات الردم والنحت البحري تتم بنسق متباين في الزمان والمكان.

كما تم استخدام نموذج الارتفاع الرقمي ذو دقة 10 متر مستل من صور القمر الصناعي الأوروبي سانتينال 1 حيث تمت معالجة المرئية الفضائية بفضل أداة السحاب المتاحة وتحويل الصورة إلى نموذج للارتفاع الرقمي. بفضل هذا النموذج الرقمي للتضاريس ذو دقة مقبولة نسبياً تم رسم خط الساحل وخرائط الانحدارات والارتفاعات. كما مكنتنا هذا النموذج من تحليل الظواهر التضاريسية التي تميز الواجهة البحرية لمنطقة عسير. بفضل هذا النموذج وبلاستعانة بالمراتب الفضائية عالية الدقة تم تحديد مناطق الغمر البحري من خلال أداة Map Algebra في بيئة الأرك جيس.

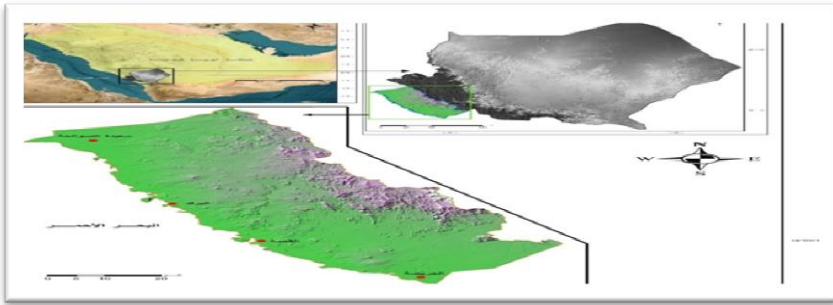
للتثبت من دقة البيانات التي تم استخراجها من مختلف المراتب الفضائية تم القيام بمسح ميداني شامل لمنطقة الدراسة وتتبع خط الساحل في فترات مختلفة والقيام بتحليل مكاني لمناطق الردم والنحت البحري.

I- الخصائص الجغرافية لمنطقة الدراسة

تجدر الإشارة إلى أن دراسة ارتفاع منسوب البحر الأحمر وما قد ينجر عنه من تغير على مستوى خط ساحل منطقة عسير يحتم علينا تحليل جميع العناصر المؤثرة في هذه المنطقة سواء كانت برية او بحرية. فالمنطقة الساحلية تخضع لتأثير عدة عوامل جيومورفولوجية قارية مثل مياه السيول والرياح بالتوازي مع تأثرها مباشرة بالأمواج والتيارات البحرية وعمليات المد والجزر وتذبذب منسوب البحر بالإضافة إلى ما يمكن أن ينجر عن التدخلات البشرية غير المدروسة من اختلال في التوازن البيئي.

هذا وتضم الواجهة الساحلية لمنطقة عسير عديد المدن والمراكز العمرانية التي ما فتئت تنمو بفعل عمليات الزحف العمراني السريع. وقد تزداد مظاهر التوسع العمراني مستقبلا على حساب المنطقة المتاخمة للبحر الأحمر بفضل المشاريع التنموية السياحية المنجزة او التي هي قيد الإنجاز، لذلك فقد ارتأينا ألا تقتصر دراستنا على خط الساحل الذي يفصل اليابسة عن البحر، بل أن تشمل منطقة الدراسة كل الواجهة الساحلية التي تمتد بين أولى مرتفعات قنمة إلى الشريط المتاخم للبحر الأحمر نظرا لأهمية تأثيراتها على المنظومة البيئية الساحلية (شكل 1).

شكل عدد 1: منطقة الدراسة



المصدر: الباحث باستخدام بيانات موقع

<https://opentopography.org>

1- منظومة بيئية فريدة

يتميز ساحل البحر الأحمر عموماً ومنطقة عسير خصوصاً بشراء بيئاته الطبيعية وتنوعها والتي هي نتاج لتفاعل مستمر لعديد العوامل. فقد ظلت تلك الواجهة الساحلية تخضع لتأثير العوامل البحرية والبرية والجوية في آن واحد. فموقع ساحل عسير حذو أعلى سلسلة جبلية في المملكة العربية السعودية جعل المنطقة تحت تأثير تيارات السيول المندفعة من سفوح السروات في اتجاه سهول تهامة المطلة على البحر الأحمر. كما أن موقع الساحل في الإقليم المناخي البيمدياري قد ساهم في تكوين الشعاب المرجانية التي تحولت لصخور جيرية ومرجانية. هذا بالإضافة إلى تلك التشكيلات المتنوعة من أشجار المانجروف التي أضفت على الشريط الساحلي لعسير طابعاً بيئياً خصوصياً.

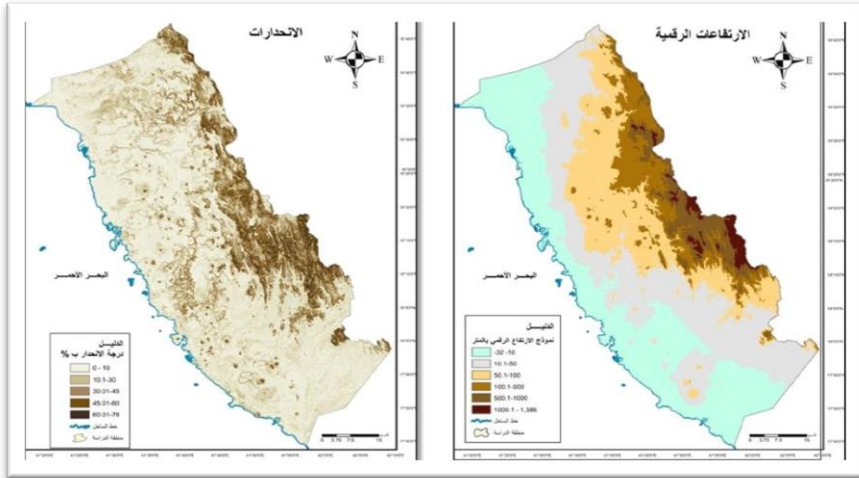
1-1- تنوع المشاهد التضاريسية وقدم التشكيلات الجيولوجية

تتميز الواجهة الساحلية لمنطقة عسير بتنوع تضاريسها ومشاهدها الجغرافية التي تجمع بين المرتفعات الجبلية والسهول والمنخفضات علاوة على الشواطئ الرملية والصخرية والأجرف الممتدة على طول الساحل. إلى هذه التضاريس نضيف تلك المشاهد الجزيرية المرجانية سواء منها المنبسطة أو على شكل نتوءات صخرية تضيء على ساحل عسير شخصية فريدة. ورغم هذا التنوع التضاريسي إلا أن الطابع السهلي يغلب على منطقة الدراسة باعتبار وأن سهول تهامة المنخفضة تمتد على مساحات شاسعة.

نتبين من خلال خريطتي الانحدارات والارتفاعات الرقمية أن تضاريس المنطقة قليلة الارتفاع نسبياً حيث يبلغ ارتفاع أعلى نقطة 1366 متراً لتتخفض قيم الارتفاعات بصورة ملحوظة في اتجاه سهول تهامة غرباً. في هذه المنطقة لا يتجاوز معدل الارتفاع عشرة أمتار مع انحدار ضعيف يميل تدريجياً في اتجاه البحر الأحمر غرباً. أما على الشريط الساحلي المطل مباشرة على البحر الأحمر فلا تتعدى الارتفاعات المترين على ألا تتجاوز بضعة أمتار في الأماكن الجرفية. كما أن نسبة

التضاريس شديدة الانحدار قليلة خصوصا بالقرب من الساحل وفي سهول تامة حيث تغلب الطوبوغرافيا المنبسطة على المشهد (شكل 2 و 3). إلا أن ما يميز تضاريس الواجهة البحرية لمنطقة عسير ذلك الشريط الساحلي المتعرج ذو الرؤوس الصخرية والشروم التي تتناوب مع مشاهد الشواطئ الرملية. كما أن الجزر المرجانية المترامية في عرض البحر الأحمر تمثل سمة بارزة في المنظومة البيئية البحرية في منطقة الدراسة. في هذا الإطار تلعب الشعاب المرجانية والبراكين دورا أساسيا في تكوين تلك الجزر البحرية في المناطق البيمدارية. والشعاب المرجانية هي تكوينات من الحجر الجيري تتألف من كائنات بحرية صغيرة جدا ومن بقاياها، لتتشكل وتنمو في المياه الدافئة الضحلة. هذا ويُعدّ البحر الأحمر، ذو المياه الدافئة، من البيئات البحرية الملائمة لنشأة الشعاب المرجانية مما يفسر وجود العديد من الجزر المرجانية. كما تعد غابات المانجروف من أهم التشكيلات التي أعطت ساحل عسير شخصيته الجغرافية الاستثنائية. إن تنوع الاشكال الطوبوغرافية للمنطقة ما هو إلا نتيجة لقدم التكوينات الصخرية ونشاط مستمر للحركات التكتونية إضافة لدور العوامل الجيومورفولوجية المؤثرة فيها.

شكل عدد 2 و 3: الارتفاعات الرقمية والانحدارات



المصدر: الباحث باستخدام بيانات مرئيات ساتينال 1 معالجة بأداة السناپ

تمتد منطقة الدراسة على الأطراف الغربية لصفيحة شبه الجزيرة العربية وتنتمي جيولوجيا إلى "الدرع العربي" الذي يمتد على الجزء الغربي للمملكة العربية السعودية. وقد انفصل الدرّع العربي على نظيره الإفريقي في الغرب فكوّن ما يسمى بالأخدود الانكساري للبحر الأحمر منذ أواسط الحقبة الجيولوجية الثالثة. هذه الحركة التكتونية، التي أدت إلى نشأة المرتفعات الغربية، صاحبها نشاط بركاني كثيف (الحرّات) وفوالق وانكسارات وتصدّعات وغيرها، ساهمت في تشوّه الشكل الأولي للتضاريس.

وقد نشأ الدرّع العربي من عمليات النمو التلاحمي لحزام التجبل الذي تطور خلال الفترة من 850 إلى 550 مليون سنة مضت (هيئة المساحة الجيولوجية السعودية). أما الصخور المكوّنة للدرّع في حد ذاته فهي عبارة عن حرّات (البازلت التابع لحقب الحياة الحديثة). في حين أن الصخور الموجودة في الجهة الغربية، فهي تابعة لـحقبة الحياة الحديثة المكونة لحوض البحر الأحمر. وقد تعرضت جل التكوينات الصخرية لاحقا إلى مختلف عمليات التجوية، والتعرية المائية والريحية والبحرية مما أضفى على ساحل عسير تنوعا في تشكيلاته الجيومورفولوجية.

1-2- تكوينات جيومورفولوجية متنوعة

تُعَدّ دراسة الظاهرات الجيومورفولوجية من العناصر المهمة في فهم آلية نشأة المشاهد الساحلية وتطورها الزمني. فساحل منطقة عسير يتميز بوجود تكوينات جيومورفولوجية متنوعة ومتعددة المنشأ أعطت للمكان شخصيته الفريدة. فقد تمازج مفعول الرياح ومياه السيول في إطار بيئة بحرية تميزت بحركة أمواجها وتياراتها البحرية لتعطي لساحل عسير أشكالا جيومورفولوجية جد متنوعة. هذا وتجدر الإشارة إلى أهمية الدور الذي لعبته الحركات التكتونية والأنشطة البركانية المتواصلة في تشكيل البيئات الجيومورفولوجية القديمة منها والحديثة.

فإذا انطلقنا من أقدام المرتفعات الجبلية في اتجاه الساحل غربا نلاحظ امتداد المراوح الفيضية على طول الأودية. فتشكل تلك المراوح من ترسبات مختلفة الأحجام مع

سيطرة الجلاميد والحجارة الكبيرة يشير إلى طاقة السيول التي حملتها. في الأجزاء الواسعة من الأودية تترسب المفتتات الصخرية لتكوّن المدرجات النهرية والتي قد يعود بعضها إلى الزمن البلايستوسيني.

صورة عدد 1: تشكيلات من المراوح الفيضية على أقدام مرتفعات عسير



المصدر: الباحث بتاريخ 2023/11/10

خارج منخفضات مجاري الأودية فإن الأغشية البازلتية البلايستوسينية هي التي تمثل السمة البارزة للمشهد الجيومورفولوجي. تمتد تلك الطفوح البركانية الصلبة على مساحات شاسعة لتصل في بعض الأماكن إلى تخوم البحر كما هو الشأن في منطقة البرك.

أما في خصوص التشكيلات الريحية فهي لا تقل أهمية من حيث الامتداد حيث إنها تمثل العنصر الأساسي لجيومورفولوجية ساحل منطقة عسير. فامتدادها الجغرافي على مساحات واسعة يشير إلى أهمية النشاط الريحي في تشكيل المشهد الجغرافي الساحلي.

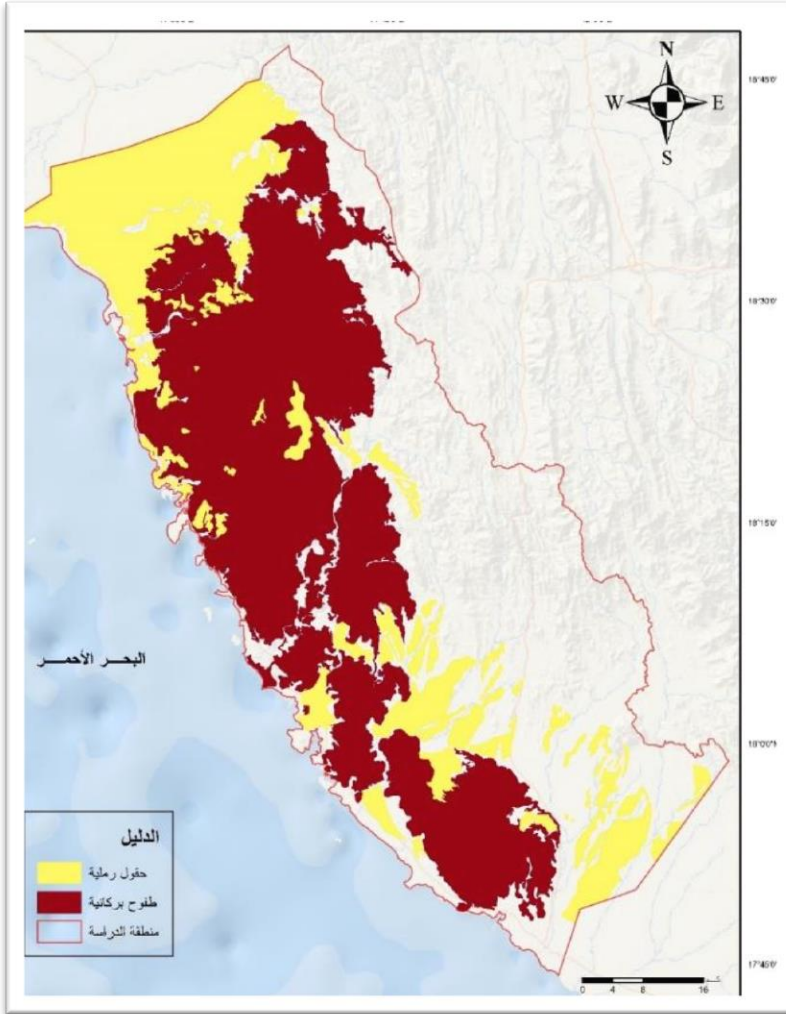
هذا وقد لعبت تلك الحقول من الكثبان الرملية وترسبات السيول دورا مهما في تغذية الشواطئ بالرمال مما يفسر نشأة عديد الألسنة البحرية على طول ساحل المنطقة (شكل 4).

صورة عدد 2: طفوح بازلتية على ساحل البرك



المصدر: الباحث بتاريخ 2023/11/10

شكل عدد 4: الطفوح البركانية والحقول الرملية



المصدر: الباحث باستخدام مرئيات قوغل إرث 2023

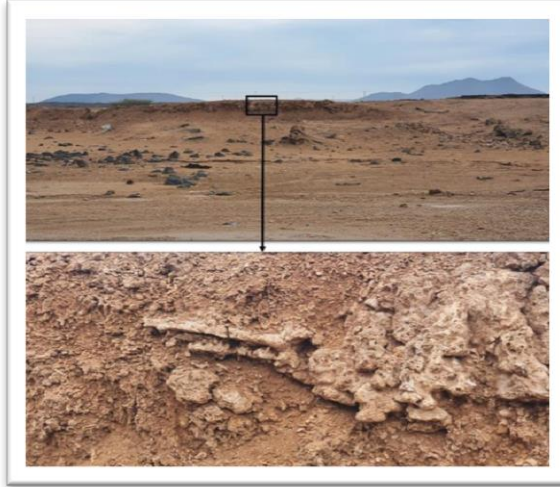
كما أن التشكيلات الجيومورفولوجية الساحلية تتميز بتنوعها، حيث نجد الشواطئ الرملية بجميع عناصرها التي تتناوب مع الشواطئ الصخرية بالإضافة إلى تلك الجروف البحرية التي لا تقل أهمية في المشهد الجيومورفولوجي لساحل عسير. إلا أن ظاهرة الشروم تعتبر الخاصية الجيومورفولوجية البارزة لساحل البحر الأحمر

عموما والذي أعطته ذلك الخط المتعرج. والشروم هي عبارة عن فتحات لمصبات لأودية غارقة تكونت بفعل عمليات النحت الرأسي لما كان مستوى البحر الأحمر أقل مما هو عليه الآن بنحو 125 مترا خلال فترة الانجلاء الأخير الفورم أي منذ حوالي 18000 عام قبل الحاضر مما ساعد الأودية على تعميق مجاريها للوصول للمستوى القاعدي للبحر الأحمر (البارودي 1990).

وقد تركت تذبذبات منسوب البحر خلال العصر الرباعي آثارا جيومورفولوجية واضحة على ساحل عسير على غرار بقية سواحل البحر الأحمر. فقد تكونت أثناء فترات الغمر البحري شواطئ مرجانية على نطاق واسع وتوجد على مستويات طبوغرافية عالية مقارنة بمنسوب البحر الحالي. وقد شكّلت هذه الشواطئ الصخرية، التي تعود نشأتها إلى فترات الغمر البحري خلال الزمن الرباعي، مدرجات ترتفع ببضعة أمتار عن مستوى سطح البحر مما يقيم الدليل على تذبذب منسوب البحر.

وعموما يمكن القول بأن التكوينات الجيومورفولوجية للعصر الرباعي في ساحل منطقة عسير قد تميزت بتنوعها وبتداخل كبير بين مدرجات التراكم الفتاتية مع مدرجات الشعاب المرجانية إضافة للرواسب البحرية (البارودي 1990).

صورة عدد 3: شاطئ قديم من الحجر المرجاني على سواحل منطقة عسير أثناء فترات الغمر البحري



المصدر: الباحث بتاريخ 2023/11/10

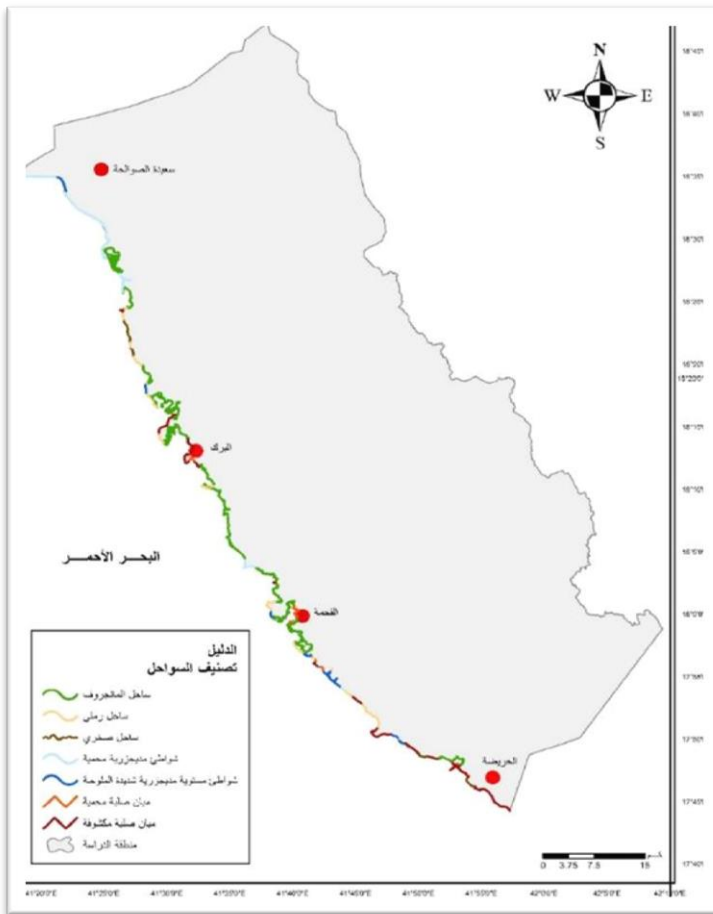
فالشواطئ الرملية والصخرية تتناوب مع غابات المانجروف الممتدة على جزء كبير من الساحل العسيري قد أعطت للواجهة البحرية خصوصية فريدة.
صورة عدد 3: غابات المانجروف تغطي أجزاء واسعة من سواحل منطقة عسير



المصدر: الباحث بتاريخ 2024/2/8

هذا التنوع الكبير الذي يميز شكل الساحل العسيري يعود إلى عوامل متعددة لعل أبرزها اختلاف التكوينات الجيولوجية من حيث اختلاف الصلابة حسب المناطق والتي كان لها تأثير بالغ الأهمية على مختلف عوامل التعرية وفي تشكيل الظواهرات الجيومورفولوجية الساحلية (شكل 5).

شكل عدد 5: التصنيف الجيومورفولوجي لسواحل منطقة عسير



المصدر: الباحث باستخدام مرئيات ساتينال 2

II- ساحل منطقة عسير بين الضغوط الطبيعية والبشرية

تتسم المناطق الساحلية عن غيرها بتعدد العوامل المؤثرة فيها سواء منها الطبيعية أو البشرية لذلك يمكن تصنيفها ضمن البيئات ذات التوازنات الهشة. غير أن ما يميز خط الساحل في منطقة عسير على غرار بقية المناطق الساحلية في العالم هو ذلك التغير المستمر في مساره عبر الزمان والمكان. فالمراوحة بين عمليات الإرساب وعمليات النحت البحري يجعل خط الساحل غير ثابت.

ويُعدّ ارتفاع منسوب البحر على المستوى العالمي ضمن العوامل الأكثر أهمية التي تجعل عمليات الغمر والردم والنحت تتم بشكل سريع وتجعل خط الساحل في تطور مستمر. ولكي نضع منطقة الدراسة ضمن إطارها البيئي ينبغي علينا دراسة التغيرات المناخية الحالية ومدى تأثيرها على ارتفاع منسوب البحر وفي تدهور المنظومة البيئية لساحل منطقة عسير.

التغيرات المناخية وتأثيرها على تذبذب منسوب البحر

يُقصد بتغير المناخ تلك التحولات طويلة المدى في درجات الحرارة ونظام الأمطار وغيرها من أنماط الطقس. قد تكون هذه التحولات طبيعية فتحدث، على سبيل المثال، من خلال التغيرات في الدورة الشمسية والإشعاع الشمسي.

1-1- التغيرات المناخية خلال العصر الرباعي

حدد العلماء العديد من فترات تغير المناخ خلال تاريخ الكرة الأرضية الجيولوجي. ولئن تواترت هذه التغيرات المناخية وما رافقها من انجلاجات منذ حقبة الحياة القديمة إلا أن تلك التي حصلت خلال العصر الرباعي كانت الأكثر وضوحاً بحكم حداثتها والتي لا تزال آثارها موجودة ليومنا هذا.

في هذا الإطار تميز العصر الرباعي، الذي بدأ منذ حوالي 2 مليون عام، بتذبذب كبير في عناصر المناخ وخاصة من حيث ارتفاع وانخفاض درجات الحرارة. وتبعاً لذلك ظهرت ما يسمى بالانجلاجات والتي فصلت بينها فترات قصيرة ارتفعت

خلالها درجات الحرارة. خلال العصور الجليدية انخفضت درجات الحرارة بشكل واضح وغطى الجليد أجزاء واسعة من العروض العليا والوسطى إضافة إلى المرتفعات الجبلية في العروض السفلى. ما يوافق الانجلاذات في العروض السفلى هي الفترات المطيرة حيث تميزت جل مناطق تلك العروض بوفرة الأمطار مما يفسر وجود المجاري المائية دائمة السيالان في منطقة شبه الجزيرة العربية أثناء الفترات المطيرة (شكل 6).

شكل عدد 6: شبكة الأنهار في شبه الجزيرة العربية خلال الحقبة المطيرة الأخيرة

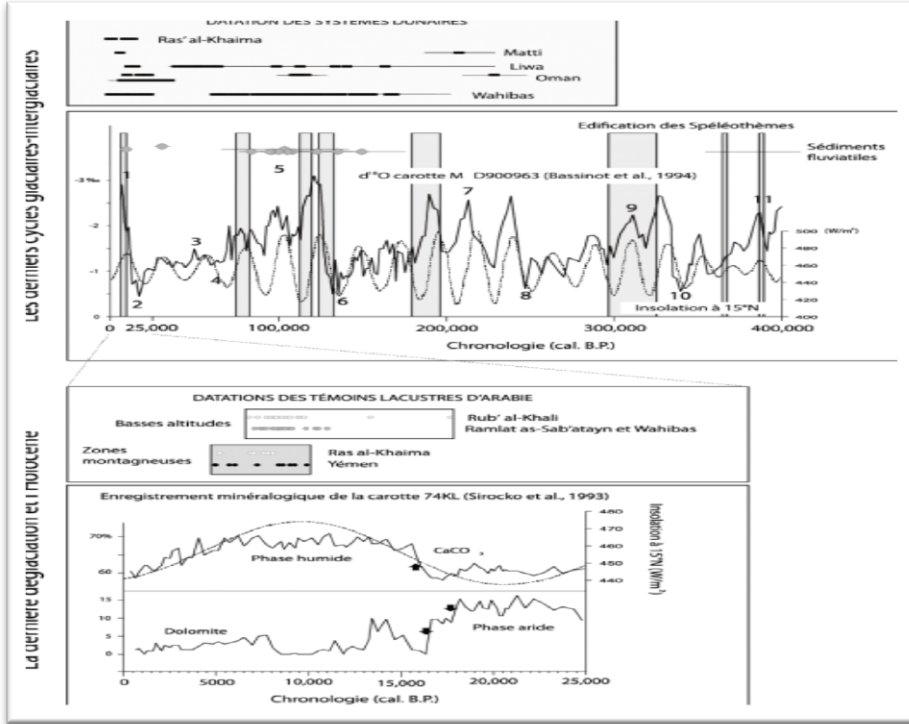


المصدر: <https://twitter.com/7Solgr/status/1614314660752199681/photo/1>

وقد انعكس تواتر الفترات الجليدية مع الفترات البليستوسينية بشكل كبير على تذبذب منسوب المسطحات المائية في كافة أرجاء العالم. فخلال الانجلاذ الأخير الذي عُرف تحت مسمى "الفورم" والذي عرف أوجهه في حدود 18000 عام قبل الحاضر غطى الجليد جميع مناطق العروض العليا وأجزاء واسعة من العروض الوسطى والمرتفعات الجبلية. وكنتيجة لذلك انخفض منسوب البحر بنو 120 مترا

عمّا هو عليه الآن لتتقدم الأراضي القارية. بعد هذا الانجلاد ارتفعت درجات الحرارة مع فترة الهولوسين منذ 10000 عام لتؤدي إلى ذوبان كميات هامة من الجليد وبالتالي ارتفاع منسوب البحر الذي وصل إلى مستواه الحالي أثناء الغمر البحري الفنلندي منذ تقريبا 6000 عام قبل الحاضر (باسكوف، 2010). في شبه الجزيرة العربية أكدت كل التسجيلات الرسوبية على أن الفترة الرطبة العربية كانت فترة قصيرة جدا حيث امتدت في فترة ما بين 12000 و 7500 سنة قبل الحاضر (جونق وآخرون، 2004) (شكل 7).

شكل عدد 7: تسجيلات رسوبية بحيرية تشير إلى مناخ رطب في شبه الجزيرة العربية بين 12000- 7500 سنة قبل الحاضر



المصدر: Jung وآخرون، 2004

يمكن التأكيد على أن هذه التغيرات المناخية التي شملت كل النطاقات تعود بالأساس لعوامل طبيعية كونية تتعلق بتغير نسبة الإشعاع الشمسي التي تصل إلى سطح

الأرض حسب دورة كان قد شرحها ميلانكفيتش في نظريته (تغير ميلان زاوية محور الأرض، تغير شكل مدار الأرض حول الشمس، الحركة المدارية للأرض). فالإنسان كان أثناء تلك الحقبات القديمة من الزمن الرباعي في طوره البدائي يعيش على الصيد والاقتناص ولم يتنظم في شكل مجموعات بشرية مستقرة إلا في وقت متأخر من العصر الرباعي.

لكن، منذ منتصف القرن التاسع عشر، ومع الثورة الصناعية أصبحت الأنشطة البشرية المسبب الرئيسي لتغير المناخ، ويرجع ذلك أساساً إلى حرق الوقود الأحفوري، مثل الفحم والنفط والغاز.

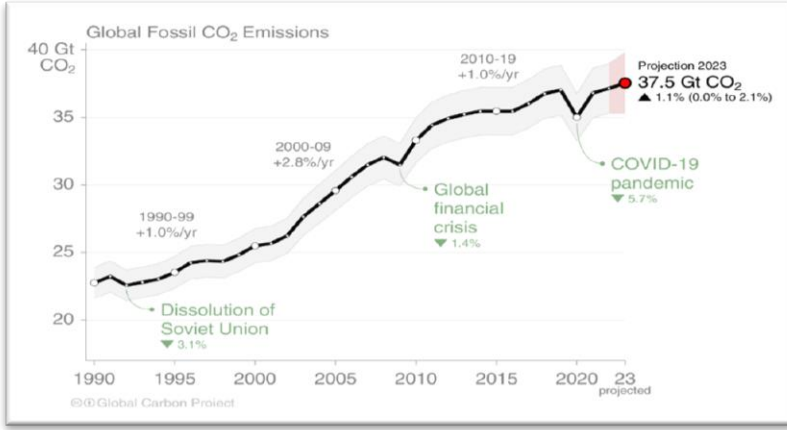
1-2- الإنسان عامل أساسي في التغيرات المناخية الحالية

تعد الأنشطة البشرية مثل الطاقة والصناعة والنقل والبناء والزراعة واستخدام الأراضي من بين القطاعات الرئيسية المسببة لانبعاثات غازات الاحتباس الحراري. كما يمكن أن يؤدي قطع الغابات إلى إطلاق ثاني أكسيد الكربون. فالغازات الدفيئة الرئيسية التي تسبب في تغير المناخ هي بالأساس: ثاني أكسيد الكربون والميثان.

في نفس السياق يوضح التقرير الصادر سنة 2023 عن المنظمة العالمية للأرصاد الجوية أنه بين عامي 1990 و 2021، ارتفع تأثير الاحترار على مناخنا بسبب الغازات الدفيئة طويلة الأمد بنحو 50 %، مدفوعة بشكل أساسي بزيادة ثاني أكسيد الكربون. وبالنظر إلى المدى الطويل لدورة الكربون في الغلاف الجوي، فإن مستوى درجة الحرارة المرصود بالفعل سيستمر لعقود، حتى لو تم تخفيض الانبعاثات بسرعة إلى مستوى الصفر (شكل 8).

هناك ما يقرب من نصف كمية ثاني أكسيد الكربون المنبعث من الأنشطة البشرية اليوم موجود في الغلاف الجوي. أما النصف الآخر، فتمتصه المحيطات والنظم الإيكولوجية الأرضية، لكن قدرتها على العمل "كبالوعات" قد تصبح أقل فعالية في المستقبل.

شكل عدد 8: زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي بين 1990 2023 -



المصدر: GIEC، 2022

هذا التركيز المتزايد للغازات الدفيئة قد كانت له انعكاسات سلبية من حيث ارتفاع درجات الحرارة وتذبذب الأمطار. حسب آخر تقرير صادر سنة 2023 عن الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ ارتفعت درجات الحرارة بالفعل بمقدار 1.1 درجة مئوية فوق مستويات ما قبل الصناعة. كما تقدر النماذج المناخية زيادة متوسطة بمقدار 3 درجات مئوية في درجة حرارة السطح بحلول عام 2100. تعطي السيناريوهات الأكثر إثارة للقلق قيما أعلى تبلغ حوالي 5 درجات مئوية، أما النماذج المناخية المتفائلة فتشير إلى أرقام تبلغ حوالي 1.4 درجة مئوية.

1-3- ارتفاع منسوب البحر نتيجة لارتفاع درجات الحرارة

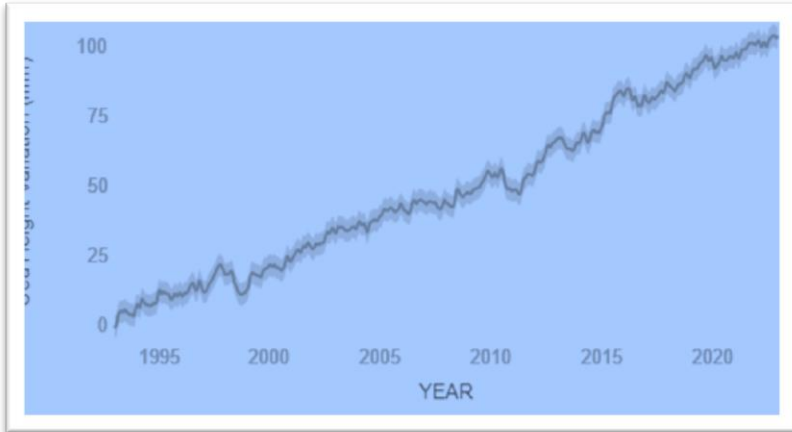
تُعتبر التغيرات المناخية التي يشهدها العالم في الوقت الراهن العامل الأساسي المؤثر في جميع المنظومات البيئية في مختلف النطاقات الجغرافية. ولعل ارتفاع درجات الحرارة وما ينجر عنه من تغيير جذري من حيث حجم الكتل الجليدية ومن حيث الخصائص الكيميائية والفيزيائية لمياه المسطحات المائية قد كان له كبير الأثر على تذبذب منسوب البحار في العالم.

في هذا السياق تشير كل التقارير والدراسات العلمية الصادرة عن مختلف الجهات والهيئات الدولية إلى ارتفاع حرارة المحيطات العالمية خلال القرن الماضي بشكل أسرع من أي وقت مضى خلال 11000 سنة الماضية

كما ارتفع المتوسط العالمي لمستوى سطح البحر منذ عام 1900 بشكل أسرع من أي وقت مضى خلال الثلاثة آلاف عام الأخيرة. في غضون ذلك، تؤكد النماذج الرقمية للمنظمة العالمية للأرصاد الجوية أنه حتى وإن اقتصر ارتفاع درجة الحرارة العالمية على 1.5 درجة مئوية فسيظل هناك ارتفاع كبير في منسوب البحر. أما إذا ارتفعت درجات الحرارة بمقدار درجتين، فسيتضاعف ارتفاع مستوى سطح البحر. حتى مع العمل الطموح لإبطاء انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، ستستمر مستويات سطح البحر في الارتفاع وتهدد الجزر والسواحل المنخفضة وسكان تلك المناطق في جميع أنحاء العالم.

هذا الاتجاه في ارتفاع منسوب البحر أكدته مختلف النماذج التي تقدر الزيادة بين 60 سم و130 سم بين عامي 2020 و2150 وفقاً لنتائج التقرير السادس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ المنشور في عام 2022 (شكل 9).

شكل عدد 9: ارتفاع منسوب البحر بين عامي 1993 -2022



المصدر: climate.nasa.gov , 2023

إن غمر السواحل هو النتيجة المباشرة لارتفاع منسوب البحر الذي يشهد اليوم نسقا سريعا يمكن أن يهدد المناطق الساحلية وخصوصا تلك المنخفضة التي هي دائما الأكثر عرضة وتأثرا بهذا الارتفاع وهي الأعلى من حيث كثافة السكان والأنشطة الاقتصادية. كما يمكن أن يصاحب هذا الغمر البحري انزلاق كامل المنظومة الساحلية إلى الجزء البري من الساحل مما قد يزيد في تدهور الأراضي الزراعية بفعل ارتفاع درجات تملح المياه والتربة.

ضمن هذه المتغيرات المناخية والبيئية وما يتبعها من ارتفاع في منسوب البحر تدرج دراسة تغير خط الساحل لمنطقة عسير. وبتدخلاته غير المدروسة والتي لا تأخذ بعين الاعتبار خصوصيات المنظومة البيئية لساحل عسير قد يزيد الإنسان في تفاقم تلك المخاطر.

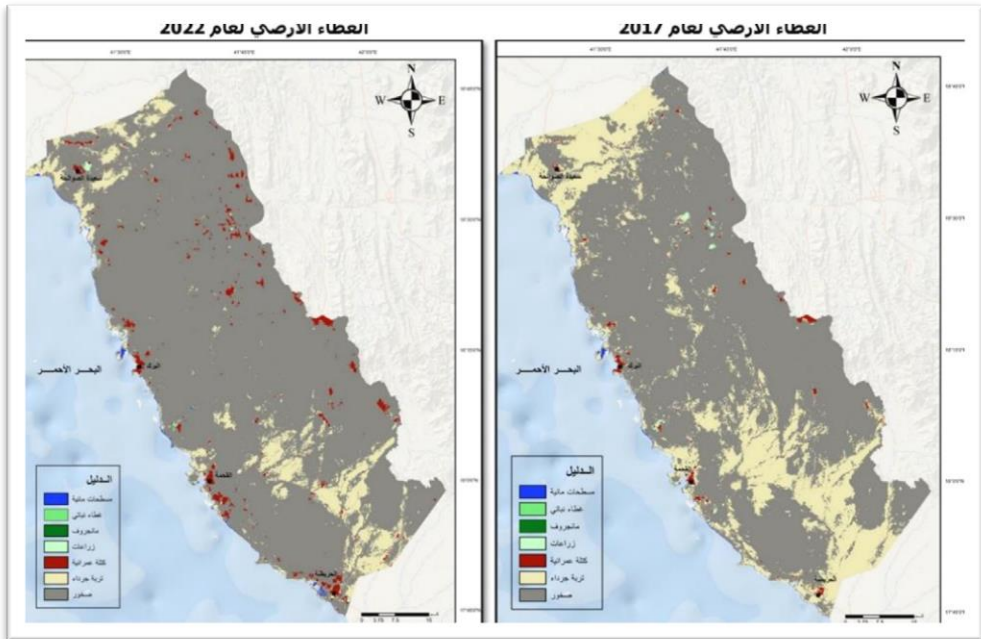
2- تحولات جذريّة في استخدامات الأرض لساحل منطقة عسير

تتميز مرتفعات الجنوب الغربي لشبه الجزيرة العربية عموما بقدم توطن الانسان فيها حيث عرفت هذه الربوع على مرّ الزمن عديد الحضارات البشرية. ولئن تنوعت أشكال التوطن في منطقة عسير إلا أن جلّها تميز بطابع جبلي زراعي بالأساس يعتمد على ما توفره مرتفعات السراة من ضروريات العيش طوال السنة. وقد تأقلمت تلك المجتمعات الزراعية القديمة مع مُعَوِّقات الانحدار لتحوّل السفوح الجبلية إلى مساحات منبسطة في شكل مدرجات زراعية كانت عنواننا لتوازن الأنظمة البيئية خلال تلك الفترات. في الأثناء لم يكن لساحل منطقة عسير نفس مؤشرات التوطن البشري مثل ما هو عليه السراة وقد يدل هذا على ضعف استقطاب المجال البحري مقارنة بالبيئات الجبلية. فعلى غرار جل سواحل البحر الأحمر لشبه الجزيرة العربية وإلى وقت ليس بالبعيد كانت المنطقة الساحلية بعسير غير جاذبة للتوطن البشري مقارنة بمرتفعات السراة الجبلي المحاذية والتي تُعدّ من ضمن أهم نطاقات التركيز البشري منذ فترات تاريخية قديمة.

غير أن التحولات الاقتصادية والاجتماعية التي تعرفها حاليا المملكة العربية السعودية عموما ومنطقة عسير خصوصا قد كان لها كبير الأثر على تغيير ذلك النمط التنموي من الأنشطة الفلاحية المعاشية إلى اقتصاد خدمي سياحي.

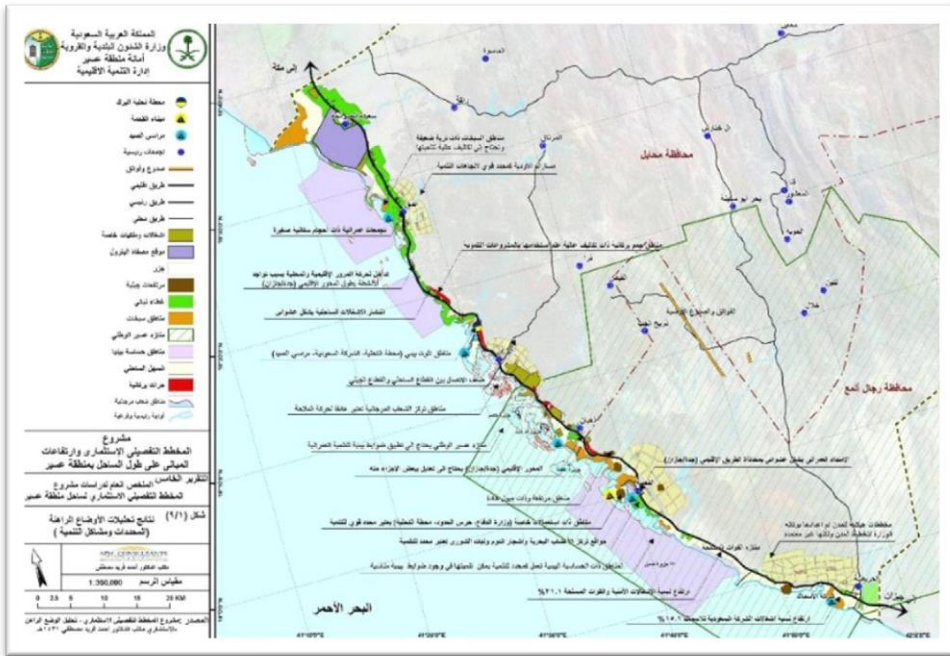
تبعا لتلك التحولات الاقتصادية والاجتماعية التي يعرفها اليوم ساحل منطقة عسير فقد ارتفعت مساحة الكتلة العمرانية بنسق سريع جدا حيث أصبحت تغطي اليوم (2023) 93 كم² بعد أن كانت في حدود 29 كم² سنة 2017 (شكل 10 و11).

شكل عدد 10: استخدام الأرض بين عامي 2017-2022



المصدر: الباحث باستخدام مرئيات ساتينال 2

شكل عدد 11: الأوضاع الراهنة بساحل منطقة عسير



المصدر: أمانة منطقة عسير

في هذا الإطار تعتمد رؤية المملكة العربية السعودية 2030 في خطوطها العريضة على تنمية المكان من خلال استغلال جميع المقومات سواء كانت طبيعية أو بشرية. وقد انبثقت عنها استراتيجية تطوير منطقة عسير وجعلت تنمية الواجهة الساحلية ضمن أولوياتها الاقتصادية من خلال تركيز جملة من المشاريع الاستراتيجية وجعل الواجهة البحرية لعسير نقطة جذب سياحية إقليمية ودولية. فاستراتيجية تطوير منطقة عسير ستساهم في جذب ما يزيد عن 9.3 مليون سائح إضافي بحلول عام 2030 (استراتيجية عسير 2022). وهذا قد يعني أن الشريط الساحلي سيعرف تحولات جوهرية في نمط استعمال الأرض خصوصا في الأوساط الحضرية. وتعتمد التنمية بمنطقة عسير على إقامة مشاريع سياحية ساحلية بالأساس. فمن خلال دراسة قامت بها الغرفة التجارية الصناعية بأبها سنة 2018 ممثلة في مركز

البحوث والمعلومات أوصت بالخريطة الاستثمارية لمنطقة عسير حتى عام 2030 والمتمثلة في:

- إقامة المنتجعات السياحية على الوجهة البحرية بساحل منطقة عسير.
- التوسع في إقامة الفنادق بمختلف الدرجات على الوجهة البحرية.
- إنشاء مدينة ألعاب مائية إنشاء متحف بحري .
- مشروع نادي الرماية على شواطئ الوجهة البحرية لتعليم وتدريب الشباب على الرماية.
- مشروع سوق اليخوت (يخت مول) على سواحل الوجهة البحرية.
- مشروع شاليهات سياحية على شاطئ الوجهة البحرية.
- مشروع رياضة سباق القوارب في شواطئ المنطقة الساحلية.
- مشروع الشركة السياحية لتنظيم الرحلات السياحية ونقل السياح إلى المواقع التاريخية .

- منتجعات للسياحة العلاجية الترفيهية.

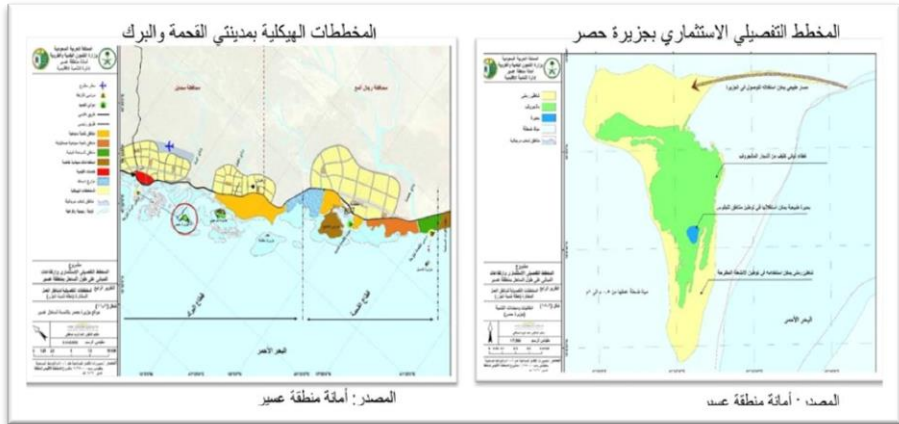
في هذا الصدد تمت تهيئة الواجهات البحرية للمدن الرئيسة الساحلية وهي مدن الحريضة والبرك والقحمة وسعيدة الصوالحة. ففي مدينة الحريضة تم إنشاء الواجهة البحرية على مساحة تقدر 2420 مليون و 400 م² ويمتد على طول 5.6 كم وعرض 400 مترا بتكلفة إجمالية بلغت 500 مليون ريال (إمارة منطقة عسير 2023). يُعدّ هذا المشروع من أكبر الواجهات البحرية ليس على مستوى المملكة فقط، بل على نطاق الشرق الأوسط ككل وهو يندرج ضمن توجه الدولة نحو جعل المنطقة قطبا سياحيا إقليميا.

في نفس السياق تمت كذلك تهيئة الواجهة البحرية لمدينة البرك وهي امتداد لعدد من المشروعات السياحية التطويرية الممتدة على ساحل البحر الأحمر في منطقة عسير. وقد أقيم المشروع على مساحة تقدر ب 35000 م² (شكل 12).

غير أن تلك المشاريع السياحية التي تم إنجازها أو التي هي في طور الإنجاز أو مخطط لها في المستقبل القريب قد تمثل تهديدا جديا للنظام البيئي لساحل عسير الذي يعتمد بشكل أساسي على غابات المانجروف لحفظ توازنه. فتلك الواجهات البحرية قد تم انشاؤها متاخمة للبحر الأحمر دون ترك مسافة لحرمة الشريط البحري والتي هي في الأساس مساحات كانت تكسوها غابات المانجروف.

هذا وقد شملت مشاريع التنمية كذلك جزر البحر الأحمر المطلة على ساحل عسير وهي منظومات بيئية شديدة الهشاشة. فجزيرة حصر على سبيل المثال وهي ذات نظام بيئي فريد بما تحتويه من شعاب مرجانية وغابات المانجروف وشواطئ رملية ومسطحات مائية تم ادراجها ضمن مخططات الاستثمار السياحي وهذا قد ينعكس سلبا على توازن منظومتها البيئية.

شكل عدد 12: المخططات الهيكلية بجزيرة حصر ومدينتي القحمة والبرك

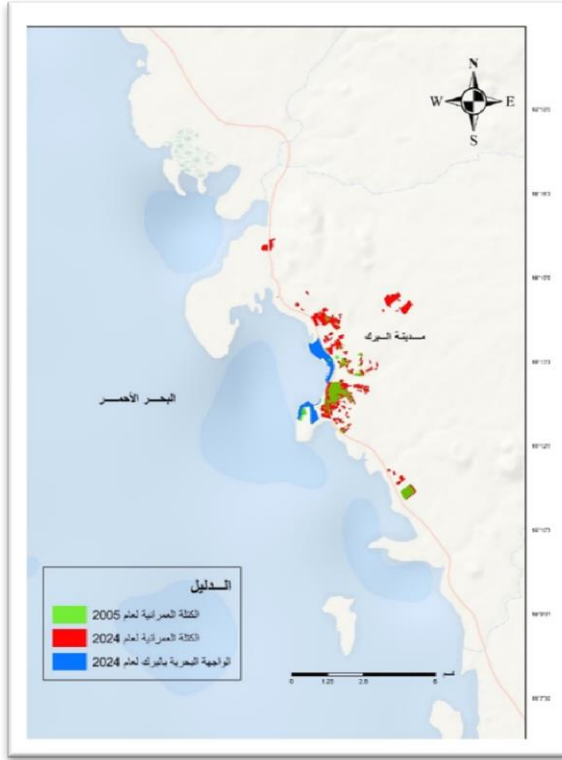


المصدر: أمانة منطقة عسير

وقد بدأت تتجسد على أرض الواقع في السنوات الأخيرة بعض من تلك المشاريع والمخطط التنموية على مدن ساحل عسير. فعلى سبيل الذكر شهدت مدينة البرك توسعا سريعا في كتلتها العمرانية بأربعة أضعاف في فترة لا تتجاوز 20 عاما،

حيث امتدت المساحات المبنية على 2.7 كم² عام 2024 بعد أن كانت في عام 2005 في حدود 0.73 كم² (شكل 13).

شكل عدد 13: توسع الكتلة العمرانية بمدينة البرك بين عامي 2005 و2024



المصدر: الباحث باستخدام مرئيات قوغل إرث برو، 2005 و2024

نتيجة لتلك الاستثمارات الضخمة بدأ ساحل منطقة عسير يشهد تغيرا واضحا في استخدامات الأرض من خلال الزحف العمراني السريع على حساب الأراضي الزراعية والغطاء النباتي الساحلي ممثلاً في غابات المانجروف وقد ينعكس هذا الامتداد العمراني سلبا على توازن النظام البيئي البحري في ظل ارتفاع مطرد لمنسوب البحر الأحمر.

III- النقاش والتائج

يمتد ساحل منطقة عسير على شريط بطول 125 كم منحسرا بين البحر الأحمر من الجانب الغربي ومرتفعات السراة من جهة الشرق. تنطلق من تلك الجبال شبكة كثيفة من المجاري المائية لتشق سهول تامة إلا أن جزءا منها يختفي قبل الوصول إلى البحر. كما تتميز هذه المنطقة بشحّ في الموارد المائية مع نظام مطري متذبذب بين الفصول والسنوات مما أثر على كثافة الغطاء النباتي الجبلي من حيث النوع والكثافة. غير أن غابات المانجروف تمثل الاستثناء باعتبار ارتفاع نسبة كثافتها وامتدادها الواسع على جلّ سواحل منطقة عسير.

وقد لعبت تلك الغابات دورا مهما ليس فقط في توازن النظم البيئية الساحلية وحماية الشواطئ من مخاطر التعرية، بل أيضا من حيث دورها الاقتصادي والاجتماعي للسكان المحليين في تلك الربوع. ولئن كانت جلّ أنشطة سكان تامة تعتمد، إلى وقت ليس بالبعيد، على ما يوفره البحر الأحمر وغابات المانجروف من موارد إلا أن هؤلاء قد حافظوا على توازن تلك النظم البيئية.

ومع ما تشهده اليوم جل سواحل منطقة عسير من بعث العديد من المشاريع التنموية ذات الطابع السياحي قد أدى إلى امتداد سريع في النسيج العمراني وفي تغيير جذري في استخدامات الأرض مما جعل المنظومة الساحلية تخضع لضغوط كبيرة.

1- تدهور غابات المانجروف

تشكل غابات المانجروف عموما نظاماً بيئياً خصوصياً يختلف جذريا عن بقية الأنظمة البيئية الغابية حيث تنمو في مناطق المياه الضحلة للمد والجزر في الأقاليم البيمدارية مما يعني أن المياه البحرية تغمرها بشكل يومي. تنتشر هذه الأشجار في مناطق ذات تربة قليلة التهوية في المياه بطيئة الحركة مما يسمح بتراكم الرواسب الدقيقة. هذه الرواسب يُعاد توزيعها بواسطة الأمواج والتيارات البحرية لتقوم بتغذية الشواطئ بالرمال ومختلف المكونات الأخرى الدقيقة وبالتالي تقوم غابات

المانجروف بدور بيئي جد مهم للغاية من حيث تثبيت الساحل وحمايته من عمليات التعرية البحرية. بالإضافة لفوائدها الاقتصادية والاجتماعية تلعب غابات المانجروف دورا أساسيا في تخزين الكربون لذلك قد يُساهم اتلافها في زيادة تركّز الانبعاثات الغازية في الغلاف الجوي وبالتالي في تفاقم ظاهرة الاحتباس الحراري.

تمتد غابات المانجروف في المملكة العربية السعودية على طول ساحل البحر الأحمر من جنوبه لشماله وبصفة أقل على سواحل بحر الخليج العربي حيث تشكل مجمل مساحتها في المملكة ما قدره 204 كم² (Ormond et al. 1988).

وتتكوّن أشجار المانجروف لساحل البحر الأحمر بالأساس من نوع الشورة *Avicennia marina* ، ما عدا جزيرة فرسان حيث توجد أشجار الجار أو القندل *Rhizophora mucronata* .

وتُعد غابات المانجروف حلقة رئيسية في المحافظة على التوازن البيئي المحلي للواجهة البحرية بمنطقة عسير، فهي خط الدفاع الأول في حماية الشريط الساحلي من عمليات التعرية البحرية من خلال تخفيض طاقة الأمواج والتيارات عند ارتطامها باليابسة.

صورة عدد 4 : شجرة المانجروف خط الدفاع الأول للشريط الساحلي



المصدر: الباحث بتاريخ 2024/2/8

إلا أن غابات المانجروف قد تقلصت مساحتها بشكل لافت للنظر وعرفت تدهوراً شاملاً في نظامها ذو التوازن الهش وسريع التأثير بالتغيرات المناخية والضغط البشري. في هذا الإطار قد يكون ارتفاع منسوب البحر الأحمر الناتج عن ازدياد في درجات الحرارة عاملاً مهماً يهدد توازن النظام البيئي لغابات المانجروف. كما أن هذه التغيرات المناخية قد كان لها تأثير على نظام الجريان السطحي وعلى كمية المياه وحجم الرواسب التي تصل البحر الأحمر وبالتالي قد ساهمت هي الأخرى في اختلال توازن المنظومة البيئية للمانجروف.

تعاني اليوم غابات المانجروف على ساحل عسير تدهوراً شاملاً من جراء الضغوط البشرية على مثل هكذا أنظمة بيئية شديدة الحساسية. فامتداد العمران على طول الشواطئ وما قد صاحبه من أنشطة صناعية وسياحية وتوسع للبنية التحتية وغيرها عادة ما كان على حساب غابات المانجروف التي تغطي جزءاً واسعاً من ساحل المنطقة. كما قد يكون للمشاريع السياحية المستقبلية الضخمة في إطار استراتيجية تطوير منطقة عسير نتائجاً سلبية على هذه الغابات وبالتالي على توازن الشريط الساحلي.

كما أن مد الطرقات على كامل الشريط الساحلي لمنطقة عسير كان له كبير الأثر على المنظومة البيئية لغابات المانجروف. فقد لعبت هذه الطرقات دور الحواجز الاصطناعية التي فصلت المانجروف عن بيئتها البحرية مما أدى لتدهور جزء كبير منها.

على صعيد آخر تجدر الإشارة إلى أن ارتفاع منسوب البحر الأحمر قد يدفع بغابة المانجروف إلى الزحف في اتجاه اليابسة. هذا التأقلم مع تذبذب مستوى البحر قد بدأ يخل في الوقت الراهن وقد يخفي تماماً في المستقبل القريب بوجود الكتل العمرانية التي تغطي أجزاء واسعة من ساحل عسير مما يعيق نمو أشجار المانجروف في اتجاه الداخل.

صورة عدد 5 : تدهور غابات المانجروف على ساحل مدينة البرك بفعل التوسع العمراني العشوائي



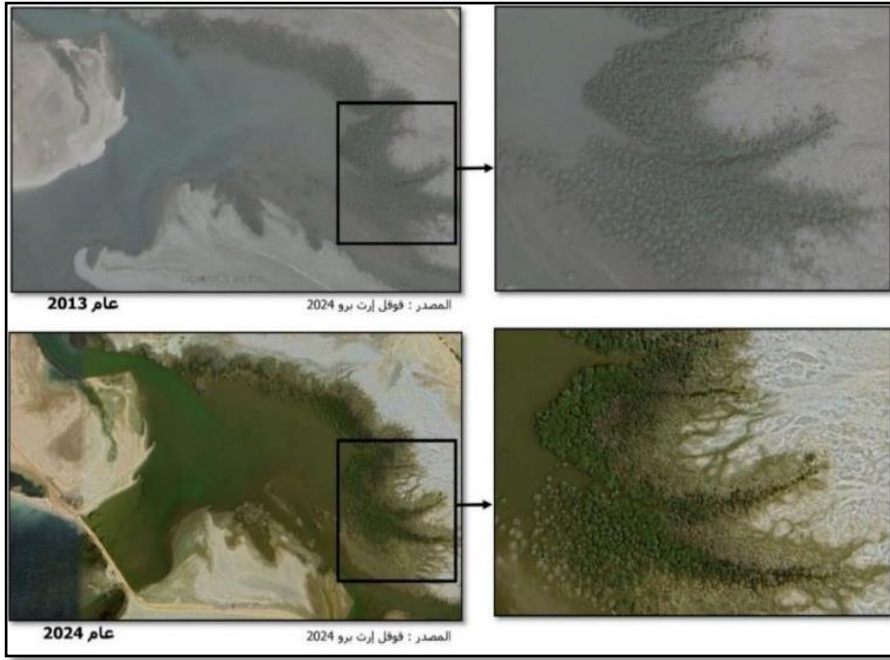
المصدر: الباحث بتاريخ 2024/2/8

صورة عدد 6 : تدهور غابات المانجروف على ساحل عمق بفعل مد الطرق



المصدر: الباحث بتاريخ 2024/2/8

صورة عدد 7 : تدهور النظام البيئي لغابات المانجروف على ساحل عمق بعد عزلها بالطرق



المصدر: الباحث بتاريخ 2024/2/8

في نفس الإطار تُعتبر العواصف الرملية والغبارية، التي ازدادت وتيرتها في الآونة الأخيرة (السريعي، 2020)، وما انجر عنها من تمدد للكثبان الرملية على ساحل المنطقة من الأسباب المهمة التي ألحقت بأشجار المانجروف اضرارا جسيمة.

صورة عدد 8: زحف الرمال على الشريط الساحلي وغطائه النباتي



المصدر: الباحث بتاريخ 2023/11/10

في هذا الصدد أكدت نتائج دراسة علمية قام بها مندورة وآخرون (1992) على جزر فرسان، غير البعيدة عن سواحل عسير، أنّ إنشاء ميناء فرسان البحري وما رافقه من مدّ للبنية التحتية، إضافة لعمليات قطع الأشجار قد أدى إلى تدهور مساحات كبيرة من غابات المانجروف بسبب التغير الجذري الذي لحق النظام البيئي لسواحل تلك الجزر.

وكإجراء عاجل للتخفيف من آثار مختلف هذه العوامل التي أدت إلى تدهور غابات المانجروف في عموم المملكة تستهدف وزارة البيئة والمياه والزراعة غراسة أكثر من

100 مليون شجرة مانجروف خلال الأعوام القليلة المقبلة (وزارة البيئة والمياه والزراعة، 2023).

وكإجراء عاجل للحد من آثار مختلف هذه العوامل التي أدت إلى تدهور غابات المانجروف في عموم المملكة تستهدف وزارة البيئة والمياه والزراعة غراسة أكثر من 100 مليون شجرة مانجروف خلال الأعوام القليلة المقبلة (وزارة البيئة والمياه والزراعة، 2023). في هذا الصدد أعلن المركز الوطني لتنمية الغطاء النباتي ومكافحة التصحر بالتعاون مع هيئة تطوير عسير اليوم، إطلاق حملة بعنوان "استعادة المانجروف" على سواحل منطقة عسير.

2- تقييم مخاطر الغمر والتعرية البحرية

تعدّ ظاهرة الغمر البحري وتغيّر خط الساحل وما قد ينجر عنها من تعرية من ضمن أبرز تجليات التغيرات المناخية وما رافقها من ارتفاع في درجات الحرارة. فالساحل هي بيئة ذات توازن هش باعتبار خضوعها لتأثيرات عوامل مختلفة بحرية وبرية.

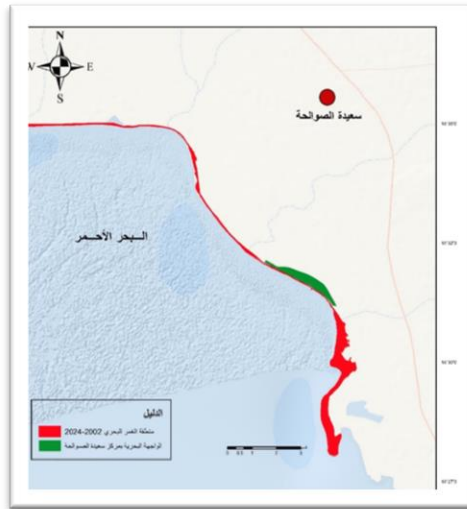
وقد بينت نتائج العديد من الدراسات العلمية أن المدن الساحلية هي التي ستكون مهددة أكثر من غيرها ليس فقط بالغمر البحري، بل بعدد المخاطر الأخرى لعل أبرزها الفيضانات التي سترتفع وتيرتها على السواحل مع نهاية هذا القرن. فإذا أخذنا بعين الاعتبار السيناريو المتوسط للانبعاثات الغازية (RCP8,5) فإن حوالي 68% من جملة الفيضانات في المدن الساحلية يكون سببها ارتفاع منسوب البحر بحلول عام 2100 (Kirezci وآخرون، 2020). فقد أصبح الإنسان اليوم وأكثر من أي وقت مضى من ضمن العوامل شديدة التأثير على تطور خط الساحل وعلى مختلف الأشكال الجيومورفولوجية.

فالامتداد العمراني على حساب الملك العمومي البحري واستخدام رمال الكثبان الشاطئية في أنشطة البناء وإنجاز السدود على مجاري الأودية التي تصب في البحار واجتثاث غابات المانجروف وغيرها من الأعمال تأتي كلها ضمن التدخلات البشرية

ذات التأثير السلبي على المنظومات البحرية والساحلية في منطقة عسير. كما يمكن أن يصاحب هذا الغمر البحري انزلاق كامل المنظومة الساحلية إلى الجزء البري من الساحل مما يزيد من مخاطر تدهور الأراضي الزراعية بفعل ارتفاع المائدة المائية وما قد ينجر عنه من زيادة في درجة تملح المياه والتربة.

في هذا الإطار بيّنت نتائج تحليل المراتب الفضائية وبالاتماد على نموذج الارتفاع الرقمي المعدل بأداة سناپ أن المناطق المنخفضة من ساحل منطقة عسير قد غمرتها مياه البحر خلال العقدين الأخيرين، ولكن بدرجات متفاوتة. فمن جراء ارتفاع منسوب البحر خسر الشاطئ الرملي لسعيدة الصوالحة، على سبيل المثال، مساحة تقدّر ب 2.6 كم² ما بين سنتي 2002 و2024، أي بمعدل 117000 م² من الأراضي الساحلية المغمورة سنوياً. وقد تزداد المساحات المغمورة في المستقبل القريب بسبب تواصل ارتفاع منسوب البحر من جهة وامتداد المناطق العمرانية المطلة مباشرة على البحر من جهة ثانية (شكل 14).

شكل عدد 14: الغمر البحري لشاطئ سعيدة الصوالحة بين عامي 2002 و2024



المصدر: الباحث باستخدام مرئيات قوغل ارث برو 2002 و2024

ومن أجل خلق مساحات شاطئية منبسطة تم ردم الواجهة البحرية لسعيدة الصوالحة مما أدى إلى اختلال للمنظومة البحرية وبالتالي زيادة في مخاطر التعرية البحرية. فقد تكون على طول الشاطئ الرملي جرف صغير وهو مؤثر لعمليات تعرية بحرية نشيطة قد تزداد حدها في المستقبل القريب بسبب فقدان الساحل للكتيب الرملي الذي يحمي الشاطئ من عمليات التعرية. هذا الكتيب أو ما يسمى بأعلى الشاطئ يمثل حجر الزاوية في توازن المنظومة الشاطئية باعتباره المخزن الرئيسي الذي يزود الشاطئ بالرمال الضرورية إبان العواصف. وفي غياب هذا الكتيب الرملي يتعرض الشاطئ إلى عمليات تعرية بحرية متواصلة.

صورة عدد 9: تهيئة غير مدروسة لشاطئ سعيدة الصوالحة بتحطيم الكتيب الرملي

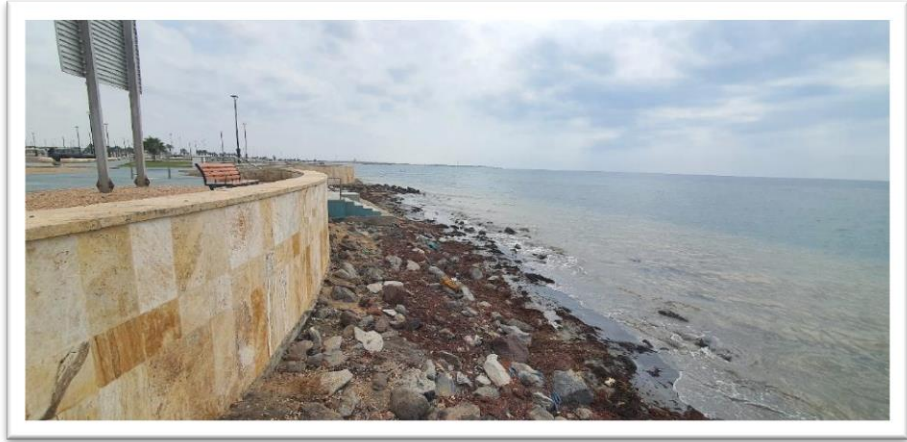


المصدر: الباحث بتاريخ 2024/2/8

وقد تراوح عرض الشريط الساحلي الذي غمرته مياه البحر في مركز سعيدة الصوالحة ما بين 15 مترا إلى 300 مترا. ويعود هذا الاختلاف إلى عوامل تتعلق أساسا بالخصائص الطبوغرافية للساحل.

كما تبرز مظاهر التعرية البحرية بوضوح في أماكن أخرى من ساحل عسير مثلما هو الشأن على شاطئ الحريضة الذي امتدت عليه مساحات شاسعة من المباني الخرسانية. وقد قُدِّرَ عرض الشريط الذي تعرض لمختلف عمليات التعرية البحرية بين عامي 2005 و2023 في بعض الأماكن بشاطئ الحريضة بأكثر من 12 مترا.

صورة عدد 10: شاطئ الحريضة تحول إلى كتلة من الخرسانة

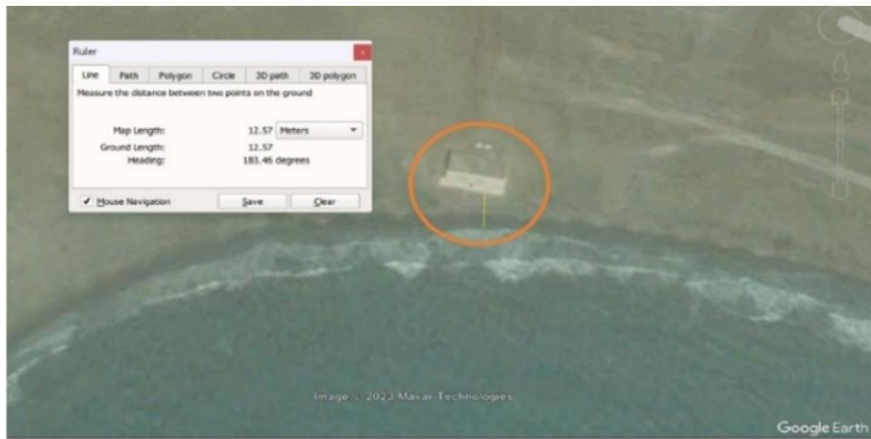


المصدر: الباحث بتاريخ 2024/2/8

عموما إذا أخذنا بعين الاعتبار هذا الارتفاع المطرد في منسوب البحر فإن التقديرات المتفائلة تشير إلى غمر ما يقارب من 48 كم² من مساحة ساحل منطقة عسير في حال زيادة في مستوى البحر بواحد متر فقط وهو ما ترجّحه جلّ النماذج الكمية مع نهاية هذا القرن. أما إذا ارتفع منسوب البحر بمترين فإن مساحة الأراضي الساحلية المغمورة ستتضاعف تقريبا لتصل لحدود 83 كم² (شكل 15 و16).

وهذا قد يعني خسارة المساحة المغمورة بمياه البحر ونضيف إليها تلك الأراضي التي قد تتحول إلى مستنقعات وسبخ ذات ملوحة عالية وغير صالحة للزراعة.

صورة عدد 11: مؤشرات تغير خط الساحل الشمالي بالحريضة



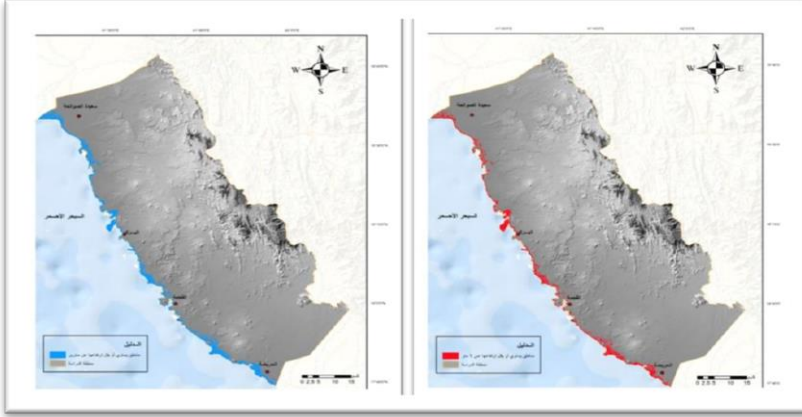
الوضعية عام 2005



الوضعية عام 2023

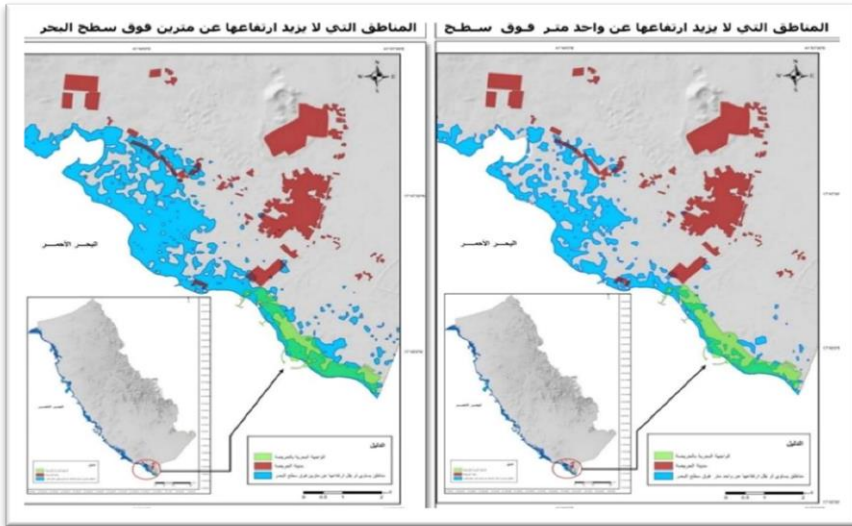
المصدر: الباحث باستخدام مرئيات قوغل ارث برو 2005 و 2023

شكل عدد 15: محاكاة الغمر البحري بارتفاع المنسوب بمتر واحد ومترين على ساحل منطقة عسير



المصدر: الباحث باستخدام نموذج الارتفاع الرقمي من مرئيات ساتينال 1 ومعالج بأداة السناپ

شكل عدد 16: محاكاة الغمر البحري للواجهة الساحلية لمدينة الخريضة



المصدر: الباحث باستخدام نموذج الارتفاع الرقمي من مرئيات ساتينال 1 ومعالج بأداة السناپ

هذا ونشير إلى أن الغمر البحري لتلك المساحات سيرافقه انزلاق كامل الشريط الساحلي بكل مكوناته البيئية نحو المناطق القارية الداخلية. هذا يعني زيادة في المخاطر الطبيعية التي تهدد المناطق المنخفضة من ساحل عسير بفعل ارتفاع المائدة المائية البحرية وهذا يعني زيادة في نسبة ملوحة التربة وتواتر ظاهرة الفيضانات. صورة عدد 12: ارتفاع مستوى المائدة المائية بسبب انزلاق الشريط الساحلي في منطقة عسير يؤدي إلى زيادة في مخاطر السيول وتدهور النظم البيئية



المصدر: الباحث بتاريخ 2024/2/8

وقد أدى هذا الغمر البحري المتواصل إلى تغير خط الساحل وتعرية الشواطئ التي هي في الأصل أماكن تترسب فيها المفتتات الصخرية. والتعرية البحرية تكون أشد وطأة إذا ارتطمت الأمواج مباشرة بالكتل الصلبة الخرسانية المبنية على طول خط الساحل مثلما هو الشأن على الواجهة البحرية للحريضة وسعيدة الصوالحة والبرك وغيرها من المواقع. فهذه البناءات المطلة مباشرة على البحر من شأنها أن تعيق التبادل الطبيعي للمفتتات الرملية بين مختلف العناصر المكونة للشاطئ الرملية وهي أعلى الشاطئ (الكثيب) والشاطئ وما قبل الشاطئ (المنطقة المغمورة دورياً بمياه المد والجزر).

كما قد تحدث عمليات النحت البحري أيضا إذا ما تم اجتثاث أشجار المانجروف الذي يمثل خط الدفاع الأول لحماية الشريط الساحلي من مخاطر التعرية والغمر البحري، وعديدة هي المواقع التي تعرضت لمثل هكذا عمليات على ساحل عسير. صورة عدد 13: مظاهر التعرية البحرية بسبب تدهور غابة المانجروف على ساحل القحمة



المصدر: الباحث بتاريخ 2024/2/8

ففي عديد الأماكن تحوّل الشريط الساحلي إلى كتلة متلاصقة من الخرسانة الإسمنتية تطل مباشرة على البحر دون الأخذ بعين الاعتبار خصوصيات المنظومة البحرية وتوازنها البيئية. فهذه التدخلات البشرية من شأنها أن تُخلّ بتوازن مكونات الساحل البيئية وتُسهم في تدهور الشواطئ وتعرضها أكثر من أي وقت مضى لمخاطر التعرية والغمر البحري.

صورة عدد 14: مظاهر تدهور المنظومة البحرية بساحل منطقة عسير



المصدر: الباحث بتاريخ 2024/2/8

غير أن ارتفاع منسوب البحر لا يعني بالضرورة حصول عمليات غمر الساحل، بل أحيانا قد تحدث في بعض البيئات الطبيعية المتوازنة عمليات ارساب للشواطئ كما هو الشأن في جزيرة كمبل البركانية التي تقع على بعد مسافة 3.5 كم قبالة الساحل الممتد بين مدينتي الحريضة والقحمة. فقد نشأ شاطئ رملي، بفعل امدادات السيول بالمفتتات، والذي ما فتئ يتوسّع ببطء عبر الزمن. فبالإضافة لتغير شكل الشاطئ كما تبينه مرئيات جوجل ارث بين عامي 2005 و2024 فقد اتسع الشاطئ الرملي ولو بشكل طفيف حيث ازدادت مساحته من 54232 م² عام 2005 إلى 54435 م² عام 2024.

صورة عدد 15: تغيير شكل الشاطئ الرملي بجزيرة كمبل بين عامي 2005 و2024



المصدر: الباحث باستخدام مرئيات قوغل ارث برو 2005 و2024

وهذا يقيم الدليل على أن الشواطئ هي في الأصل أماكن ساحلية إرسابية، حتى في ظل ارتفاع طفيف لمنسوب البحر، على شرط عدم الإخلال بنظامها البيئي شديد الحساسية تجاه التدخلات البشرية غير المدروسة.

3- النتائج والتوصيات

تبيننا من خلال نتائج هذا البحث أن جل السواحل المنخفضة لمنطقة عسير مهددة بالغمر البحري. كما أن منظومة غابات المانجروف هي الأخرى تحت تأثير تغير خط الساحل وهي أيضا تحت وطأة الامتداد العمراني الذي اكتسح جزءا كبيرا من سواحل المنطقة.

في هذا الإطار بيّنت نتائج الدراسة أن المناطق المنخفضة من ساحل منطقة عسير قد غمرتها مياه البحر خلال العقدین الأخيرين، ولكن بدرجات متفاوتة. ولعل الشاطئ الرملي لسعيدة الصوالة هو الأكثر تضررا من عمليات الغمر البحري حيث قدرت مساحة الأراضي المفقودة بحوالي 2.6 كم² ما بين سنتي 2002 و2024.

وقد تزداد المساحات المغمورة في المستقبل القريب بسبب تواصل ارتفاع منسوب البحر من جهة وامتداد المناطق العمرانية المطلة مباشرة على البحر من جهة ثانية. هذا وقد أظهرت نتائج محاكاة الغمر البحري اتجاهها تصاعديا نحو مزيد فقدان الأراضي الساحلية خصوصا منها المنخفضة.

لذلك نوصي بضرورة القيام بدراسات بيئية معمقة تأخذ بعين الاعتبار كل الجوانب المتعلقة بالتغيرات المناخية عموما وبتغير خط ساحل البحر الأحمر خصوصا ومدى تأثيرها على شواطئ المنطقة. في المقابل من الأهمية بمكان أن تأخذ المشاريع التنموية المستقبلية المزمع تنفيذها على ساحل منطقة عسير بعين الاعتبار كل هذه المعطيات البيئية المستجدة.

في هذا الإطار توصي الدراسة بضبط المساحة المخصصة للمجال العمومي البحري بكل دقة مع عدم استخدام رمال الشواطئ أو تحريكها بالإضافة لسن قوانين تمنع البناءات الخرسانية على طول هذا الشريط.

كما نرى من الضرورة بمكان إعادة تغذية الشواطئ التي تم تغيير شكلها بالرمال مثل شاطئ سعيدة الصوالة الذي شهد تغييرا جذريا في مكوناته.

علاوة على ذلك نقترح وضع خطة متكاملة لحماية الأماكن المنخفضة من الشريط الساحلي التي تشكو من مظاهر الغمر والتعرية البحرية من خلال تركيز كاسرات أمواج ومنشآت حجرية وخشبية مع تثبيت الكثبان الرملية بحلول إيكولوجية بواسطة بقايا جريد النخيل التي تتأقلم مع المحيط البحري وغيرها من الوسائل والتقنيات الحديثة.

توصي الدراسة أيضا بعدم مد الطرق والممرات في مناطق السبخ والمستنقعات المنخفضة المتاخمة للواجهة البحرية كي لا يتم عزل غابات المانجروف عن بيئتها البحرية.

هذا وتبقى إعادة غراسه أشجار المانجروف في المناطق التي اجتثت منها من أنجع الوسائل وأقلها تكلفة لحماية الشريط الساحلي لمنطقة عسير.

هذا ونقترح أحداث هيكل مؤسسي يهتم بحماية الشريط الساحلي من حيث سن القوانين وتحديد التدابير والوسائل التقنية لمعالجة مظاهر تدهور الشواطئ.

الخاتمة

تنوّع البيئات الجغرافية في منطقة عسير، من صحاري وجبال وأودية وسواحل، جعل المنطقة تحظى بمشاريع تنموية ضخمة لعل أبرزها مشروع "استراتيجية عسير" الذي يهدف إلى جعل المنطقة وجهة سياحية عالمية على طول العام تستقطب 10 مليون سائح بحلول 2030.

هذا ويُعدّ ساحل عسير، الذي يمتد على أكثر من 125 كم من الحريضة جنوبا إلى سعيدة الصوالحة شمالا، من ضمن المناطق الجاذبة نظرا لتنوع منظوماته البيئية التي تجمع بين الجزر المرجانية وغابات المانجروف إضافة إلى تلك التشكيلات المتنوعة من الشواطئ الرملية والصخرية الممتدة والتي جعلت المكان يحظى بأهمية كبيرة من حيث قدرته على استقطاب المشاريع السياحية.

غير أن التغيرات المناخية التي يشهدها العالم اليوم الناتجة عن الاحتباس الحراري وما ينجم عنها من آثار من حيث ارتفاع درجات الحرارة قد أُلقت بانعكاساتها على

منسوب البحر الذي يعرف اليوم ارتفاعا مطّردا قد يهدّد عديد السواحل في مختلف أرجاء العالم خصوصا تلك المنخفضة.

وباعتبارها ظاهرة شمولية فإن البحر الأحمر ليس بمنأى عن تلك التغيرات التي تعرفها كل المسطحات المائية في العالم دون استثناء. فسواحل عسير المطلّة مباشرة على البحر الأحمر قد تأثرت جزئيا بارتفاع منسوب البحر الذي غمر مساحات مهمة خصوصا تلك الممتدة على المنخفضات الشاطئية. كما أن تغير خط الساحل قد ساهم في تدهور تشكيلات المانجروف التي تعتبر خط الدفاع الأول الذي يحمي الشواطئ من عمليات التعرية البحرية الناتجة عن مفعول الأمواج والتيارات البحرية. وبسبب الاستثمارات الضخمة بدأ ساحل منطقة عسير يشهد تغيرا واضحا في استعمالات الأرض من خلال الزحف العمراني السريع على حساب الأراضي الزراعية والغطاء النباتي الساحلي ممثلاً في غابات المانجروف وقد ينعكس هذا الامتداد العمراني سلبا على توازن النظام البيئي البحري في ظل ارتفاع مطّرد لمنسوب البحر الأحمر.

المراجع باللغة العربية

- البارودي محمد (1990). جيومورفولوجية الشrooms على الساحل الشرقي للبحر الأحمر في المملكة العربية السعودية، رسائل جغرافية عدد 133، 79 ص.
- الجراح نبراس بنت محمد وداودي محمد بن العباس (2021). كشف التغيرات الجيومورفولوجية في الساحل الغربي للمملكة العربية السعودية بين ميناء جدة الإسلامي ورأس الجرحوب، المجلة المصرية للتغير البيئي، المجلد 13، 145-164.
- الحافظي إيمان عواد مرزوق (2017). الأخطار المرتبطة بتغيير خط الساحل في منطقة جدة، حولية كلية الآداب، جامعة بني سويف، المجلد 6، 489-526.
- الصباحي صلاح (2018). تغيرات خط ساحل البحر الأحمر الشرقي ما بين القنفذة - الليث باستخدام المرنّيات الفضائي، الملتقى لطالب وطالبات جامعة الملك عبد العزيز، 7 ص.

- الغرفة التجارية الصناعية بأبها (2022). دراسة الخريطة الاستثمارية لمنطقة عسير حتى 2030، 163 ص.
- الغرفة التجارية الصناعية بأبها (2022). دراسة واقع القطاع السياحي في منطقة عسير، 44 ص.
- الفريدان محمد بن عبد الوهاب (2006). دراسة مجتمعات المانجروف بالساحل الشرقي للمملكة العربية السعودية، مجلة جامعة أسبوط للبحوث البيئية، المجلد 9، عدد 1، 1-13.
- القحطاني جواهر مفرح مرعي (2020). العواصف الرملية والغبارية في جنوب غربي المملكة العربية السعودية، رسالة ماجستير، جامعة الملك خالد، المملكة العربية السعودية، 150 ص.
- الوليعي عبد الله ناصر (2009). جيولوجية و جيومورفولوجية المملكة العربية السعودية، مكتبة العبيكان، الطبعة الثانية، الرياض، 526 ص.
- بالطيور محمد خالد عبد الرحمن، توفيق راضي طلعت والسباعي ممتاز ناجي محمد (2023). تقييم بيئة المانجروف في السعودية، المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل، المجلد 24، العدد 1، 7 ص. <https://doi.org/10.37575/b/agr/220054>
- عبد الهادي، ناصر (2008). الأخطار الجيومورفولوجية في نطاق الجانب الشرقي لوادي النيل، مجلة كلية الآداب، جامعة الفيوم، العدد 18، المجلد 10، 124-167.
- عسيري فايز بن محمد آل سليمان (2016). نحو تنمية سياحية مستدامة بساحل منطقة عسير باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، مجلة جامعة الملك خالد للعلوم الإنسانية، المجلد 3، العدد 1، 97-142.
- مندورة عبد الله وخفاجي عبد الكريم محمد (1992). أثر النشاطات البشرية على المانجروف في خور جزيرة فرسان على ساحل البحر الأحمر الجنوبي بالمملكة العربية السعودية، أكاديمية كلاور، مملكة هولندا.
- هيئة المساحة الجيولوجية السعودية (2020). التقرير السنوي، 127 ص. <http://dx.doi.org/10.13140/R.G.2.2.27691.57126>

- Centre français de recherche de la péninsule Arabique (2009). Histoire et société de la péninsule Arabique, 298 p.
- Devillers B., Pau P.O. and Castanyer P. (2021). Les paysages littoraux : évolution et risque d'érosion du patrimoine. *Méditerranée*, 133, 2021, 5-8. <https://doi.org/10.4000/mediterranee.12847>
- Oueslati A.- 2021- Sur l'érosion marine des vestiges archéologiques antiques du littoral tunisien et les risques d'une accélération de leur dégradation", *Méditerranée*, 133 , 97-106. <https://doi.org/10.4000/mediterranee.13399>
- Paskoff R. (2010). Les littoraux. Impact des aménagements sur leur évolution. *Armand Colin*, « Collection U » 264 p.
- Paskoff R. et Clus-Auby C .(2007). L'érosion des plages, les causes, les remèdes. Monaco, éd. Institut océanographique, coll. Propos, 184 p.
- Paskoff R. et Sanlaville P. (1983). Les côtes de Tunisie. éd. *Maison de l'Orient*, Université de Lyon II, 192 p.
- Paskoff R., (2005). Les plages vont-elles disparaître ? éd. *Le Pommier*, Paris, 2005, coll. « Les Petites pommes du savoir », 64 p.
- Paskoff R., (2006). Le patrimoine foncier du Conservatoire du littoral et le changement climatique : scénarios d'évolution par érosion et submersion. *Ann. Géo.*, no 648, 115-132, Armand Colin. <https://www.cairn.info/revue-annales-de-geographie-2006-2-page-115.htm>
- Paskoff R., SLIM H. Troussat P. et Oueslati A. (2004). Le littoral de la Tunisie, étude géoarchéologique et historique. éd. *CNRS*, Paris, 312 p.
- Pirazzoli P. A. (1996). Sea Level Changes: the Last 20,000 Years, John Wiley & Sons.
- Saffache P. et Pelis Y. (2023). « L'élévation du niveau de la mer menacerait-elle le littoral de la Martinique ? L'exemple de la commune du Prêcheur », *Études caribéennes*. [En ligne]; <https://doi.org/10.4000/etudescaribeennes.27346> <https://www.cairn.info/les-littoraux--9782200249267.htm>
- Kirezci, E., Young, I.R., Ranasinghe, R. et al. (2020). Projections of global-scale extreme sea levels and resulting episodic coastal flooding over the 21st Century. *Sci Rep* 10, 11629 <https://doi.org/10.1038/s41598-020-67736-6>

- Ormond, R. F. G., Price, A. R. G. and Dawson-shepherd, A. R. (1988). The distribution and character of mangrove in the Red Sea, Arabian Gulf and Southern Arabia. *Proceedings of the UNDP/UNESCO Regional Mangrove Project, Colombo*, 11-14 Nov. 986, 125-130.
- Sy, H. M., Luu, C., Bui, Q. D., Ha, H., & Nguyen, D. Q (2023). Urban flood risk assessment using Sentinel-1 on the google earth engine: A case study in Thai Nguyen city, Vietnam. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 31, 100987.