Climate Change in Egypt: Challenges and Response Pathways (Mitigation and Adaptation)

التغيرات المناخية في مصر: التحديات وسُبل المواجهة (التخفيف والتكيف)

م. د. فاطمة حسن جاسم
جامعة النهرين / كلية العلوم السياسية
Al-Nahrain University / College of Political Science
Fatima.hassan@nahrainuniv.edu.iq
009647753507297

المستخلص

تستعرض الدراسة الحالية تعاظم مخاطر تغيّر المناخ على مصر بوصفها "نقطة سخونة" إقليميّة تعتمد مائيًا على نهرٍ واحد وتتركّز أنشطتها في دلتا منخفضة، وتربط بين اتجاهات الاحترار وتسارع الظواهر المتطرّفة وارتفاع مستوى البحر وبين تهديداتٍ مباشرة للتنمية المستدامة. كما تهدف الدراسة إلى تقييمٍ متكامل لحجم المشكلة وتأثيراتها القطاعيّة، ولخارطة السياسات الوطنيّة في التخفيف والتكيّف والحَوْكمة والتمويل، بما يدعم قراراتٍ مبنيّة على الأدلة ويعزّز قدرة الدولة والمجتمع على الصمود. وتعتمد المنهجيّة على مراجعةٍ مكتبيّة منهجيّة حتى عام ٢٠٢٥ تجمع التحليل الوصفي والنقدي لمخرجات التقارير الوطنيّة والدوليّة (البنك الدولي ووكالات الأمم المتحدة) والدراسات الأكاديميّة المحكّمة، وتُصنّف الأدلة وفق إطار القابليّة للتأثّر (التعرّض/الحساسيّة/قدرة التكيّف) عبر القطاعات. وتكشف النتائج عن مسار احترارٍ متزايد وتذبذبٍ هيدرولوجي يفاقم عجز المياه ونزعات تملّحٍ في شمال الدلتا، وعن قابليةٍ مرتفعة لتراجع غلال القمح والذرة تحت الإجهاد الحراري ونقص مياه الري، وعن مخاطرٍ على البنية التحتيّة والصحّة وجودة الهواء، فضلًا عن خسائرٍ ساحليّة محتملة مع ارتفاع البحر. وفي السياق ذاته، تبرز تقدّمًا ملحوظًا في سياسات التخفيف (توسّع المتجدّدة، رفع الكفاءة، تحفيز النقل النظيف، ومشروعات الهيدروجين الأخضر) وفي سياسات التكيّف (ترشيد وإعادة استخدام المياه، تحلية، حماية سواحل، زراعة ذكيّة مناخيًا، وإنذار مبكر)، مع بقاء فجواتٍ في التنسيق المؤسّسي والتمويل والبيانات المحليّة. وتوصي الدراسة بتعزيز تكامل السياسات عبر تمكين المجلس الوطني وتعميم فحص الأثر المناخي للسياسات، وبحشد التمويل عبر أدواتٍ مبتكَرة (سندات خضراء/مبادلة ديون) وتوسيع شراكات "نُوقِّي"، وبالاستثمار في نمذجة المناخ عالية الدقّة وبناء القدرات، وبنهج تكيّفٍ مجتمعي موجّه للفئات الأشد هشاشة،

وبإنشاء منظومة متابعة وتقييم بمؤشراتٍ قابلة للقياس، وبإعطاء أولوية لحلول "المكاسب المشتركة" التي تدمج خفض الانبعاثات مع تعزيز الصمود.

الكلمات المفتاحية: التغير المناخي؛ مصر؛ التخفيف من الانبعاثات؛ التكيّف المناخي؛ الموارد المائية؛ دلتا النيل؛ الطاقة المتجددة؛ النقل المستدام؛ الزراعة الذكية مناخيًا؛ ارتفاع مستوى سطح البحر؛ الإنذار المبكر؛ الحوكمة والتمويل المناخي.

Abstract

the present study examines the intensifying risks of climate change in Egypt, a regional “hotspot” characterized by its dependence on a single river and the concentration of economic activities in a low-lying delta. It links warming trends, accelerating extreme events, and sea-level rise to direct threats against sustainable development. The study seeks to provide an integrated assessment of the scale of the problem, its sectoral impacts, and the national policy landscape for mitigation, adaptation, governance, and financing—thereby supporting evidence-based decision-making and enhancing the resilience of state and society. The methodology is based on a systematic desk review up to 2025, combining descriptive and critical analysis of outputs from national and international reports (World Bank, United Nations agencies) and peer-reviewed academic studies. Evidence is classified within a vulnerability framework (exposure/sensitivity/adaptive capacity) across sectors. Findings reveal a trajectory of intensifying warming and hydrological variability exacerbating water deficits and salinization in the northern Delta. Results also highlight high vulnerability of wheat and maize yields under heat stress and irrigation shortages, as well as risks to infrastructure, health, and air quality, alongside potential coastal losses due to sea-level rise. At the same time, notable progress is observed in mitigation policies (expansion of renewables, efficiency improvements, promotion of clean transport, and green hydrogen projects) and in adaptation measures (water conservation and reuse, desalination, coastal protection, climate-smart agriculture, and early warning systems). However, gaps remain in institutional coordination, financing, and availability of localized data. The study recommends strengthening policy integration by empowering the National Council and mainstreaming

climate-impact assessments in policymaking; mobilizing finance through innovative tools (green bonds/debt swaps) and scaling "NWFE" partnerships; investing in high-resolution climate modeling and capacity-building; adopting community-based adaptation approaches targeting vulnerable groups; and establishing a monitoring and evaluation system with measurable indicators. Priority should be given to "co-benefit solutions" that simultaneously reduce emissions and enhance resilience.

Keywords: Climate change; Egypt; emissions mitigation; climate adaptation; water resources; Nile Delta; renewable energy; sustainable transport; climate-smart agriculture; sea-level rise; early warning; climate governance and finance.

المقدمة

تواجه مصر تحديًا متزايدًا جرّاء التغيرات المناخية التي باتت تشكل تهديدًا للتنمية المستدامة واستقرار القطاعات الحيوية. فقد ارتفعت درجات الحرارة العالمية بوتيرة غير مسبوقة في القرنين الماضيين، مما أدى إلى اختلالات مناخية تشمل موجات حرّ أكثر شدة، وتغير في أنماط هطول الأمطار، وارتفاع مستوى سطح البحر. إقليمياً، تعتبر منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا من "النقاط الساخنة" لتغير المناخ حيث تشير نماذج المناخ إلى أن الإقليم سيشهد احترارًا أسرع بحوالي ٢٠% من المتوسط العالمي مع تناقص في معدلات الأمطار بنحو ١٢% عند ارتفاع حراري عالمي مقداره ٣°م[١]. في هذا السياق، تبرز مصر كإحدى الدول العربية والأفريقية الأكثر عرضة لتبعات تغير المناخ نظرًا لظروفها الجغرافية والسكانية؛ فهي تعتمد بشكل شبه كلي على نهر النيل لتأمين مياهها العذبة ويتركز معظم سكانها وأنشطتها الاقتصادية في دلتا النيل والساحل الشمالي المنخفض عن مستوى البحر[٢].

---

[١] Ali, E., Cramer, W., Carnicer, J., Georgopoulou, E., Hilmi, N., Le Cozannet, G., Lionello, P., Pörtner, H.-O., Roberts, D., Tignor, M., Poloczanska, E., Mintenbeck, K., Alegría, A., Craig, M., Langsdorf, S., Löschke, S., Möller, V., Okem, A., Rama, B., & Germany, R. (2022). *SPM 2233 CCP4 Mediterranean Region Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Chang.* 2233–2272. https://doi.org/10.1017/9781009325844.021

[٢] Atlantic Council. (2025). *Climate profile: Egypt.* Atlantic Council. https://www.atlanticcouncil.org/programs/middle-east-programs/rafik-hariri-center-for-the-middle-east/empowerme/macromena/climate-profile-egypt/

على ضوء هذه التحديات، تهدف هذه الدراسة إلى مراجعة أدبية منهجية لأحدث المعلومات والأبحاث (حتى عام ٢٠٢٥) حول تغير المناخ في مصر، بما في ذلك الاتجاهات المناخية الراهنة والمتوقعة، وتأثيراتها القطاعية، والاستجابات الوطنية في مجالي التخفيف والتكيف، فضلاً عن الجوانب المتعلقة بالحوكمة والتمويل. تهدف الدراسة إلى توضيح حجم المشكلة المناخية في مصر وأهم التحديات التي تفرضها على القطاعات المختلفة، وكذلك الجهود والسياسات الحالية والمقترحة لمواجهة تلك التحديات. وتكمن أهمية هذه الدراسة في توفير نظرة شاملة ومحدثة لصانعي القرار والباحثين حول الوضع المناخي في مصر، مما يساعد في رسم سياسات مستنيرة وتعزيز قدرة البلاد على الصمود أمام المخاطر المناخية المتزايدة. وفيما يلي توصيف مفصل لمشكلة وأهداف وفرضية الدراسة وكذلك المنهجية والهيكلية:

أولاً: مشكلة الدراسة

تتمحور الإشكالية حول السؤال المركزي: إلى أي مدى تُعدّ الاستجابات والسياسات الوطنية الراهنة كافيةً لخفض قابلية تأثّر مصر لآثار تغيّر المناخ—وخاصة شحّ المياه وتذبذب إيراد النيل، وتراجع الإنتاجية الزراعية، ومخاطر السواحل والدلتا، وتزايد الطلب والكُلف في قطاع الطاقة، وتداعيات الصحة والحواضر—في ظل فجوات التنسيق المؤسسي والتمويل والبيانات وارتفاع عدم اليقين المناخي؟ وتنبثق عن ذلك أسئلة فرعية تتصل بكفاءة أدوات التنفيذ، وإمكانية تعميم التكيّف المجتمعي، وقابلية القياس عبر مؤشرات أداء وطنية.

ثانياً: أهداف الدراسة

تهدف الدراسة الحالية إلى:

(١) توصيف الاتجاهات المناخية الراهنة والمتوقعة في مصر، بما في ذلك الظواهر المتطرفة وارتفاع البحر.

(٢) تحليل قابلية التأثّر عبر القطاعات الحيوية باستخدام إطار التعرّض/الحساسية/قدرة التكيّف.

(٣) تقييم استجابات التخفيف (تحوّل الطاقة، النقل النظيف، إدارة المخلفات) واستجابات التكيّف (المياه، الزراعة الذكية مناخيًا، حماية السواحل، الإنذار المبكر).

(٤) تفكيك منظومة الحَوْكمة والتمويل (المجلس الوطني للمناخ، آليات MRV، منصة "نُوَفّي") لرصد فجوات التنسيق والموارد.

(٥) صياغة مصفوفة سياسات متكاملة ترتّب الأولويات وتحدّد مؤشرات متابعة وتقييم قابلة للقياس.

(٦) تقديم توصيات عملية تركّز على حلول "المكاسب المشتركة" التي تجمع بين خفض الانبعاثات وتعزيز الصمود.

ثالثاً: فرضية الدراسة

تنطلق الدراسة من الفرضية التالية: "كلّما ازداد تكامل السياسات عبر محور الماء–الغذاء–الطاقة، وتدعّم التنسيق المؤسسي (تمكين المجلس الوطني وتفعيل MRV)، وحُشِدت أدوات تمويل مبتكرة (سندات خضراء،

مبادلة ديون، شراكات "نُوَفّي")، وتمّ تفضيل حلول المكاسب المشتركة؛ تراجعت قابلية التأثّر القطاعية وارتفع مستوى المرونة الوطنية بما يفوق ما تحقّقه التدخلات القطاعية المجزأة". وتفترض الفرضية إمكان رصد هذا الأثر عبر مؤشرات كمية للوفورات المائية، وخفض الانبعاثات، وتقليل الخسائر الساحلية والصحية، وتحسين جاهزية البنية التحتية.

رابعاً: أهمية البحث

تكمن أهمية هذا البحث في عدة جوانب علمية وتطبيقية. من الناحية العلمية، يقدم البحث مراجعة شاملة ومحدثة للمعرفة المتاحة حول التغيرات المناخية في مصر حتى عام ٢٠٢٥، مما يساهم في سد الفجوة المعرفية في الأدبيات العربية حول هذا الموضوع الحيوي. ومن الناحية التطبيقية، يوفر البحث إطاراً تحليلياً متكاملاً لصانعي القرار والمخططين لفهم التحديات المناخية الراهنة والمستقبلية، وتقييم فعالية السياسات الحالية، وتحديد الأولويات للعمل المناخي. كما يساهم البحث في دعم جهود مصر في تنفيذ التزاماتها الدولية في إطار اتفاقية باريس للمناخ، ويقدم توصيات عملية لتعزيز القدرة على الصمود المناخي والتحول نحو التنمية منخفضة الكربون.

خامساً: المنهجية

اعتمدت هذه الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي من خلال مراجعة وتحليل المصادر ذات الصلة بموضوع التغير المناخي في مصر. تم جمع البيانات من مصادر متنوعة تشمل: التقارير الوطنية الرسمية المقدمة لاتفاقية الأمم المتحدة الإطارية لتغير المناخ (مثل المساهمات المحددة وطنياً NDC وتقارير الشفافية)، والتقارير الدولية من مؤسسات معتمدة (البنك الدولي، وكالة الطاقة الدولية، برنامج الأمم المتحدة الإنمائي)، والدراسات الأكاديمية المحكمة المنشورة في قواعد البيانات العلمية.

تم تصنيف وتحليل المعلومات وفق محاور رئيسة تشمل: البيانات المناخية (التغيرات في الحرارة والأمطار ومستوى البحر والظواهر المتطرفة)، والآثار القطاعية (المياه والزراعة والطاقة والصحة والسواحل والبنية التحتية)، واستجابات التخفيف والتكيف، والأبعاد المؤسسية والتمويلية. تم اعتماد إطار تقييم قابلية التأثر المعتمد دولياً والذي يشمل ثلاثة عناصر: التعرض (Exposure) والحساسية (Sensitivity) والقدرة على التكيف (Adaptive Capacity) عبر القطاعات المختلفة.

سادساً: هيكلية الدراسة

جاءت هيكلية الدراسة على النحو الآتي: فصل تمهيدي يقدّم الخلفية والمبررات وسياق "النقطة الساخنة" الإقليمية لمصر؛ يليه فصل المنهجية يشرح مقاربة المراجعة المكتبية المنهجية حتى ٢٠٢٥ ومصادر الأدلة وإطار تقييم القابلية للتأثّر؛ ثم فصل "الحالة المناخية" الذي يعرض الاتجاهات والظواهر المتطرفة وارتفاع مستوى

البحر؛ يعقبه فصل "الآثار القطاعية" للمياه والزراعة والطاقة والصحة والسواحل والحضر؛ ثم فصل "سياسات التخفيف" (تحوّل الطاقة، النقل النظيف، إدارة الميثان والمخلفات)؛ وفصل "التكيّف والحماية" (المياه، الزراعة الذكية، حماية السواحل، الإنذار المبكر) المتداخل مع فصل "الحوكمة والتمويل والتنسيق المؤسسي"؛ وتختتم الدراسة بـ"مصفوفة السياسات والتوصيات" التي ترتّب الأولويات وتقترح مؤشرات متابعة وتقييم، تليها الخاتمة.

المبحث الأول: الحالة المناخية في مصر – الاتجاهات المناخية والظواهر المتطرفة

المطلب الأول: الاتجاهات التاريخية للمناخ في مصر

شهد مناخ مصر خلال العقود الماضية تغيرات ملموسة تتوافق مع الاتجاه العالمي للاحترار. أظهرت السجلات المناخية ارتفاعًا تدريجيًا في متوسط درجات الحرارة على مدى النصف القرن الماضي. ووفقًا لتحليلات البنك الدولي (٢٠٢٢)، ارتفع متوسط درجة الحرارة في مصر بنحو ٠,٥٣ درجة مئوية لكل عقد خلال الثلاثين عامًا الماضية[1]، مما يعني زيادة إجمالية تقارب ١,٦ درجة مئوية خلال تلك الفترة. هذا المعدل يفوق المتوسط العالمي للارتفاع الحراري ويعكس حساسية المنطقة للتغيرات المناخية. كذلك ازدادت بشكل ملحوظ وتيرة موجات الحرّ وأيام الحر الشديد. وتشير السيناريوهات المناخية إلى أنه بحلول منتصف القرن الحالي (حوالي عام ٢٠٥٠)، سترتفع درجات الحرارة المتوسطة في مصر بما يتراوح بين ١,٥ إلى ٣ درجات مئوية إضافية مقارنة بمعدلات الفترة المرجعية أواخر القرن العشرين، مع احتمال أن تكون الزيادات الأكبر في المناطق الداخلية والصحراوية[2]. بالتوازي، يُتوقع ازدياد عدد الأيام شديدة الحرارة (التي تتجاوز ٤٠°م) بنحو ٤٠ يومًا إضافيًا سنويًا بحلول منتصف القرن نتيجةً لتغير المناخ. هذه الزيادة الكبيرة في أيام الحر الشديد سيكون لها تبعات سلبية على الصحة العامة وإنتاجية العمالة، حيث أظهرت الدراسات أن ارتفاع درجة الحرارة من ٢٦°م إلى ٣١°م يمكن أن يؤدي إلى انخفاض في إنتاجية العمل بحوالي ٣٠% بسبب الإجهاد الحراري[3].

إلى جانب ارتفاع درجات الحرارة، يلاحظ أيضًا حدوث تغيرات طفيفة في أنماط الهطول المطري، رغم أن المعدلات الإجمالية للأمطار في معظم مناطق مصر شحيحة جدًا من الأساس. تتميز مصر بمناخها الجاف صحراوي؛ إذ يتراوح متوسط الهطول السنوي في معظم مناطق البلاد بين ٢ إلى ٥ مم فقط، باستثناء الشريط الساحلي الشمالي

[1] The World Bank Group. (2022). *Country Climate and Development Report: Egypt.* https://documents1.worldbank.org/curated/en/099510011012235419/pdf/P17729200725ff0170ba05031a8d4ac26d7.pdf

[2] The World Bank Group. (2022). Ibid.

[3] The World Bank Group. (2022). Ibid.

الذي قد يصل متوسط المطر فيه إلى ١٥٠-٢٠٠ مم سنويًا[1]. هذا الوضع يجعل الاعتماد على الأمطار المحلية محدودًا جدًا، وترتكز موارد مصر المائية على تدفقات نهر النيل الآتية من خارج حدودها. وتشير الدراسات المناخية الحديثة إلى زيادة تذبذب الأمطار في حوض النيل ومصر، مع ارتفاع احتمالية وقوع أحداث مناخية متطرفة كسنوات مطيرة أعلى من المتوسط أو سنوات جفاف قاسية. بيد أن اتجاه التغير في إجمالي الهطول في مصر غير مؤكد بشكل كبير؛ حيث تتباين النماذج المناخية في توقعاتها: فبعضها يشير إلى احتمال ازدياد طفيف في أمطار حوض النيل، بينما يتوقع بعضها الآخر تناقصًا، ويُجمع أغلبها على ارتفاع تباين التوزيع الزمني والمكاني للأمطار[2]. هذا يعني أن مصر قد تواجه مستقبلاً أحوالًا مناخية أكثر تقلبًا بين فترات جافة جدًا وأخرى رطبة نسبيًا، مما يصعّب التخطيط المائي.

المطلب الثاني: الظواهر المناخية المتطرفة ومستوى سطح البحر

شهدت مصر في السنوات الأخيرة تزايدًا في بعض الظواهر المناخية المتطرفة كالحرارة الشديدة والعواصف المطرية النادرة. ورغم أن مصر معروفة تاريخيًا بمناخ مستقر نسبياً وقلة الكوارث الطبيعية، إلا أن تغير المناخ بدأ يغيّر هذه الصورة. موجات الحر الشديدة باتت أكثر تكرارًا وطولًا؛ على سبيل المثال، سُجلت خلال العقد الماضي موجات حارة قياسية خاصة في صيف ٢٠١٥ وصيف ٢٠١٩ حيث تجاوزت درجات الحرارة ٤٥°م في بعض المناطق الجنوبية. أما بالنسبة إلى الأمطار الغزيرة المفاجئة، فقد لوحظ حدوث سيول وأحداث مطرية كثيفة على نحو غير معتاد في بعض المناطق. في أبريل ٢٠١٨ تعرضت القاهرة الكبرى لعاصفة مطرية نادرة أدت إلى سيول محلية تسببت في انقطاع الكهرباء عن أجزاء من المدينة لأكثر من ٢٠ ساعة. وفي مارس ٢٠٢٠ ضربت عاصفة شديدة (سميت إعلاميًا "عاصفة التنين") عدة مناطق في شمال وشرق مصر، وجلبت أمطارًا غزيرة ورياحًا عاتية ألحقت أضرارًا بالبنية التحتية الكهربائية حيث تضررت محولات وخطوط نقل وانقطعت الكهرباء عن مناطق واسعة. وقد قدّرت الخسائر في قطاع الكهرباء وحده جراء تلك العاصفة بما يزيد عن ١٣ مليون دولار أمريكي[3]. تعكس هذه الحوادث تصاعد مخاطر الأحداث المناخية القصوى حتى في مناطق لم تكن معروفة بها، مما يستدعي تعزيز استعدادات التكيف وإدارة المخاطر.

---

[1] Atlantic Council. (2025). *Climate profile: Egypt*. Atlantic Council. https://www.atlanticcouncil.org/programs/middle-east-programs/rafik-hariri-center-for-the-middle-east/empowerme/macromena/climate-profile-egypt/

[2] The World Bank Group. (2022). Ibid.

[3] International Energy Agency [IEA]. (2023, July 3). *National Climate Resilience Assessment for Egypt – Analysis - IEA*. IEA. https://www.iea.org/reports/national-climate-resilience-assessment-for-egypt

من الظواهر الحرجة أيضًا تزايد وتيرة العواصف الترابية والرملية. فمصر تقع في نطاق حزام الصحارى الكبرى، وتتعرّض طبيعيًا لعواصف غبارية موسمية (مثل الخماسين في الربيع). إلا أن الاحترار العالمي وتغير أنماط الرياح قد يؤثران على شدة هذه العواصف ومدتها، ما يؤدي إلى آثار صحية خطيرة كزيادة أمراض الجهاز التنفسي والحساسية. بالفعل، تربط الدراسات بين العواصف الترابية في مصر وارتفاع معدلات الإصابة بعدوى الجهاز التنفسي كالإنفلونزا والالتهابات الرئوية، إضافة إلى تفاقم أمراض مزمنة مثل الربو وأمراض القلب لدى الفئات الضعيفة[1]. التغيرات المناخية قد تطيل موسم العواصف الغبارية أو تزيد كثافتها نتيجة زيادة فترات الجفاف والتصحر.

أما ارتفاع مستوى سطح البحر (SLR)، فيعتبر من أكثر التحديات المناخية خطورة على المدى البعيد بالنسبة لمصر نظرًا لطبيعة سواحلها المنخفضة في دلتا النيل. تشير القياسات التاريخية إلى أن مستوى البحر المتوسط عند السواحل المصرية يرتفع بنحو ٣ ملم سنويًا في العقود الأخيرة بعد أن كان معدل الارتفاع حوالي ١,٨ ملم/سنة خلال القرن العشرين. هذا التسارع في ارتفاع مستوى البحر يتماشى مع المعدل العالمي الذي يبلغ حاليًا ~٣,٣ ملم/سنة أو أكثر. وتتوقع النماذج أنه قد يتسارع أكثر خلال العقود القادمة مع تسارع ذوبان الجليد وتمدّد مياه المحيطات. وفق سيناريو معتدل لانبعاثات غازات الدفيئة، يُقدَّر أن مستوى سطح البحر على السواحل المصرية سيرتفع بنحو ٠,١٣ متر بحلول ٢٠٣٠، و٠,٢٤ متر بحلول ٢٠٥٠، ونحو ٠,٥٨ متر بحلول ٢١٠٠. أما في السيناريوهات عالية الانبعاثات (مثل RCP8.5)، فقد يتجاوز الارتفاع ٠,٧ إلى ١,٠ متر بحلول نهاية القرن الحادي والعشرين. تداعيات ذلك على المناطق الساحلية المصرية ستكون هائلة، فدلتا النيل - التي تعد موطنًا لأكثر من ٣٠ مليون نسمة وأغلب الأراضي الزراعية الخصبة - معرضة بشدة لخطر الغمر بالمياه المالحة وتآكل السواحل. تصنّف مصر حاليًا ضمن الدول الأكثر تعرضًا لمخاطر ارتفاع البحر؛ إذ تأتي في المرتبة الخامسة عالميًا من حيث السكان الحضريين المعرضين لتهديدات ارتفاع البحر والفيضانات الساحلية بحلول عام ٢٠٣٠. وتشير إحدى الدراسات إلى أن الخسائر الاقتصادية المحتملة في المناطق الحضرية الساحلية المصرية قد تصل إلى حوالي ١% من الناتج المحلي الإجمالي سنويًا بحلول ٢٠٣٠ نتيجة الأضرار المباشرة وغير المباشرة لارتفاع البحر إذا لم تُتخذ إجراءات حماية كافية[2].

ومن أبرز البقع الساخنة ساحليًا محافظة الإسكندرية التي تقع على ساحل منخفض نسبيًا. تُظهر النماذج أنه مع ارتفاع البحر ستواجه الإسكندرية مشاكل متفاقمة تتضمن تملّح المياه الجوفية والتربة، وتكرار فيضانات المدن الساحلية خلال العواصف الشتوية، وتسارع تآكل الشواطئ. بالفعل، بدأت بوادر هذه التأثيرات في الظهور

[1] The World Bank Group. (2022). Ibid.

[2] The World Bank Group. (2022). Ibid.

مع تآكل أجزاء من الساحل الشمالي واضطرار السلطات لتعزيز خطوط الحماية والسدود البحرية. التأثير على الموارد المائية يمتد كذلك إلى احتمال تداخل مياه البحر المالحة مع مياه الري والشرب في دلتا النيل، مما يهدد جودة المياه العذبة المتاحة للزراعة وللتجمعات السكانية الساحلية[1].

باختصار، تشير البيانات المناخية إلى أن مصر تواجه مناخًا أكثر حرارة وتطرفًا في العقود القادمة، مع مخاطر جفاف وفيضانات أكثر تكرارًا وارتفاع مستمر في البحر. هذه التغيرات ترسم ملامح تحديات جسيمة على القطاعات الحيوية نناقشها في القسم التالي.

المبحث الثاني: الآثار القطاعية لتغير المناخ في مصر

تتداخل تأثيرات تغير المناخ مع كافة القطاعات الاقتصادية والاجتماعية في مصر. ونظرًا لخصائص الاقتصاد والمجتمع المصري، تبرز عدة قطاعات أساسية كالأكثر تأثرًا – الموارد المائية (بما في ذلك الزراعة والأمن الغذائي)، والزراعة (وإنتاج الغذاء)، والطاقة، والصحة العامة، والمناطق الساحلية، والبنية التحتية والمستوطنات الحضرية. نستعرض في هذا القسم الآثار الحالية والمتوقعة في كل من هذه المجالات بالتفصيل.

المطلب الأول: قطاع الموارد المائية

يشكل الماء عصب الحياة والاقتصاد في مصر، ويعتبر قطاع الموارد المائية الأكثر حساسية لتغير المناخ نظرًا لاعتماد البلاد شبه الكامل على نهر النيل. توفر مياه النيل حوالي ٩٧% من الموارد المائية العذبة في مصر[2]، في حين تساهم الأمطار والمياه الجوفية بنسبة محدودة للغاية. هذا الاعتماد الكبير على مصدر مياه واحد يجعل الأمن المائي المصري معرضًا لأي تغير في كمية أو انتظام تدفق مياه النيل. وتعاني مصر أصلًا من شح مائي مزمن تفاقم مع تزايد عدد السكان إلى أكثر من ١٠٥ ملايين نسمة في ٢٠٢٣. انخفض نصيب الفرد السنوي من المياه العذبة من حوالي ١٩٧٠ متر مكعب في سبعينيات القرن الماضي إلى نحو ٥٧٠ متر مكعب عام ٢٠١٨، وهو أدنى بكثير من عتبة الفقر المائي (١٠٠٠ م^3 للفرد سنويًا). وتتوقع الاستراتيجية المائية الوطنية أن ينخفض هذا النصيب إلى ٣٩٠ متر مكعب بحلول عام ٢٠٥٠، مما سيدفع مصر نحو عتبة الشح المائي المدقع (٥٠٠ م^3/فرد/سنة) خلال العقدين القادمين[3]. هذا يعني أن الموارد المائية الطبيعية ستكون غير كافية بتاتًا لتلبية الاحتياجات الأساسية، وسيزداد الاعتماد على إعادة استخدام المياه وتحلية مياه البحر لسد الفجوة المتصاعدة بين الطلب والمتاح.

---

[1] The World Bank Group. (2022). Ibid.

[2] The World Bank Group. (2022). Ibid.

[3] United Nations Framework Convention on Climate Change [UNFCCC]. (2022). *Egypt's First Updated Nationally Determined Contributions.* https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-07/Egypt%20Updated%20NDC.pdf.pdf

في ظل هذا الوضع الحرج، يُرجح أن يؤدي تغير المناخ إلى تفاقم أزمة المياه في مصر عبر عدة مسارات[1]:

- **تقلب إيراد النيل:** قد يتسبب الاحترار العالمي في تغيّر أنماط الهطول في أعالي حوض النيل (إثيوبيا، السودان، أوغندا وغيرها). النماذج المناخية وإن كانت متباينة، إلا أن كثيرًا منها يتوقع ارتفاع تذبذب تدفقات النيل بنسبة تصل إلى ٥٠% بحلول ٢١٠٠. أي أن سنوات الجفاف الشديد قد تصبح أكثر تكرارًا وطولًا، وفي المقابل قد تحدث في بعض السنوات فيضانات أعلى من المعتاد. فعلى سبيل المثال، انخفاض المعدل المطري في المنابع بمقدار ١٠% قد يؤدي إلى انخفاض تدفق النيل عند أسوان بما يقارب ٣ مليارات متر مكعب سنويًا. مثل هذا النقص يعادل تقريبًا ٥% من حصة مصر الحالية (٥٥,٥ مليار م^3 سنويًا)، مما سيؤثر مباشرة على المتاح للري والشرب. وتقدّر دراسة أنه في حالة تعرض مصر لفترة جفاف ينخفض فيها تدفق النيل إلى ٤٥ مليار م^3 سنويًا (مقارنة بالمتوسط ٥٥ مليار)، فإن ذلك سيؤدي إلى تقليص مساحة الأراضي المروية بحوالي ٢٢% وانخفاض إنتاجية المحاصيل للفدان المروي بنحو ١١%، وخسارة في وظائف القطاع الزراعي تقدر بـ٩% من قوة العمل الزراعية؛ وتعتبر هذه أرقام شديدة الخطورة على الأمن الغذائي والتشغيل الريفي.
- **زيادة البخر وفو اقد المياه:** ارتفاع درجات الحرارة بمقدار ١-٣°م إضافية سيؤدي إلى زيادة معدلات تبخّر المياه من الخزانات والقنوات وزيادة نتح النباتات. تشير التقديرات إلى أن ارتفاع الحرارة المتوقع سيزيد معدل البخر الإجمالي مما يعادل خسارة مليارات الأمتار المكعبة من المياه سنويًا. كما سيفاقم ذلك جفاف التربة وارتفاع الطلب المائي للمحاصيل. هذه العوامل ستضطر مصر إلى استخدام مياه أكثر لنفس وحدة الإنتاج الزراعي، مما يضع المزيد من الضغط على الموارد المحدودة.
- **تداخل المياه المالحة:** مع ارتفاع مستوى البحر، ستتوغل مياه البحر المالحة إلى أراضي الدلتا المنخفضة وإلى الخزان الجوفي الساحلي. وقد تم بالفعل رصد دلائل تملّح في أراضي شمال الدلتا ومياه الآبار الضحلة في بعض المناطق الساحلية. سيؤدي ذلك إلى تدهور جودة التربة الزراعية بسبب زيادة الملوحة، وكذلك سيلوث بعض مصادر مياه الشرب الجوفية قرب الساحل. ومن المتوقع أن يحتاج الأمر إلى مزيد من الاستثمارات في مشروعات مصارف وتبطين قنوات الري ونظم غسل التربة للتعامل مع الملوحة المتزايدة، ما لم يتم الحد من تغلغل البحر عبر إقامة حواجز أو تغذية شاطئية.
- **الاحتياجات المائية المستقبلية:** مع النمو السكاني والاقتصادي، يُتوقع أن يرتفع إجمالي الطلب على المياه من حوالي ٨٠ مليار م^3 حاليًا إلى قرابة ١٠٠ مليار م^3 بحلول عام ٢٠٥٠ وفق بعض السيناريوهات.

[1] The World Bank Group. (2022). Ibid.

سيُفاقم تغير المناخ هذه الفجوة بين الطلب والمتاح. ووفق تقرير المساهمات المحدث، سيزداد العجز المائي (الفجوة بين الموارد والاحتياجات) من ٢١ مليار م^3 حاليًا إلى نحو ٣٢ مليار م^3 بحلول ٢٠٥٠ إذا لم تتخذ إجراءات إضافية[١].

بناءً على ما سبق، فإن الأمن المائي المصري في مواجهة اختبار حرج تحت تأثير تغير المناخ. وتعتمد القدرة على التكيف على تنفيذ حزمة من التدابير التي نناقش بعضها في قسم سياسات التكيف (مثل تحسين كفاءة الري، والتوسع في التحلية، وإعادة استخدام مياه الصرف). ويتشابك أثر أزمة المياه مع القطاع الزراعي مباشرة والذي نتناوله تالياً.

المطلب الثاني: قطاع الزراعة والأمن الغذائي

يُعد القطاع الزراعي العمود الفقري للأمن الغذائي في مصر، كما أنه مصدر رزق أساسي لشريحة كبيرة من السكان (حوالي ثلث القوة العاملة المصرية تعمل في الزراعة وما يرتبط بها. يعتمد هذا القطاع بشكل شبه كامل على الري بمياه النيل، مما يجعله حساسًا لأي تغيرات في توافر المياه كما أسلفنا. علاوة على ذلك، فإن الإنتاجية الزراعية مرتبطة بالمناخ المحلي (درجات الحرارة، موجات الحر، الآفات والأمراض التي تتأثر بالمناخ). ومن المتوقع أن يكون تأثير تغير المناخ سلبياً على الزراعة في مصر عبر عدة أوجه:

- **إجهاد حراري للمحاصيل:** معظم المحاصيل الإستراتيجية في مصر (كالقمح والذرة والأرز) تُزرع في مواسم قد تشهد بالفعل درجات حرارة مرتفعة. ارتفاع متوسط الحرارة وزيادة موجات الحر سيؤدي إلى تقصير موسم النمو لبعض المحاصيل وزيادة الإجهاد الحراري عليها. فعلى سبيل المثال، ترتفع معدلات تنفس النباتات ليلاً في درجات حرارة أعلى، مما يقلل صافي نموها وإنتاجيتها. تشير دراسات محلية إلى احتمال انخفاض غلة القمح بنسب تتراوح بين ١٠-٢٠% بحلول منتصف القرن في حالة عدم تطوير أصناف أكثر تحملًا للحرارة، كما قد ينخفض إنتاج الذرة بما يصل ١٥% في بعض السيناريوهات بسبب موجات الحر في الصيف. زيادة الحرارة تؤثر أيضًا على الإنتاج الحيواني (قلة الخصوبة في الأبقار والدواجن تحت الإجهاد الحراري)[٢].
- **شح المياه وقيود الري:** كما أوردنا في قسم المياه، فإن أي نقص في مياه الري سيترجم مباشرة إلى تقليص المساحة المزروعة أو نقص إنتاجية المحاصيل في الأراضي القائمة. وقد قُدِّرَ أنه في حالة تعرض مصر لجفاف يؤدي لانخفاض تدفق النيل ١٠ مليار م^3 (حوالي ١٨%)، فقد ينخفض الإنتاج الزراعي الكلي

[1] UNFCCC. (2022). Ibid.

[٢] عثمان، صابر. (٢٠٢٢). تاثير التغييرات المناخية على مصر وآليات المواجهة. دورية الملف المصري الإليكترونية، العدد ٩٩. https://acpss.ahram.org.eg/Esdarat/MalafMasry/99/files/downloads/Mallf-99-November-2022-Final.pdf

بنحو ٥,٧% بحلول ٢٠٥٠ مقارنة بالسيناريو المعتاد. هذا الانخفاض النسبي يفوق المتوسط العالمي المتوقع (٤,٤%) ما يعني تأثر مصر أكثر من غيرها في إنتاج الغذاء. المحاصيل البعلية (غير المروية) محدودة جدًا في مصر وتعتمد على أمطار الشتاء في الساحل الشمالي، والتي قد تتأثر سلبًا بتغير أنماط الهطول، مما يهدد زراعة الشعير والكينوا المحدودة هناك.

- **تملح التربة في الدلتا:** ارتفاع مستوى البحر وتداخل المياه المالحة سيرفع مستويات ملوحة التربة في مساحات واسعة من شمال الدلتا، وهي أكثر الأراضي خصوبة. التملح يؤدي إلى تقليل إنتاجية الأرض بشكل كبير إلا إذا تمت إدارة الري والصرف بكفاءة عالية لغسل الأملاح دورياً. بعض التقديرات تشير إلى أن حوالي ١٥% من أراضي الدلتا قد تعاني من زيادة ملحوظة في الملوحة السطحية بحلول ٢٠٣٠ إذا ارتفع البحر واستمر السحب الجائر للمياه الجوفية الساحلية. هذا الوضع سيؤثر خاصة على محاصيل كالأرز الذي يُزرع عادةً لمكافحة الملوحة في شمال الدلتا ولكنه شرِه مائيًا؛ وربما تقلص زراعته للتوفير المائي ما يفتح مجالاً لزحف الملوحة أكثر[١].
- **انتشار الآفات والأمراض:** تغير المناخ قد يخلق ظروفًا ملائمة لانتشار آفات زراعية لم تكن شائعة من قبل، أو زيادة أجيال الآفة في الموسم. على سبيل المثال، دودة ورق القطن ودودة الحشد الخريفية قد تصبح أكثر تكاثرًا مع شتاء أكثر دفئًا. كذلك الأمراض الفطرية قد تزدهر مع تغير الرطوبة، مما يستدعي جهودًا أكبر في المكافحة وخسائر في الغلة إذا لم تُحتوى هذه التهديدات.
- **تهديد الأمن الغذائي:** مجمل هذه العوامل إذا لم يتم التكيف معها سيؤدي إلى تراجع الإنتاج المحلي من الغذاء. مصر بالفعل تستورد نسبة كبيرة من غذائها الأساسي (مثل القمح الذي تستورد منه ٤٠-٥٠% من الاستهلاك). ومع انخفاض الإنتاجية الزراعية وازدياد الطلب السكاني، قد تتفاقم فجوة الأمن الغذائي مما يجعل مصر أكثر عرضة لتقلبات أسعار الغذاء العالمية والأزمات (مثلما حدث في أزمتي ٢٠٠٨ و٢٠٢٢). وتشير تقديرات البنك الدولي إلى أن آثار تغير المناخ قد تضيف ٩ ملايين مصري إلى أولئك الواقعين تحت خط الفقر بحلول ٢٠٥٠ معظمهم في المناطق الريفية الزراعية، مما يعكس التأثير الاجتماعي لتهديد الأمن الغذائي وسبل العيش الزراعية[٢].

في المقابل، تتمتع مصر ببعض المقومات التي يمكن البناء عليها للتكيف زراعيًا، مثل وجود مراكز أبحاث زراعية عريقة يمكنها تطوير أصناف جديدة، وخبرة المزارعين في أساليب الري والتكثيف الزراعي. لكن حجم التحدي يستلزم تبني سياسات تكيف قوية كما سنناقش لاحقًا (مثل التحول إلى محاصيل أكثر تحملًا للجفاف والملوحة،

[١] عثمان، صابر. (٢٠٢٢). مرجع سابق.

[2] Atlantic Council (2025). Ibid.

وتحديث نظم الري). بشكل عام، يعد قطاع الزراعة أحد أكثر القطاعات التي ستحدد قدرة مصر على الصمود مناخيًا نظرًا لارتباطه الوثيق بالأمن المائي والغذائي والاجتماعي.

المطلب الثالث: قطاع الطاقة

يمتد تأثير تغير المناخ إلى قطاع الطاقة في مصر بطرق متعددة، سواء على جانب إنتاج الطاقة أو استهلاكها. مصر دولة ذات اقتصاد ناشئ يشهد نموًا في الطلب على الطاقة سنويًا مع التوسع العمراني والصناعي. ومن المرجح أن تغير المناخ سيؤثر على هذا القطاع في جوانب:

- **ارتفاع استهلاك الكهرباء للتبريد:** مع ارتفاع درجات الحرارة المتوسطة وزيادة تواتر موجات الحر، يرتفع الطلب على الكهرباء خاصة لتشغيل المكيفات وأنظمة التبريد في فصل الصيف. تشير التوقعات إلى احتمال زيادة أحمال الذروة الصيفية بنسب كبيرة (قد تصل ١٠-١٥% بحلول ٢٠٥٠) نتيجة استخدام التكييف على نطاق أوسع ولمدد أطول (كمؤشر نوعي). هذا الضغط على شبكة الكهرباء يستلزم تعزيز قدرات التوليد والنقل لتفادي الانقطاعات في فترات الحر الشديد [١].
- **انخفاض كفاءة محطات التوليد:** توليد الكهرباء من المحطات الحرارية (الغازية أو البخارية) قد يتأثر سلبًا بارتفاع درجة حرارة الهواء ومياه التبريد. فكلما ارتفعت حرارة الهواء الداخل للتوربينات الغازية قلت كثافته وبالتالي انخفضت القدرة المنتجة. وتُظهر الدراسات أن كفاءة التوربينات الغازية قد تنخفض بعدة في المئة عند ارتفاع حرارة الهواء الخارجي ٥°م فوق الظروف القياسية. كذلك بالنسبة لمحطات الطاقة الشمسية الكهروضوئية، تؤدي الحرارة الزائدة إلى تقليل كفاءة الألواح الشمسية. ومصر من الدول المتوقع أن تشهد ارتفاعًا في الأيام شديدة الحرارة بمعدلات تفوق المعدل العالمي[٢]، مما يعني تأثيرًا أكبر على البنية التحتية للطاقة مقارنة بدول أخرى. تقرير حديث للوكالة الدولية للطاقة أشار إلى أن مصر قد تواجه زيادات كبيرة في عدد الأيام التي تتجاوز فيها درجة الحرارة العظمى ٣٥°م، بحيث أن جميع محطات طاقة الرياح الحالية ستشهد ارتفاعًا في عدد الأيام شديدة الحرارة مما قد يخفض كفاءة تشغيلها مقارنة بالوضع الحالي.
- **إجهاد شبكات النقل والتوزيع:** يمكن للحرارة الشديدة أن تؤثر أيضًا على خطوط الكهرباء (حيث تزيد المقاومة الكهربائية وتنخفض القدرة النقلية للأسلاك في درجات الحرارة العالية)، كما أن الفيضانات المفاجئة قد تسبب أضرارًا للبنية التحتية الكهربائية كما شهدنا في أمثلة ٢٠١٨ و٢٠٢٠[٣]. تحتاج

[1] IEA. (2023). Ibid.

[2] IEA. (2023). Ibid.

[3] IEA. (2023). Ibid.

الشبكات إلى تعزيز عوامل الأمان، مثل تصميم المحولات والمحطات لتحمل درجات حرارة أعلى وإجراءات مضادة للفيضانات في المحطات الأرضية.

- **موارد الطاقة المتجددة:** قد يبدو أن تغير المناخ يجلب أيضًا بعض الفرص لقطاع الطاقة. فمثلًا، زيادة سطوع الشمس أو طول فصل الصيف قد تزيد من إمكانية توليد الطاقة الشمسية. لكن في المقابل، قد تتأثر إنتاجية الطاقة الكهرومائية من السد العالي وخزان أسوان بتغيرات تدفق النيل. تشير دراسات البنك الدولي إلى أن معظم النماذج المناخية لا تتوقع تغيرًا كبيرًا في متوسط إيراد النيل طويل الأجل (حيث أن زيادة الأمطار في بعض مناطق الحوض قد تقابلها زيادة البخر في مناطق أخرى)[1]، لكن هناك عدم يقين عالٍ. بعض السيناريوهات المتطرفة تتوقع انخفاضًا كبيرًا في تدفقات النهر مما سيقلص قدرة توليد الكهرباء الكهرومائية (التي تمثل حوالي ٨% من توليد الكهرباء المصري)[2]. وفي المقابل، إذا تحقق سيناريو ازدياد الأمطار في المنابع، فقد يؤدي ذلك إلى تحسين طفيف في إنتاجية الطاقة الكهرومائية بحلول النصف الثاني من القرن[3].
- **تبريد محطات الكهرباء:** تعتمد محطات توليد الكهرباء (الغازية والبخارية) في مصر على مياه النيل للتبريد. ومع توقع ازدياد فترات الجفاف وارتفاع عدد الأيام الجافة المتتالية تحت تأثير تغير المناخ، قد يتأثر توفر مياه التبريد العذبة. بالفعل، بدأت مصر باتخاذ إجراءات مثل استخدام أنظمة تبريد مغلقة وإعادة تدوير مياه التبريد، واستخدام مياه البحر للتبريد في المحطات الساحلية. حيث إن ثلاث محطات توليد جديدة بقدرة ٤,٨ جيجاوات لكل منها افتتحت عام ٢٠١٨ (بني سويف والعاصمة الجديدة والبرلس) أدخلت تقنيات تبريد مبتكرة: الأولى بنظام أبراج تبريد تعيد استخدام المياه، والثانية بنظام تبريد هوائي بالمراوح (لأول مرة في مصر)، والثالثة باستخدام مياه البحر المتوسط بدلًا من المياه العذبة[4]. هذه الحلول تزيد من مرونة قطاع الطاقة أمام الإجهاد المائي المتوقع.

بشكل عام، يتعين على قطاع الطاقة في مصر التكيف وتعزيز المرونة في مواجهة تغير المناخ عبر التخطيط الواعي. ويتضمن ذلك مراعاة سيناريوهات المناخ المستقبلية في تصميم مشروعات الطاقة الجديدة (مثل اختيار مواقع محطات الكهرباء بعيدًا عن المناطق المعرّضة لفيضانات ساحلية، وتصميم الألواح الشمسية مع تهوية كافية للتبريد، إلخ). كما أن تنويع مصادر الطاقة ليشمل نسبة أكبر من الطاقة المتجددة منخفضة الانبعاثات (الطاقة

[1] The World Bank Group. (2022). Ibid.

[2] IEA. (2023). Ibid.

[3] IEA. (2023). Ibid.

[4] IEA. (2023). Ibid.

الشمسية، الرياح) سيكون له فائدة مزدوجة: التخفيف من تغير المناخ من جهة، وتقليل اعتماد مصر على الوقود الأحفوري الذي قد يتأثر توريده أو تشغيله بظروف المناخ من جهة أخرى. وسنناقش جهود مصر في هذا الصدد ضمن سياسات التخفيف في القسم الخامس.

المطلب الرابع: قطاع الصحة العامة

يترتب على تغير المناخ تأثيرات مباشرة وغير مباشرة على صحة السكان. في مصر، قد تتجلى هذه التأثيرات الصحية عبر: الإجهاد الحراري وضربات الشمس، انتشار الأمراض المعدية، تفاقم الأمراض المزمنة، وانعدام الأمن الغذائي/التغذوي. ومع تعرض مصر لارتفاعات ملحوظة في درجات الحرارة وتكرار موجات الحر كما أشرنا، يُتوقع زيادة في الأمراض والوفيات المرتبطة بالحرارة، خصوصًا لدى الفئات الضعيفة ككبار السن والأطفال والمرضى المزمنين. سجلت المستشفيات المصرية خلال موجة الحر عام ٢٠١٥ ارتفاعًا في حالات الإجهاد الحراري والجفاف، ويتوقع أن يصبح التعامل الطبي مع ضربات الشمس أكثر إلحاحًا في العقود القادمة. وبحلول ٢٠٥٠، قد ترتفع معدل الوفيات الصيفية بنسبة تتراوح بين ١٠-٢٠% في حال عدم اتخاذ إجراءات وقائية فعالة[1].

من جهة أخرى، قد تتغير خريطة الأمراض المعدية في مصر مع تغير المناخ. بعض الأمراض المنقولة بواسطة الحشرات الناقلة (Vectors) قد تظهر أو تزيد إذا تغيرت الظروف البيئية لتلائمها. مثلًا، بعوض الأنوفيلة الناقل للملاريا كان تاريخيًا محدود الانتشار في مصر بعد القضاء على الملاريا، لكن ارتفاع الحرارة والرطوبة في أقصى الجنوب أو الدلتا ربما يوفر بيئة لعودته أو لقدوم أنواع بعوض ناقلة لحمى الضنك أو شيكونغونيا (رُصدت حالات محدودة من حمى الضنك في أسوان عام ٢٠١٩ مرتبطة بسفر). أيضًا ذبابة الرمل الناقلة لليشمانيا الجلدية قد يزداد نطاق انتشارها. كما أن الأمراض المنقولة بالماء (كالتيفوئيد والكوليرا) يمكن أن تتفشى حال تعرّض إمدادات المياه للتلوث خلال فيضانات أو كوارث مرتبطة بالمناخ. لذلك تحذر منظمة الصحة العالمية من تزايد مخاطر الأمراض المعدية في إقليمنا بفعل التغير المناخي مالم تُعزز أنظمة الترصد الصحي والتطعيمات.

جودة الهواء هي عامل آخر يتأثر بالمناخ ويؤثر بالصحة. فمع تزايد موجات الغبار والعواصف الرملية كما ذكرنا، يرتفع تركيز الجسيمات الدقيقة في الهواء وخاصة PM2.5 وPM10 في المدن. القاهرة تعاني أصلًا من مستويات مرتفعة من تلوث الهواء (تتجاوز ٥-٧ أضعاف المستويات الموصى بها من قبل منظمة الصحة العالمية)، والتغير المناخي قد يزيد فترات ركود الهواء أو العواصف الغبارية مما يفاقم أزمة التلوث. هذا يؤدي إلى ارتفاع حالات الأمراض التنفسية (كالربو ومرض الانسداد الرئوي المزمن) وأمراض القلب المرتبطة بتلوث الهواء. بالفعل، تشير

[1] World Bank. (2023, August 29). *Electric Buses Will Help Cairo*. World Bank. https://www.worldbank.org/en/news/feature/2023/08/29/electric-buses-will-help-cairo-move-toward-a-greener-future

بيانات البنك الدولي إلى أن التلوث الهوائي في القاهرة الكبرى يتسبب في علاج حوالي ٢ مليون حالة سنويًا من مشكلات تنفسية ويتسبب في تكلفة صحية واقتصادية تعادل ١,٤% من الناتج المحلي سنوياً[1]. ومع وجود التغير المناخي كعامل إضافي، قد يصبح الحفاظ على جودة الهواء أكثر صعوبة ما لم تُتخذ إجراءات للحد من مصادر التلوث والتأقلم (مثل زيادة المساحات الخضراء لصد الغبار).

الأمن الغذائي والتغذية له جانب صحي مهم؛ إذا تسبب تغير المناخ في خفض إنتاجية الغذاء أو ارتفاع أسعاره، فإن ذلك سيؤدي إلى سوء تغذية وبخاصة في الفئات الفقيرة. ارتفاع درجات الحرارة أيضًا قد يقلل المحتوى الغذائي لبعض المحاصيل (وجدت دراسات أن ارتفاع CO_2 يمكن أن يقلل محتوى البروتين والمعادن في القمح والأرز). وبالتالي هناك مخاوف من ازدياد معدلات سوء التغذية (وخاصة أنيميا الحديد والبروتين) لدى الشرائح الهشة بحلول منتصف القرن إذا لم يتم تعزيز شبكات الأمان الغذائي.

الصحة النفسية أيضًا قد تتأثر، فالكوارث مثل السيول أو موجات الحر القاسية يمكن أن تسبب صدمات نفسية، وضغوط معيشية نتيجة خسارة الدخل (في الزراعة مثلاً) قد تزيد التوتر والاكتئاب. وهذا بُعد خفي ولكنه مهم في التكيف المجتمعي مع تغير المناخ.

بشكل عام، يستلزم الأمر من قطاع الصحة في مصر الاستعداد لهذه التأثيرات عبر: تعزيز قدرات النظام الصحي في رصد ومواجهة الأمراض المرتبطة بالمناخ، تطوير خطط للطوارئ لموجات الحر والفيضانات، توعية المجتمع بإجراءات الحماية (كالإكثار من شرب المياه وتجنب التعرض للشمس أوقات الذروة خلال الموجات الحارة)، وتحسين البنية الأساسية الصحية (خاصة في المناطق الريفية الأكثر عرضة كمحافظات الصعيد والدلتا الفقيرة) إن الفئات الأكثر ضعفًا صحيًا واجتماعيًا ستكون الأكثر تضررًا (كبار السن، الأطفال، النساء الحوامل، الفقراء في المناطق الريفية والحضرية العشوائية) ، لذا ينبغي إعطاء أولوية خاصة لحمايتهم في سياسات التكيف الصحي[2].

المطلب الخامس: المناطق الساحلية والسياحية

تتمتع مصر بساحل طويل على البحر المتوسط (~١٠٠٠ كم) والبحر الأحمر (~٢٠٠٠ كم)، وتكتظ دلتا النيل بالسكان والبنية التحتية. كما تشكل السواحل ركيزة للسياحة (مدن كالإسكندرية، شرم الشيخ، الغردقة) ولاقتصاديات محلية (موانئ، مصايد سمكية). لذلك فإن تغير المناخ، عبر ارتفاع مستوى سطح البحر وتغير أنماط العواصف البحرية، يفرض تهديدات جسيمة على السواحل المصرية:

[1] The World Bank Group. (2022). Ibid.

[2] The World Bank Group. (2022). Ibid.

- **غمر الأراضي المنخفضة:** دلتا النيل تعد من أكثر الدلتاوات انخفاضًا عالمياً، حيث تقع مساحات زراعية شاسعة على ارتفاع متر أو أقل فوق مستوى البحر. مع ارتفاع منسوب البحر المتوقع (٠,٥-١ متر في نهاية القرن كما أسلفنا)، فإن أجزاءً من الدلتا مهددة بالغمر الدائم أو الموسمي ما لم يتم تعزيز حمايتها. تُقدّر الدراسات أن منطقة الدلتا يمكن أن تفقد حوالي ٢٧٠ كم² من الأراضي بحلول ٢٠٥٠ تحت سيناريو ارتفاع ٠,٥ م، وقد يتضاعف الفاقد بحلول ٢١٠٠[1]. وتتمثل أبرز المناطق الحرجة في الأطراف الشمالية للدلتا خاصة حول بحيرة المنزلة وبحيرة البرلس، إضافة إلى بعض أحياء مدينة الإسكندرية المنخفضة (كمنطقة المكس وغرب الإسكندرية) وأجزاء من بورسعيد ودمياط.
- **تآكل الشواطئ:** حتى قبل بروز خطر تغير المناخ، تعاني سواحل الدلتا من مشكلة التآكل بسبب نقص إمداد الرواسب مع بناء السد العالي. جاء تغير المناخ ليزيد الطين بلّة عبر ارتفاع البحر الذي يُمكّن الأمواج من التوغل أكثر نحو الساحل ونحت الشواطئ. الشواطئ الرملية في الساحل الشمالي (مثل رأس البر وبلطيم) تراجعت بخطوات ملحوظة خلال العقود الماضية. ومع سيناريوهات المناخ، يتوقع زيادة معدل تآكل الشاطئ ربما بنسبة ١٠-٢٠%، مما يتطلب استمرار مشاريع تغذية الشواطئ بالرمال وإنشاء حواجز الأمواج[2]. كما أن الشعاب المرجانية في البحر الأحمر – رغم أنها أقل تأثرًا بارتفاع البحر – تواجه خطر ابيضاض المرجان مع ارتفاع حرارة مياه البحر، مما قد يضر بالسياحة البيئية (شعاب البحر الأحمر المصرية تعد من الأكثر مقاومة نسبيًا للحرارة لكن الخطر موجود إذا زادت الحرارة فوق ١,٥-٢°م).
- **الفيضانات الساحلية والعواصف:** تشير بعض النماذج إلى احتمال ازدياد شدة العواصف المتوسطية التي تضرب الساحل الشمالي في الشتاء (منخفضات قبرص مثلاً)، مما يعني أمواجًا أعلى وعواصف أقوى قد تسبب فيضانات ساحلية. حدثت بالفعل في السنوات الأخيرة حوادث فيضانات في شوارع الإسكندرية خلال نوات شتوية قوية (مثل نوّة عام ٢٠١٥ التي أغرقت أجزاء من الكورنيش). هذه الأحداث مرجح تكرارها بوتيرة أعلى، وستزداد حدتها مع ارتفاع خط الأساس لمستوى البحر.
- **البنية التحتية الساحلية:** الكثير من المدن والمرافق الحيوية تقع قرب الشواطئ (كالموانئ البحرية، ومصافي البترول في الإسكندرية والسويس، ومحطات توليد الطاقة في البرلس وسيدى كرير وغيرها). ارتفاع البحر والفيضانات قد يضر بهذه المرافق. على سبيل المثال، الميناء الشرقي في الإسكندرية

[1] Nicholls, R., Hinkel, J., Lincke, D., & van. (2019). Global investment costs for coastal defense through the 21st century - ePrints Soton. Soton.ac.uk. https://eprints.soton.ac.uk/428681/1/Nicholls.sg1b_corrected.docx

[2] The World Bank Group. (2022). Ibid.

والمنطقة الحرة هناك معرضة لغمر جزئي حسب بعض السيناريوهات في أواخر هذا القرن[1]. كما أن تآكل الشواطئ قد يقوض خطوط السكة الحديد والطرق الساحلية القريبة من الشاطئ. لذلك فإن تكلفة تعزيز وحماية البنية التحتية الساحلية ستكون عبئًا إضافيًا على الاقتصاد. تقدر دراسة البنك الدولي (٢٠٢٢) أن تكلفة حماية السواحل المصرية حتى ٢١٠٠ قد تصل إلى عشرات المليارات من الدولارات، وذلك لبناء أسوار بحرية وسواتر رملية وأعمال حماية أخرى[2].

- **القطاع السياحي:** يعتمد جزء هام من السياحة المصرية على السواحل (سواء المتوسط في الإسكندرية ومطروح، أو الأحمر في المنتجعات). تأثر الشواطئ الرملية سلبًا قد يقلل من جاذبية المقاصد السياحية. كما أن الشعاب المرجانية في البحر الأحمر – وهي عنصر جذب رئيسي للغواصين – معرضة كما ذكرنا لخطر الابيضاض إذا ارتفعت حرارة مياه البحر بشكل حاد أو ازداد حموضة المحيط (نتيجة امتصاص CO_2). حتى المواقع الأثرية الساحلية الشهيرة (كقلعة قايتباي في الإسكندرية) مهددة بتسلل مياه البحر إلى أساساتها. وبالتالي، يمكن أن يلحق تغير المناخ أضرارًا اقتصادية عبر القطاع السياحي ما لم يتم التخطيط لحمايته وتعويض أي خسائر (كالترويج لسياحة أخرى مثل السياحة الثقافية في وادي النيل).

في مواجهة هذه التهديدات، بدأت مصر تنفيذ بعض مشاريع الحماية الساحلية. من ذلك مشروع تعزيز تكيف سواحل دلتا النيل (٢٠١٨-٢٠٢٣) الممول جزئيًا من صندوق المناخ الأخضر، والذي يهدف لحماية ٦٩ كم من السواحل المنخفضة بوسائل حماية تجمع بين الحواجز الخرسانية والحلول المستندة للطبيعة (مثل مشروع "رمال مضخمة" Sand Motor لحماية مصب فرع رشيد). كذلك يجري تطوير خطط إدارة متكاملة للمناطق الساحلية (ICZM) لضمان مراعاة اعتبارات تغير المناخ في التخطيط العمراني والاستثماري للساحل[3]. ومع ذلك، تبقى فجوة تمويلية وتقنية ينبغي ردمها لتأمين السواحل على المدى الطويل. سيأتي مزيد من النقاش في قسم سياسات التكيف حول إجراءات حماية السواحل.

المطلب السادس: البنية التحتية والمستوطنات الحضرية

تمتد آثار تغير المناخ لتشمل البنية التحتية بكافة أنواعها (كالطرق والجسور وشبكات الصرف والكهرباء والمباني) وكذلك المناطق الحضرية ومستوطنات السكان .مصر شهدت توسعًا عمرانيًا كبيرًا في العقود الأخيرة، مع نمو

[1] The World Bank Group. (2022). Ibid.

[2] The World Bank Group. (2022). Ibid.

[3] UNFCCC (2022). Ibid.

المدن الحالية وإنشاء مدن جديدة. وهذه المنظومة الحضرية معرضة لمخاطر مناخية مثل :موجات الحر في المدن، والفيضانات المفاجئة، والعواصف الترابية، وارتفاع منسوب المياه الجوفية أو البحار في المدن الساحلية.

- **المدن وموجات الحر:** تعاني المدن الكبرى مثل القاهرة من ظاهرة "جزيرة الحرارة الحضرية" التي تجعلها أكثر حرارة من المناطق الريفية المحيطة بعدة درجات نتيجة كثافة المباني والأنشطة البشرية. مع ارتفاع الحرارة العالمي، ستصبح الفصول الحارة في المدن أشد وطأة. ويتوقع تضاعف عدد الأيام التي تتجاوز فيها الحرارة ٤٠°م في القاهرة بحلول ٢٠٥٠ مقارنة بالوضع الحالي. ولهذا تبعات على راحة السكان وارتفاع استهلاك الطاقة (للتبريد) كما ذكرنا، وكذلك سلامة البنية التحتية مثل الأسفلت الذي قد يذوب جزئيًا أو يتشقق مع الحرارة الشديدة، وخطوط السكك الحديدية التي قد تتمدد حراريًا. كما تؤثر الحرارة المرتفعة على إنتاجية العمال في مواقع الإنشاءات أو الأعمال الخارجية في المدن.
- **البنية التحتية للمياه والصرف:** يمكن للأحداث المناخية المتطرفة أن تطغى على قدرة البنية التحتية الحالية. فمعظم المدن المصرية لديها شبكات صرف صحي وتصريف أمطار محدودة السعة نظرًا لانخفاض معدلات الأمطار المعتادة. لكن ازدياد احتمالية هطول أمطار غزيرة في وقت قصير (السيول) يعني أن شوارع المدن قد تغرق بالمياه بشكل يفوق قدرة شبكات التصريف. شهدنا ذلك في الإسكندرية عام ٢٠١٥ حين انهارت شبكة تصريف الأمطار تحت وطأة نوّة قوية، وأيضًا القاهرة الجديدة عام ٢٠١٨ تعرضت بعض أنفاقها ومناطقها للغرق بسبب عاصفة مطرية غير مسبوقة. مثل هذه الحوادث قد تتكرر بوتيرة أعلى، مما يشير إلى ضرورة رفع كفاءة البنية التحتية لتصريف المياه في المدن وتحسين تخطيط شبكات تصريف السيول خاصة في المدن الجديدة. المدن الساحلية أيضًا مهددة بارتفاع المياه الجوفية تحتها مع ارتفاع البحر، مما قد يضر بأساسات المباني إن لم تكن معزولة جيدًا[1].
- **العشوائيات والمستوطنات غير المخططة:** يقطن نسبة معتبرة من سكان المدن المصرية في مناطق عشوائية أو مبان غير مصممة وفق الأكواد الهندسية الحديثة. هذه الفئات السكنية هي الأكثر عرضة للمخاطر المناخية. على سبيل المثال، انهيارات المباني القديمة أو سيئة البناء قد تحدث أثناء ظواهر مناخية عنيفة (عاصفة مطرية أو موجة حر تؤثر على مواد البناء القديمة). كذلك غالبًا ما تكون العشوائيات مكتظة وتفتقر لمساحات خضراء أو تهوية طبيعية، مما يزيد من تأثير موجات الحر على السكان داخلها. أيضًا، مناطق الإسكان غير الرسمي قد تكون مقامة على أراض منخفضة أو مخرات

[1] The World Bank Group. (2022). Ibid.

سيول جافة، فتتعرض للغمر السريع في حالة سيول مفاجئة (كما حصل في بعض قرى صعيد مصر خلال سيول ٢٠١٦ مثلاً).

- **المرافق والخدمات الحضرية:** يشمل ذلك النقل العام والطرق والكباري. ذكرنا تأثير الحرارة على الطرق والسكك الحديدية. الفيضانات أيضًا قد تؤدي إلى تعرية الطرق وتخريبها، كما حصل في بعض طرق البحر الأحمر عند سيول شديدة. تحتاج تصميمات الطرق والكباري الجديدة لأخذ احتمالات الأحداث المناخية القصوى بالاعتبار (مثلاً تصميم الجسور لتتحمل سرعات رياح أعلى، وتصريف مياه الأمطار من الجسور والأنفاق بكفاءة).
- **ارتفاع تكاليف الصيانة والتأمين:** مع زيادة تواتر الحوادث المناخية، يرتفع العبء المالي على الحكومات المحلية في إصلاح الأضرار. كما قد ترتفع أقساط التأمين على الممتلكات إن وُجدت تغطية تأمينية لهذه المخاطر. ومن أمثلة الآثار الاقتصادية: تكلفة إصلاح شبكة الكهرباء بعد عاصفة مارس ٢٠٢٠، أو إصلاحات بلدية للإسكندرية بعد كل نوة شديدة قد تصل لملايين الدولارات. في المستقبل، بدون تخفيف حدة تغير المناخ أو اتخاذ إجراءات حماية، قد تتضاعف هذه التكاليف مما يرهق موازنات المدن[1].

من جهة إيجابية، يمكن أن يكون لتغير المناخ أثر دفع نحو تحديث التخطيط العمراني في مصر ليصبح أكثر استدامة ومرونة. على سبيل المثال، التخطيط لمدن جديدة خضراء بمزيد من التشجير والمساحات المفتوحة قد يقلل تأثير جزيرة الحرارة ويخفف تجمع مياه الأمطار. أيضًا التكيف العمراني يشمل تشجيع تصميم المباني المقاومة للمناخ (مثل واجهات عاكسة للحرارة، أسطح باردة أو خضراء لتقليل امتصاص الحرارة[2]، أنظمة حصاد مياه الأمطار على الأسطح). وقد بدأت بعض هذه الاعتبارات بالظهور في كود البناء المصري (كود الاستدامة) وإن كانت بحاجة لتعزيز وتطبيق أوسع. نظام الإنذار المبكر كذلك يلعب دورًا مهمًا في المدن لتنبيه السكان قبل موجات الحر أو السيول.

بعد هذا الاستعراض التفصيلي للآثار القطاعية، يتضح أن تغير المناخ يمس جميع جوانب الحياة في مصر. لكن إدراك هذه التهديدات ليس إلا خطوة أولى؛ فالخطوة الحاسمة هي الاستجابة عبر سياسات وإجراءات التخفيف من الانبعاثات المسببة للمشكلة، والتكيف مع الآثار التي أصبح وقوعها أمرًا واقعًا. في القسمين التاليين، نناقش استجابة مصر على هذين الصعيدين.

---

[1] IEA. (2023). Ibid.

[2] Egyptian Ministry of Environment. (2022). *Egypt National Climate Change Strategy 2050*. https://www.eeaa.gov.eg/Uploads/Topics/Files/20221206130720583.pdf

المبحث الثالث: سياسات التخفيف (خفض الانبعاثات) في مصر

تُحدِّد مصر مسارًا واضحًا لخفض الانبعاثات عبر قطاع الطاقة أولًا، إذ تُسرّع دمج مصادر المتجددة وترفع مساهمتها في توليد الكهرباء إلى ٤٢% بحلول ٢٠٣٥، وتُحسِّن الكفاءة في محطات التوليد والشبكات، وتُحوِّل مزيج الوقود بعيدًا عن الوحدات الأقل كفاءة، كما وتُفعِّل منظومة قياسٍ وإبلاغٍ وتحقّق (MRV) وطنية لتعزيز الشفافية وتتبع التقدّم. وتُظهِر وثيقة الـNDC تحديث ٢٠٢٣ مسارًا مُفصّلًا للكهرباء يتضمّن خفضًا قدره ٣٧% مقارنة بباكورة الأعمال المعتادة في ٢٠٣٠، مع برنامجٍ للتوسّع السريع في الرياح والشمس وتحديث النقل والتوزيع، بينما تُبيّن تقارير الشفافية[1] الإطار المؤسسي للـMRV وتأصيل الاعتماد على منهجيات IPCC. وإضافةً إلى ذلك، تُحسِّن الدولة الكفاءة عبر محطات الدورة المركّبة الحديثة (١٤,٤ جيجاواط بكفاءة تقارب ٦٠%) التي تُقلِّص الوقود والانبعاثات لوحدة الكهرباء، وتُعزِّز قدرات الشبكة والعدّادات الذكية لتمكين دمج المتجددة وتقليل الفواقد[2].

وتُكمِّل السياسات ذلك في النقل والصناعة؛ فتُوسِّع الحكومة النقل الجماعي منخفض الكربون عبر مترو القاهرة وخطوط المونوريل والقطار الخفيف، وتُطلِق حافلات كهربائية تجريبية (~١٠٠ حافلة) ضمن مشروع إدارة تلوّث هواء القاهرة، بما يدعم التحوّل من السيارات الخاصة ويُخفّض الانبعاثات المحلية. كما وتُطوِّر منظومة سككٍ كهربائيةٍ سريعة بطول يقارب ٢٠٠٠ كم لربط الأقاليم ببديلٍ أقل كثافةً كربونية لنقل الركاب والبضائع. وفي الصناعة، تُعمِّم برامج كفاءة الطاقة، وتُوسِّع استخدام الوقود المشتق من المخلفات والغاز الطبيعي، وتُعزِّز مسار الهيدروجين الأخضر؛ إذ تُوقِّع مصر سبع مذكرات تفاهم للهيدروجين/الأمونيا الخضراء باستثمارات محتملة نحو ٤٠ مليار دولار خلال عشر سنوات، بما يهيئ لإزالة كربون "القطاعات الصعبة". وبالتوازي، تُحدِّد الـNDC هدف خفضٍ لقطاع النقل قدره ٧% عن السيناريو المعتاد في ٢٠٣٠، مع ربطه بالتوسّع في المترو والسكك والإدارة المرورية وكفاءة الأسطول[3].

وفي السياق نفسه، تُخفِّض الدولة انبعاثات الميثان من المخلفات عبر إطارٍ تنظيمي وتمويلي يتضمّن تعريفة شراءٍ مُحفِّزة لمشروعات "النفايات إلى طاقة" (قرار رئيس الوزراء ٢٠١٩/٤١ بسعر ١,٤ جنيه/ك.و.س) مع توجّهٍ لتوسيع استخلاص غاز المكمّلات ورفع معدّلات التدوير والدفن الصحي، فضلًا عن ممارساتٍ زراعية تُحسِّن

[1] Arab Republic of Egypt. (2024). *First Biennial Transparency Report (BTR1)*. UNFCCC.

[2] Arab Republic of Egypt. (2023). *Egypt's Updated First Nationally Determined Contribution 2030 (Second Update)*. UNFCCC.

[3] Siemens AG. (2018, July 27). *Completion of the world's largest combined cycle power plants in record time – Press release*.

كفاءة التسميد والري. كما وتُحرِّك الحكومة تعبئة التمويل الأخضر عبر منصة "نُوَفِّي/NWFE" التي تَجمع ركائز الماء–الغذاء–الطاقة وتُسهِّل حِزم التمويل الميسّر والاستثمار الخاص، بما يدعم تحقيق أهداف الNDC القطاعية (كهرباء ٣٧%، نفط وغاز ٦٥%، نقل ٧%) تحت إشرافٍ مؤسسي يُعزِّزه تقرير الشفافية الأول[1].

المبحث الرابع: الحوكمة والتمويل والتنسيق المؤسسي للعمل المناخي في مصر

لا يكتمل أي جهد في التخفيف أو التكيف دون إطار حوكمة قوي يضمن التكامل بين القطاعات، وتوفر الموارد المالية اللازمة، والمتابعة والتقييم لتحقيق الأهداف. أدركت مصر أهمية ذلك فقامت بعدة خطوات لتعزيز حوكمة وتنسيق السياسات المناخية:

- **المجلس الوطني للتغيرات المناخية (NCCC):** أنشئ هذا المجلس عام ٢٠١٥ وتم تفعيله بقرار إعادة تشكيل برئاسة رئيس مجلس الوزراء في ٢٠١٩، ويضم في عضويته كافة الوزارات المعنية (البيئة، الخارجية، المالية، الري، الزراعة، الكهرباء، وغيرها)[2]. هذا المجلس هو المنوط برسم السياسات العامة والتنسيق بين الجهات. وهو من طلب إعداد الاستراتيجية الوطنية للمناخ ٢٠٥٠ وتابع إعداد الNDC الجديدة. رغم أن المجلس يمثل منصة جيدة، إلا أن نجاحه يعتمد على انتظام اجتماعاته وقدرته على حل الخلافات بين الوزارات حول الموارد والأولويات. تشير بعض المصادر إلى فجوات سابقة في التنسيق، لكن الوضع يتحسن مع ارتفاع أولوية الملف (برز ذلك خلال تنظيم مصر لمؤتمر COP27 حيث تكاتفت الوزارات المعنية).
- **وزارة البيئة وجهاز شؤون البيئة:** هي الجهة الفنية الرئيسية المعنية بملف المناخ. ورغم محدودية مواردها، فقد أنشأت الإدارة المركزية للتغيرات المناخية التي تتولى إعداد البلاغات الوطنية والتقارير المناخية وتنسيق المشروعات المموّلة دوليًا. كما تعمل كأمانة فنية للمجلس الوطني. تم رفع تمثيل وزارة البيئة في لجان التخطيط الحكومية لضمان دمج الاعتبارات البيئية والمناخية. لكن يبقى التحدي أن سياسات المناخ تتقاطع مع ولايات وزارات عديدة لديها أهداف مختلفة (مثلاً وزارة البترول تسعى لزيادة الإنتاج بينما البيئة تضغط لخفض انبعاثاته). لذا يستمر العمل على مواءمة السياسات عبر خطط مثل تحديث رؤية مصر ٢٠٣٠ للتوافق مع أهداف المناخ[3].

[1] Reuters. (2024, February 28). *Egypt signs 7 green hydrogen MoUs worth a potential $40 billion.*

[2] Climate Change Laws of the World. (2022). Ibid.

[3] UNFCCC/ (2022). Ibid.

- **التمويل الدولي والشراكات:** تدرك مصر أن الفجوة التمويلية كبيرة. لذا فهي نشطة في عقد الشراكات مع مؤسسات دولية. على سبيل المثال، تم توقيع اتفاقية مع صندوق المناخ الأخضر (GCF) لتمويل مشروعات تكيف في الساحل الشمالي (حصلت على ٣١ مليون دولار لمشروع حماية دلتا النيل). أيضًا شراكة مع البنك الدولي لمشروع التأقلم الزراعي (حصلت على قرض ميسر ٥٠٠ مليون دولار لتعزيز القدرة على الصمود الزراعي كجزء من برنامج (NWFE)[1]. كذلك اتفاقيات مع شركاء تنمية (الاتحاد الأوروبي، ألمانيا، بنك الاستثمار الأوروبي) لتوفير منح وقروض لمشروعات الطاقة المتجددة والنقل الكهربائي. خلال COP27، أُعلن عن حزمة مالية بحوالي ١٠ مليارات دولار لدعم محور الطاقة في مبادرة NWFE (تتضمن دعمًا لتحويل ٥ جيجاواط من محطات الغاز إلى ١٠ جيجاواط رياح وطاقة شمسية[2]. رغم ذلك، يبقى التمويل المتاح أقل من المطلوب بكثير كما صرحت الحكومة بأن احتياجات التنفيذ الكاملة للمساهمات تقدر بـ٢٤٦ مليار دولار حتى[3]، وهي تفوق ما تم التعهد به بكثير.
- **إشراك القطاع الخاص:** اتخذت مصر خطوات لتحفيز القطاع الخاص على المشاركة في العمل المناخي سواء بالاستثمار في مشروعات الطاقة النظيفة أو تبني ممارسات صديقة للمناخ. على سبيل المثال، صدر قانون لتنظيم مشاركة القطاع الخاص في تحلية المياه وتوليد الطاقة المتجددة بعقود شراء طويلة الأجل، مما جذب مستثمرين للمجالات التي تخدم التكيف والتخفيف معاً. أيضًا تم إطلاق منصة "الشركات المصرية من أجل المناخ" لتشجيع الشركات على قياس بصمتها الكربونية وخفضها، حيث بدأت بعض البنوك وشركات الاتصالات مثلاً في إعلان خططها للوصول إلى صفر كربون بحلول ٢٠٥٠. هذا التحرك لا يزال في بداياته لكنه مهم لسد فجوة التمويل والتقنية.
- **بناء القدرات والتوعية:** هناك جهود لبناء قدرات الكوادر الحكومية في مجال تغير المناخ، من خلال دورات تدريبية وورش عمل بمساعدة شركاء دوليين، لضمان أن العاملين في الوزارات المختلفة يفهمون أبعاد القضية ويستطيعون إدماجها في عملهم اليومي. من ناحية التوعية العامة، تم إدماج موضوعات المناخ في المناهج الدراسية (بشكل مبسط في مراحل التعليم الأساسي، وبشكل أكثر تعمقًا في التعليم الجامعي خاصة بالكليات العلمية). كما تتزايد حملات التوعية عبر الإعلام ومواقع التواصل، وإن كان

[1] European Bank. (2025). *Egypt - Nexus Water-Food-Energy (NWFE) – Energy Pillar: Incentive Payments*. Ebrd.com. https://www.ebrd.com/home/work-with-us/projects/tcpsd/21695.html

[2] European Bank. (2025). Ibid.

[3] UNFCCC (2022). Ibid.

المجال مفتوحًا لمزيد من المبادرات لرفع الوعي الشعبي بمخاطر المناخ وما يمكن للأفراد فعله (مثل ترشيد الطاقة والمياه، زراعة الأشجار، إدارة المخلفات).

المطلب الأول: الفجوات والتحديات

بالرغم من التقدم المؤسسي، لا تزال هناك تحديات حوكمة. من أبرزها:

- **تداخل الاختصاصات وضعف التنسيق أحيانًا:** مثلًا في ملف السواحل هناك عدة جهات (وزارة الري، البيئة، الإسكان، المحافظات الساحلية) وقد يحدث تضارب أو بطء في التنفيذ بسبب البيروقراطية.
- **نقص البيانات والمعلومات المناخية المحلية التفصيلية:** ما زال تطوير النماذج المناخية المحلية لمصر وتحسين نظم البيانات المناخية مستمر. بدون بيانات قوية، يصعب التخطيط الدقيق. لذا بدأ التعاون مع المراكز البحثية لتحسين هذه الجزئية.
- **الموارد البشرية والمالية المحدودة في الأجهزة المعنية:** إدارة تغير المناخ بجهاز البيئة مثلاً طاقمها ليس كبيرًا، وكذلك وحدات التنمية المستدامة بالوزارات تحتاج دعمًا. التمويل المحلي أيضًا وإن زاد يظل غير كافٍ (مثلاً بند الإنفاق الحكومي على مشروعات التكيف ما زال صغيرًا نسبيًا مقارنة بالإنفاق على مشروعات البنية التحتية المعتادة).
- دمج المجتمعات المحلية: الحاجة إلى آليات لإشراك المجتمع المدني والسكان في رسم وتنفيذ خطط التكيف (مثلاً إشراك المزارعين في رسم خطط إدارة الموارد المائية، أو الصيادين في قرارات تنظيم الصيد مع تغير النظم البيئية). تم إشراك محدود عبر جلسات استماع مثلاً في إعداد الاستراتيجية ٢٠٥٠، لكن يمكن توسيع ذلك.

المطلب الثاني: الفرص مقابل التحديات

هناك فرص مهمة يمكن استثمارها:

- **الزخم الدولي:** استضافة مصر لمؤتمر COP27 في ٢٠٢٢ أعطاها منصة دولية ورفع من سقف الدعم المتوقع. تستطيع مصر البناء على هذا الزخم لجذب المزيد من الشراكات (مثلاً آلية تحويل الديون إلى استثمارات مناخية التي طرحتها مع ألمانيا).
- **الارتباط بأجندة التنمية:** مصر لديها أجندة تنموية طموحة (رؤية ٢٠٣٠)، ودمج المناخ فيها يعزز كفاءة المشاريع. مثلاً مشروع حياة كريمة لتطوير الريف يمكن أن يصبح أكثر استدامة مناخيًا بإضافة مكونات خضراء (كذلك يحدث بشكل أولي).

- **الموقع الجغرافي والتعاون الإقليمي:** كون مصر في موقع محوري، تستطيع قيادة مبادرات إقليمية (كمبادرة التكيف لصمود الزراعة في إفريقيا التي أطلقتها في COP27). التعاون مع دول حوض النيل في التنبؤات المائية وتبادل البيانات المناخية أيضًا فرصة لتقليل المخاطر المشتركة.

بصورة عامة، تسير مصر في اتجاه إيجابي نحو ترسيخ حوكمة فعالة للمناخ، لكن الرحلة تتطلب إصرارًا واستمرارًا في تحسين الأداء المؤسسي وتأمين الموارد. ويظل المفتاح هو الإرادة السياسية التي تبدو متوفرة حاليًا لدفع هذا الملف، مدعومة بوعي شعبي متزايد مع معاينة الناس لبعض آثار التغيرات المناخية في حياتهم اليومية.

المبحث الخامس: السياسات المقترحة والتوصيات الإستراتيجية

المطلب الأول: مصفوفة سياسات التخفيف والتكيف حسب القطاع

يوضح الجدول التالي ملخصًا للإجراءات والسياسات الرئيسية التي اتخذتها أو تخطط لها مصر في مجالي التخفيف والتكيف عبر القطاعات المختلفة، مع بيان الأولويات الحالية ومستويات التقدم:

القطاع	التحديات المناخية الرئيسية	إجراءات التخفيف (خفض الانبعاثات)	إجراءات التكيف (بناء المرونة)
الموارد المائية	- تذبذب إيراد النيل (جفاف/فيضانات) - ارتفاع الطلب ونقص المعروض - تملح الدلتا بارتفاع البحر	*لا ينطبق (التركيز على التكيف)*	- ترشيد الري وتبطين الترع (تأهيل ٢٠,٠٠٠ كم) - تحلية مياه البحر (خطة ٢,٥ مليون م³/يوم) - إعادة استخدام مياه الصرف (مشاريع بحر البقر وغيرها) - حصاد مياه الأمطار وبناء سدود السيول
الزراعة	- ارتفاع الحرارة يؤثر على الغلة - شح مياه الري - آفات وأمراض جديدة	- تحسين كفاءة استخدام الأسمدة (خفض N_2O) - منع حرق المخلفات الزراعية (خفض CH_4/CO_2)	- استنباط أصناف مقاومة للجفاف/الحرارة - تغيير مواعيد الزراعة وتقصير المواسم

		- مشروعات البيوجاز من روث الماشية (خفض CH_4)	- نشر الري بالتنقيط في الحقول (مليون فدان مستهدف) - دعم صغار المزارعين بالتقنيات والتأمينات الزراعية
الطاقة والكهرباء	- ارتفاع الطلب على التبريد - انخفاض كفاءة المحطات بالحرارة - مخاطر على التبريد المائي	- ٤٢% كهرباء متجددة بحلول ٢٠٣٥ - محطات غازية عالية الكفاءة (٦٠%) - مشروعات رياح/شمس جديدة (١٠ جيجاواط مخطط ضمن NWFE) - خطط للهيدروجين الأخضر (تصدير واستخدام محلي)	- تصميم المحطات لتحمل الحرارة (تبريد جاف ومياه بحر) - تعزيز الشبكة لمجابهة الأحمال الزائدة - تنويع مزيج الطاقة لضمان المرونة (تكامل شمسي-غازي مثلاً لتغطية النقص في الشمس)
النقل	- زيادة انبعاثات المركبات مع النمو السكاني - الحرارة تؤثر على البنية التحتية (طرق، سكك)	- توسيع المترو والنقل الكهربائي (١٠٠ حافلة كهربائية قيد التشغيل بالقاهرة - تحويل المركبات للغاز الطبيعي (آلاف التاكسي والميكروباص) - معايير كفاءة الوقود للمركبات	- تصميم الطرق والكباري لمقاومة الحرارة والسيول - إنشاء طرق بديلة وخطط طوارئ مرورية أثناء الكوارث - تحسين وسائل النقل العام يقلل تكدس المرور وبالتالي يسهل الإخلاء وقت الأزمات - برامج تدريب للسائقين على التعامل في الظروف المتطرفة (ضباب، عواصف)

		- تشجيع السيارات الكهربائية باستراتيجية وطنية	
الصناعة	- حرارة الجو تؤثر على العمليات - انبعاثات عملية (أسمنت، أسمدة)	- تحسين كفاءة الطاقة في المصانع (برامج بدعم UNIDO) - التحول للغاز الطبيعي والوقود البديل - التقاط الغاز من العمليات (مثال: استرجاع CO_2 من صناعة الأسمدة لاستخدامه صناعيًا) - خطط لنقل بعض الصناعات لمناطق طاقة متجددة (مثل مجمعات الهيدروجين الأخضر)	- تبريد أفضل لبيئات العمل لحماية العمال - جداول عمل صيفية مرنة (تجنب الظهيرة) - تأمين إمدادات المياه للصناعة عبر إعادة التدوير واستخدام مياه أقل جودة لبعض العمليات - تنويع مصادر الخام لتفادي انقطاع سلاسل الإمداد بسبب أحداث مناخية عالمية
الصحة	- موجات حر تؤثر على الفئات الضعيفة - انتشار محتمل لأمراض جديدة - سوء التغذية مع تأثر الغذاء	- (انبعاثات الصحة قليلة، تتركز الجهود على التكيف)	- خطط لموجات الحر (إنذار مبكر + تجهيز مستشفيات) - ترصد وبائي لمسببات الأمراض الناشئة (مثل حمى الضنك) - حملات توعية صحية عامة (شرب المياه، حفظ الطعام) - تحسين خدمات الإسعاف والطوارئ للتعامل السريع مع الكوارث

السواحل	- ارتفاع مستوى البحر (غمر وملوحة) - عواصف ساحلية عنيفة - تآكل الشواطئ	- (انبعاثات قليلة من السواحل بحد ذاتها)	- إنشاء حواجز أمواج وسدود حماية (عشرات الكيلومترات) - مشاريع تغذية الشواطئ بالرمال (sand nourishment) - تطوير خطط إخلاء وإعادة توطين إذا لزم (كإجراء مستقبلي) - حماية بحيرات الساحل وتنميتها كمصدات طبيعية وكسباط للمياه الزائدة
البنية التحتية/الحضر	- السيول تغرق المدن غير المهيأة - الجزر الحرارية في المدن - تأثيرات على الطرق والكهرباء	- إنارة الشوارع بالطاقة الشمسية - استخدام مواد إنشاء أقل انبعاثًا (مثل أسمنت صديق للبيئة) - زيادة التشجير الحضري يمتص بعض الكربون أيضًا	- تحديث شبكات تصريف الأمطار بالمدن (مشاريع بالقاهرة والإسكندرية) - تشجير المدن (١٠٠ مليون شجرة) لخفض الحرارة - كود بناء مراعي للمناخ (مواد عازلة، ارتفاعات) - تطوير العشوائيات وإزالة المباني من مناطق الخطر (إخلاء مناطق مخرات السيول)

ملاحظة: يبين العمودان الأخيران كيف أن بعض الإجراءات تساهم في التخفيف والتكيف معًا (مثل زيادة المساحات الخضراء في المدن تخفف حرارة الصيف وتسهم قليلًا في امتصاص الكربون). ويتم ترتيب الأولويات بناءً على تقييم الخبراء المحليين؛ فمثلًا يحتل ترشيد المياه والزراعة الذكية قمة أولويات التكيف، بينما الطاقة المتجددة والنقل النظيف على رأس أولويات التخفيف.

المطلب الثاني: التوصيات الختامية وترتيب الأولويات

خلصت هذه الدراسة إلى أن مصر أحرزت تقدمًا معتبرًا في التصدي لتحديات تغير المناخ، لكنها تواجه طريقًا طويلًا لتحقيق الصمود الكامل والتنمية منخفضة الكربون. وفيما يلي التوصيات الرئيسية لتعزيز العمل المستقبلي، مرتبة حسب الأولوية:

أ. **تعزيز تكامل السياسات والتخطيط المناخي الشامل:** ينبغي الاستمرار في دمج خطط المناخ ضمن خطط التنمية الوطنية، والتأكد من أن المشاريع الكبرى (البنية التحتية، المدن الجديدة، مشروعات التحديث الزراعي) مصممة وفق سيناريوهات المناخ المستقبلية. يتطلب ذلك تفعيل دور المجلس الوطني للمناخ ورفع مستوى التنسيق بين الوزارات لضمان عملها بتجانس نحو الأهداف المناخية المشتركة. كما يوصى بإجراء تقييم مناخي لأي سياسة جديدة (Climate Policy Screening) لقياس تأثيرها المحتمل على الانبعاثات أو قابلية التأثر قبل إقرارها.

ب. **تأمين التمويل المستدام وتنويع مصادره:** نظرًا لحجم الاستثمارات المطلوبة، يجب على مصر تنويع آليات تمويل المناخ. من التوصيات توسيع إصدار السندات الخضراء محليًا ودوليًا، وخلق حوافز لجذب الاستثمار الخاص (مثلاً ضمانات حكومية أو إعفاءات ضريبية لمشروعات الطاقة النظيفة والتحلية والزراعة الذكية). كما ينبغي السعي للحصول على منح وقروض ميسرة إضافية عبر الدبلوماسية المناخية النشطة، لاسيما من خلال مبادرات مثل Debt-for-Climate Swap (مبادلة الديون بالاستثمار في المشروعات الخضراء). داخليًا، ربما النظر في فرض رسم كربون محلي تدريجي على الصناعات كثيفة الانبعاث واستخدام حصيلته في تمويل إجراءات التكيف في المجتمعات المحلية المتضررة.

ت. **الاستثمار في البحث العلمي وبناء القدرات المحلية:** توصي الدراسة بإعطاء أولوية لتطوير النماذج المناخية المحلية عالية الدقة لمصر ومنطقة النيل، وإجراء المزيد من البحوث حول تأثيرات المناخ على المستوى المحلي (مثل بحوث إنتاج أصناف زراعية مقاومة، ودراسات اقتصادية حول تكاليف عدم التكيف). كما ينبغي دعم مراكز الإنذار المبكر بالأدوات والمهارات الحديثة. ويشمل ذلك تدريب الكوادر الوطنية في مجالات علم المناخ، والهندسة المناخية، وتمويل المناخ، حتى تكون مصر قادرة على إدارة ملفاتها دون اعتماد كامل على الخبرة الأجنبية. المشاركة في مبادرات إقليمية ودولية للبحث والتطوير (كالشبكة الإفريقية لمراكز المناخ) ستفيد في تبادل المعرفة.

ث. **تمكين المجتمعات المحلية وإشراكها:** التوصية هنا بتطبيق نهج التكيف المجتمعي (Community-based Adaptation). مثلاً، دعم تكوين لجان شعبية في القرى المعرضة للسيول لتشارك في وضع خطط

الطوارئ، أو جمعيات لمستخدمي المياه لإدارة توزيعات الري في سنوات الشح. كما يجب توسيع مظلة الحماية الاجتماعية لتشمل المتضررين من آثار المناخ (عمالة زراعية فقدت دخلها بسبب جفاف، صيادين تراجع صيدهم بسبب اضطراب المواسم). إشراك السكان في الحلول يزيد فعاليتها واستدامتها. إعلاميًا، تعزيز حملات التوعية العامة بشكل مستمر سيخلق ثقافة مناخية تدعم السياسات (مثلًا تقبل أكثر لإعادة استخدام المياه أو تطبيقات الطاقة المتجددة اللامركزية).

ج. **تطوير نظام متابعة وتقييم (M&E) قوي للمناخ:** لضمان تنفيذ الاستراتيجيات وتحقيق النتائج، يجب إنشاء مؤشرات أداء واضحة لكل من خطط التخفيف والتكيف، وجمع البيانات وقياس التقدم دورياً. على سبيل المثال: مؤشر لقياس نسبة انخفاض استهلاك المياه الزراعية مقارنة بالهدف، أو مؤشر لزيادة حصة المتجددة سنويًا، ومؤشر لعدد المستفيدين من أنظمة الإنذار المبكر. مثل هذه المؤشرات تُمكّن صانعي القرار والجمهور من تقييم النجاح وتصحيح المسار. وقد أشارت استراتيجية المناخ ٢٠٥٠ إلى ضرورة وجود نظام MRV شامل وهو ما نؤكد عليه. كما نوصي بنشر تقرير سنوي شفاف عن حالة المناخ وجهود مصر (ربما تحت مسمى "تقرير حالة المناخ والتنمية في مصر") ليكون مرجعاً للمساءلة المجتمعية والدولية.

ح. **التركيز على حلول "مكاسب مشتركة" (Synergies):** هناك كثير من الإجراءات التي تحقق أهداف التكيف والتخفيف معًا وتدعم التنمية، فيجب إعطاؤها أولوية. منها على سبيل المثال: الزراعة الملحية (استغلال المياه المالحة لزراعة نباتات يتحمل ملوحتها كنوع من التكيف، وتستخدم أيضًا كمحاصيل طاقة حيوية للتخفيف)، وتحسين كفاءة الطاقة في محطات ضخ المياه (يخفض الانبعاثات ويوفر مياه)، وإعادة تأهيل النظم البيئية كالأراضي الرطبة في الدلتا (توفر حماية طبيعية ساحلية وتمتص الكربون). تبني منظور الحلول متعددة المنافع سيضمن استثمار الموارد في مشاريع تحقق أكبر عائد شامل.

خ. **سد فجوات البيانات والبحوث المستقبلية:** حددت المراجعة بعض فجوات البحث التي تحتاج إلى اهتمام. منها: دراسات أشمل حول تأثير تغير المناخ على قطاع السياحة (خاصة في البحر الأحمر)، وعلى البيئة البحرية والثروة السمكية في النيل والبحيرات الشمالية؛ تقييمات اقتصادية مفصلة لتكاليف التكيف مقابل كلف عدم التكيف في كل قطاع؛ أبحاث اجتماعية عن مدى وعي المجتمع بالتغير المناخي وقدرته على الاستجابة (الجانب السلوكي مهم في نجاح السياسات). سد هذه الفجوات عبر بحوث ميدانية ونمذجة علمية سيكون ضروريًا لتحسين التخطيط المستقبلي.

الاستنتاجات

توصلت الدراسة إلى عدة استنتاجات رئيسية:

أولاً، تواجه مصر تحديات مناخية متزايدة الخطورة، حيث ترتفع درجات الحرارة بمعدل ٠,٥٣°م لكل عقد خلال الثلاثين عاماً الماضية، مع توقع ارتفاع إضافي ١,٥-٣°م بحلول ٢٠٥٠، وارتفاع مستوى البحر بحوالي ٠,٢٤ متر في السيناريوهات المعتدلة.

ثانياً، تتباين قابلية التأثر عبر القطاعات، حيث تُعد الموارد المائية والزراعة والمناطق الساحلية الأكثر تأثراً، بينما تواجه قطاعات الطاقة والصحة والبنية التحتية تحديات متوسطة قابلة للإدارة بالتخطيط المناسب.

ثالثاً، أحرزت مصر تقدماً ملحوظاً في سياسات التخفيف من خلال التوسع في الطاقة المتجددة (هدف ٤٢% بحلول ٢٠٣٥) ومشروعات الهيدروجين الأخضر، وفي سياسات التكيف عبر ترشيد المياه والزراعة الذكية مناخياً وحماية السواحل.

رابعاً، تواجه منظومة الحوكمة والتمويل المناخي تحديات في التنسيق المؤسسي وحشد الموارد المالية الكافية، رغم التقدم في إنشاء المجلس الوطني للمناخ ومنصة "نُوَفّي".

خامساً، تتطلب تحديات المناخ في مصر نهجاً متكاملاً يجمع بين التخفيف والتكيف مع التركيز على حلول "المكاسب المشتركة" التي تحقق أهدافاً متعددة في آن واحد.

الخاتمة

في الختام، تؤكد الدراسة أن التغيرات المناخية في مصر ليست تحديًا مستقبليًا بعيدًا، بل واقعٌ بدأ بالفعل في التأثير على جوانب الحياة المختلفة. ورغم أن مصر مساهم صغير نسبيًا في الانبعاثات العالمية، إلا أنها تظهر التزامًا برفع طموحها في التخفيف انطلاقًا من مسؤوليتها وأيضًا رغبتها في تحقيق تنمية نظيفة. وعلى الصعيد المحلي، يمثل التكيف مع المناخ مسألة أمن قومي لضمان استدامة الموارد خاصة المياه والغذاء وحماية المواطنين والبنية التحتية. لقد قطعت مصر شوطًا مهمًا في بناء الأسس المؤسسية ووضع الاستراتيجيات، وحان وقت التركيز على التنفيذ الفعّال والسريع لأن نافذة الوقت تضيق كلما اشتدت آثار تغير المناخ. إذا نجحت مصر في حشد مواردها وإمكانياتها العلمية والبشرية، وبدعم الشركاء الدوليين، فبإمكانها تحويل التحدي المناخي إلى فرصة للابتكار والتحول نحو اقتصاد أكثر اخضرارًا ومرونة. وستكون رحلة التكيف والتخفيف هذه جزءًا من نهضة تنموية شاملة تحافظ على حقوق الأجيال الحالية والقادمة في العيش بأمان وكرامة في ظل مناخ متغير.

قائمة المراجع

1. Ali, E., Cramer, W., Carnicer, J., Georgopoulou, E., Hilmi, N., Le Cozannet, G., Lionello, P., Pörtner, H.-O., Roberts, D., Tignor, M., Poloczanska, E., Mintenbeck, K., Alegría, A., Craig, M., Langsdorf, S., Löschke, S., Möller, V., Okem, A., Rama, B., & Germany, R. (2022). *SPM 2233 CCP4 Mediterranean Region Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. 2233–2272. https://doi.org/10.1017/9781009325844.021
2. Arab Republic of Egypt. (2023). *Egypt's Updated First Nationally Determined Contribution 2030 (Second Update)*. UNFCCC.
3. Arab Republic of Egypt. (2024). *First Biennial Transparency Report (BTR1)*. UNFCCC.
4. Atlantic Council. (2025). *Climate profile: Egypt*. Atlantic Council. https://www.atlanticcouncil.org/programs/middle-east-programs/rafik-hariri-center-for-the-middle-east/empowerme/macromena/climate-profile-egypt/
5. Climate Change Laws of the World. (2022). *Egypt National Climate Change Strategy (NCCS) 2050 - Climate Change Laws of the World*. Climate-Laws.org. https://climate-laws.org/document/egypt-national-climate-change-strategy-nccs-2050_d3b1
6. Egyptian Ministry of Environment. (2022). *Egypt National Climate Change Strategy 2050*. https://www.eeaa.gov.eg/Uploads/Topics/Files/20221206130720583.pdf
7. European Bank. (2025). *Egypt - Nexus Water-Food-Energy (NWFE) – Energy Pillar: Incentive Payments*. Ebrd.com. https://www.ebrd.com/home/work-with-us/projects/tcpsd/21695.html
8. International Energy Agency [IEA]. (2023, July 3). *National Climate Resilience Assessment for Egypt – Analysis - IEA*. IEA. https://www.iea.org/reports/national-climate-resilience-assessment-for-egypt
9. Nicholls, R., Hinkel, J., Lincke, D., & van. (2019). Global investment costs for coastal defense through the 21st century - ePrints Soton. *Soton.ac.uk*. https://eprints.soton.ac.uk/428681/1/Nicholls.sg1b_corrected.docx

10. Perez, N. D., Kassim, Y., Ringler, C., Thomas, T. S., & ElDidi, H. (2021). *Climate change and Egypt's agriculture*. Intl Food Policy Res Inst.
11. Reuters. (2024, February 28). *Egypt signs 7 green hydrogen MoUs worth a potential $40 billion*.
12. Siemens AG. (2018, July 27). *Completion of the world's largest combined cycle power plants in record time – Press release*.
13. The World Bank Group. (2022). *Country Climate and Development Report: Egypt*. https://documents1.worldbank.org/curated/en/099510011012235419/pdf/P17729200725ff0170ba05031a8d4ac26d7.pdf
14. United Nations Framework Convention on Climate Change [UNFCCC]. (2022). *Egypt's First Updated Nationally Determined Contributions*. https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-07/Egypt%20Updated%20NDC.pdf.pdf
15. World Bank. (2023, August 29). *Electric Buses Will Help Cairo*. World Bank. https://www.worldbank.org/en/news/feature/2023/08/29/electric-buses-will-help-cairo-move-toward-a-greener-future
16. عثمان، صابر. (٢٠٢٢). تأثير التغييرات المناخية على مصر وآليات المواجهة. دورية الملف المصري الإليكترونية، العدد ٩٩. https://acpss.ahram.org.eg/Esdarat/MalafMasry/99/files/downloads/Mallf-99-November-2022-Final.pdf