للتنظيم
المجلة العربية للعلوم
جامعة الدول العربية
المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم
مجلة سنوية / المجلد 20 / العدد42 / 2024
المنظمة
العربية
للتربية
والثقافة
والعلوم

ألكسو
ALECSO
المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم

المجلة العربية للعلوم

مجلة سنوية المجلد 20 العدد 42

هيئة التحرير

المدير المسؤول: أ.د محمد ولد أعمر

رئيس التحرير: أ.د محمد سند ابودرويش

إشراف

أ.إيلاف سلامة

مصمم

م. حمدي العياري

اللجنة العلمية

أ.د. حسين عزيز صالح

أ.د المعتز بالله سعيد

أ.د علي اللامي

أ.د عصام شحرور

أ.د حنان الملكاوي

أ.د موزة الربان

إن الآراء والأفكار المنشورة تُلزم كُتابها وهي لا تعبر بالضرورة على وجهة نظر المنظمة
يُسمح باستعمال ما ورد في هذا العدد استعمالا غير تجاري بشرط الإشارة إلى مصدرها

المراسلات العامة: المجلة العربية للعلوم

الهاتف: 900 013 70 (216+)الفاكس: 668 948 71 (216+) العنوان الالكتروني :

llef.slama@gmail.com

المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم

القباضة الاصلية 1000 تونس ص. ب. 1120 -

المجلة العربية للعلوم

ISSN 0330-700X

مطبعة المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم

جميع حقوق الطبع والنشر محفوظة للمنظمة

المحتويات	الصفحة
كلمة التحرير	**5**
مقالات وبحوث	**6**
استخدام آلية عمل النمل في دعم إدارة الموارد المائية في الساحل السوري خلال الأزمات وما بعدها **أ.د حسين عزيز صالح**	**7**
Allelopathic Effects of Aqueous Extracts of Mesquite on Two Arid Plant Species **Areej A. Al Musalami Hassan A. Al-Reasi**	**35**
دور برامج الدراسات العليا بالجامعات العمانية في تعزيز الشراكة المجتمعية تحقيقاً لأهداف التنمية المستدامة **د. مشاعل بنت عوض بن محمد الصيعري**	**59**
علم الجغرافيا والمنصات التعليمية الرقمية: المزايا والنواقص دراسة نماذج **حسناء طنورجي نادية عاتقي إبراهيم كيدو كريمة أسكساي**	**87**
تقييم دور الفاعل السياسي في تدبير الإكراهات البيئية بالأوساط الحضرية شمال شرق شبه الجزيرة الطنجية **رشيد أزكاغ**	**100**
Recent Advances in Arabic Text Classification: A Survey on the Use of Convolutional Neural Networks (CNNs) **Khaled Abdo-alghder SOUAD LARABI Amal O.Saad**	**111**
الأمن الزراعي وعلاقته بالتغيرية المطرية بالبيئات شبه الجافة بالمغرب حالة إقليم خريبكة **المصطفى لبيبي بشرى حساني محمد الراضي**	**134**
دراسة العدد	**147**
انبعاثات الغازات الدفيئة من قطاع المباني والإنشاءات (الأسباب والمعالجات المستدامة المطروحة) **أ.د خالد حسين محمد**	**148**

كلمة التحرير

تسعى المنظمة منذ إنشائها إلى مواكبة التطورات العلمية التي ما انفكت تتسارع خصوصا في العشرية الأخيرة، فقد أصبحت البحوث العلمية أكثر كفاءة وتنافسا بين صفوف الخبراء والعلماء وتلعب المنظمة دورا هاما ورائدا في هذا المجال، حيث إنها تُسهم في خلق جسر تواصل بينها وبين الهياكل والمؤسسات الداعمة للبحث العلمي في الوطن العربي وخارجه وذلك بمعية مجموعة من الخبراء والأكاديميين والباحثين سعيا المشاركة في مواكبة الحضارة العلمية الحديثة والقائمة أساسا على العلم والمعرفة ونشر البحوث.

كما تسعى المنظمة من خلال نشر مقالات وبحوث علمية بالمجلة العربية للعلوم إلى محاولة سد الثغرة التي تشكو منها ثقافتنا العربية الراهنة والمتمثلة أساسا في محدودية نشر المعرفة العلمية، والعمل بذلك على نشر المعرفة العلمية في صفوف الجماهير بصفة عامة وبين فئة الشباب العربي بصفة خاصة.

انطلقت المنظمة منذ 1982 في إصدار مجلة العلوم وقد لاقت رواجا كبيرا بين صفوف القراء حيث كان لها الاثر من خلال الدقة والتنوع في اختيار المقالات إضافة إلى الحرص على مواكبة آخر التطورات العلمية في الوطن العربي والعالم، وقد توقف إصدارها لمدة زمنية محدودة لتعود المنظمة لنشرها في حلة جديدة وتكون مجلة عربية محكمة، تنشر مقالات باللغة العربية والانجليزية وتخضع لشروط نشر مطابقة لقواعد بيانات المجلات العربية المحكمة لهدف الوصول لتصنيف المجلات العالمية

ونحن نضع بين أيديكم اليوم هذا العدد من المجلة على أن تكون الأعداد المقبلة أكثر تمكنا ودقة.

رئيس التحرير

مقالات وبحوث

استخدام آلية عمل النمل في دعم إدارة الموارد المائية في الساحل السوري خلال الأزمات وما بعدها

الأستاذ الدكتور المهندس حسين عزيز صالح[1]

المعهد العالي للبحوث والدراسات الزلزالية- جامعة دمشق

الملخص: يعاني 2.7 مليار شخصا على الأقل في جميع أنحاء العالم من أزمة ندرة المياه الآخذة في الازدياد، حيث من المحتمل أن تُسبّب هذه الندرة صراعات وحروباً بين معظم دول العالم التي تتنافس في الحصول على موارد المياه المتناقصة باستمرار. تتزايد الضغوط على نحوٍ خطير على هذه الموارد ذات الأهمية الاستراتيجية للتنمية الشاملة في سورية (ولا سيَّما في مرحلة إعادة الإعمار)، إذْ يمكن أن تكون الضغوط الحالية والمستقبلية كثيرة ومعقدة (مثلاً، الفيضانات المفاجئة، انهيار السدود، الاستغلال المفرط للمياه الجوفية، تناقص المياه السطحية، تسرب مياه البحر، الترشيح وتدهور نوعية المياه، تغير المناخ، ضغوط التنمية الاجتماعية والاقتصادية، تأثير الحروب والأزمات المستمرة على قطاع المياه المتزامن مع تفشي الأوبئة، إلخ). تعرض هذه الورقة منهجية علمية تطبيقية باستخدام مبدأ عمل النمل المبني على الذكاء الاصطناعي والجيومعلوماتية لدعم اتخاذ القرار في إيجاد الحلول العملية لتحسين التخطيط والتطوير المستديم للإدارة المتكاملة للموارد المائية في المنطقة الساحلية السورية. تهدف هذه المنهجية إلى تلبية الاحتياجات الأساسية لاستخدامات المياه، مع إمكانية تطبيقها في جميع الأقاليم القاحلة وشبه القاحلة في سورية والدول العربية، وخاصة خلال حدوث الكوارث المتزامن مع تفشي الأوبئة والأمراض التي يمكن أن تزيد من مشكلات المياه وتعقيداتها.

الكلمات المفتاحية: الأمن المائي، دعم القرار، المناطق القاحلة، إدارة الكوارث، الذكاء الاصطناعي، التقنيات الجيومعلوماتية.

[1] دكتوراه في الهندسة الجيوماتية والذكاء الاصطناعي، جامعة است لندن 2000، بريطانيا. دكتوراه في إدارة الكوارث والتخطيط الأقليمي والبيئي 2017، جامعة غنيت، بلجيكا. مدير عام سابق للهيئة العليا للبحث العلمي - سورية.
hussain.saleh@damascusuniversity.edu.sy، hussainazizsaleh@gmail.com، 00963966332133

A smart ant mechanism of action to support the management of water resources in the Syrian coastal region during and after crises

Abstract: At least 2.7 billion people worldwide suffer from an ever-increasing water scarcity crisis, which is likely to cause conflict and war between most of the world's nations competing for access to ever-diminishing water resources. The pressures are seriously increasing on these resources that are of strategic importance for the comprehensive development in Syria, and the current and future pressures can be many and complex (for example, sudden floods, collapse of dams, overexploitation of groundwater, diminishing surface water, seawater intrusion, leaching and deteriorating water quality, climate change, social and economic development pressures, the impact of wars and ongoing crises on the water sector coinciding with the outbreak of the pandemics, etc.). This paper presents an applied scientific methodology using the principle of ant work based on artificial intelligence and geo-information to support decision-making in finding practical solutions to improve planning and sustainable development of water resources in the Syrian coastal area. This methodology aims to meet the basic needs of water uses, with the possibility of its application in all arid and semi-arid regions in Syria and Arab countries, especially during the occurrence of disasters and crises (e.g., the outbreak of the pandemics and diseases) that can increase water problems and complications.

Key words: water resources, arid and semi-arid regions, Syrian Coastal Region, outbreak of pandemics, artificial intelligence, ant system algorithm, and geoinformatics technologies.

1. مقدمة:

تُعدُّ إدارة الموارد المائية من أهم القضايا التي تواجه العالم، فالمياه العذبة ضرورية لبيئة صحية وازدهار اقتصادي ورفاهية مجتمعية. في هذا المجال، تواجه الدول العربية اليوم مشكلة مائية خطيرة، حيث تغطي الصحاري الكثير من أجزائها، والأمطار فيها قليلة وغير منتظمة، وتهطل في أوقات متباعدة زمنياً ومكانياً. علاوة على ذلك، فإن درجات الحرارة المرتفعة خلال معظم شهور العام بسبب التغير المناخي تزيد من تفاقم هذه المشكلة، مؤديةً إلى التفشي المتكرر للأوبئة المُعدية ذات التهديد الخطير على معظم المجتمعات. في الوقت الحالي تتناقص موارد المياه العذبة في معظم أنحاء العالم مع تجاوز الطلب للعرض المتاح بشكل كبير، حيث من المتوقع أن 90% من المياه العذبة المتاحة يمكن استهلاكها بحلول عام 2025. تعاني سورية، مثل معظم الدول العربية من انخفاض معدل هطول الأمطار، حيث من المحتمل أن يزداد الوضع سوءاً، وبالتالي لا يمكنها تلبية احتياجاتها الحالية من المياه (ACSAD, 2010).

توجد دراسات مرجعية عدّة وقيّمة تصف موارد المياه ومشكلاتها، لكن معظمها لم تُقدِّم حلولاً عملية ومبتكرة للتعامل السليم مع هذه الموارد والقضايا الأخرى ذات الصلة بقطاع المياه. تعرض هذه الورقة منهجية علمية تطبيقية مبنية على خوارزميات الذكاء الاصطناعي (Artificial Intelligence, AI) والتقنيات الجيومعلوماتية (Geo-information Technologies, GT) بهدف دعم النظام الذكي في اتخاذ القرار الأكثر مناسبة (Intelligent Decision Support System, IDSS) لتحسين التخطيط والتطوير الدائم والمستمر للموارد المائية في الإقليم الساحلي السوري. ثم تتناول الورقة المشكلات والتحديات الرئيسة في إدارة هذه الموارد والحاجة الملحة لإدارة الطلب على المياه في سورية، وتناقش وتُحلل المخرجات العلمية البحثية، وكيف يمكن تعميمها وتطبيقها على جميع الأقاليم السورية وفي البلاد العربية والإقليمية والدولية المشابهة لوضع سورية البيئي. تُختم الورقة ببعض الاستنتاجات والعمل المستقبلي.

جدول 1. توافر المياه العذبة للفرد سنوياً في سورية خلال الفترة (1995-2050) (ACSAD, 2010)

Water Availability m^3/capita/year in Syria (1995-2050)							
1995	1990	2000	2003	2010	2015	2025	2050
6,500	**2,087**	**1,250**	**1,250**	**900**	**850**	**732**	**600**

2- الضغوط المؤثرة على قطاع المياه في سورية:

إنّ تعريف الأمم المتحدة لدولة تحت ضغط الماء هو عندما يكون متوسط نصيب الفرد من المياه المتاحة سنوياً (Available Water Per Capita, AWPC) أقل من 1500 $م^3$، وندرة المياه (Water Scarcity) أقل من 1000 $م^3$، وضغط الماء الشديد (Severe Water Stress) أقل من 500 $م^3$. وفقاً لهذا التعريف وكما هو موضح في الجدول 1، لا تكاد الموارد المائية المتجددة في سورية تغطي الاحتياجات البشرية، وبالتالي يمكن تصنيف سورية كدولة شحيحة في المياه، وإن الحصة السنوية للشخص الواحد (Annual Share per Person, ASP) من المصادر المائية المتاحة غير كافية لتلبية الطلب المتزايد. تُبين مصادر المياه العذبة المتجددة (Renewable fresh WRs) للفترة 1955-2050، أنّ سورية قد وصلت بالفعل إلى مرحلة ندرة المياه التي تتصف بالانخفاض النسبي لمعدل هطول الأمطار، وأنّ استخراج المياه أعلى من مستواه الطبيعي. بالجمع بين توقعات هطول الأمطار مع الطلب على المياه، انخفضت الحصة السنوية للشخص الواحد الفعلية والمتوقعة من المصادر المائية المتاحة خلال الفترة 2004-2009 بسبب الجفاف والطلب الكبير على المياه،

ووصلت إلى 953 م^3/فرد/سنة في عام 2009، ومن المتوقع أن تنخفض إلى 479 م^3/فرد/سنة في عام 2025 بسبب محدودية مصادر المياه المتاحة (MoWRs, 2010).

1-2 الضغوط الحالية والمستقبلية على موارد المياه في سورية:

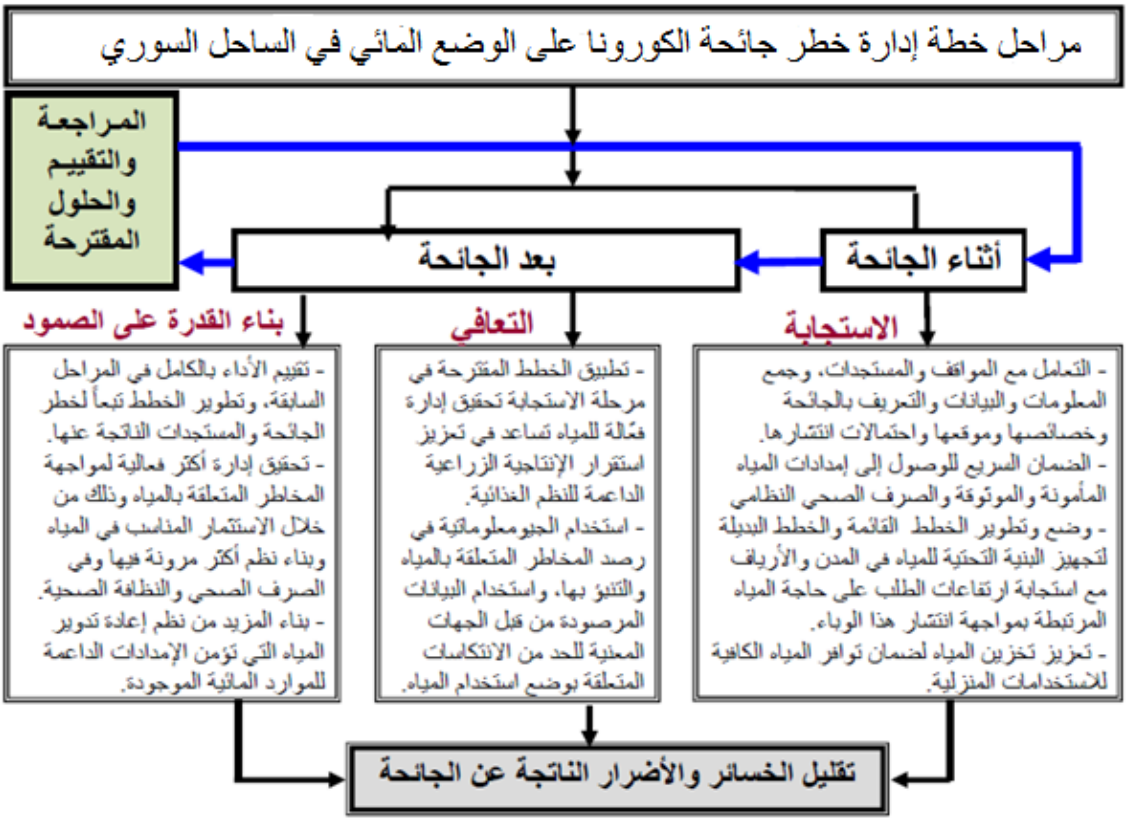
مع دخول الحرب الحالية على سورية عامها الثالث عشر منذ أذار2011، تواجه البلاد عدداً من التحديات المتعلقة بحالة المياه، (خاصة في المناطق المتأثرة بالحرب) مثل: الحصول على المياه النظيفة، استمرار تدهور الصرف الصحي والنظافة الصحية، الضرر الكبير الذي لحق بمحطات وخطوط الضخ وغيرها من البنى التحتية للمياه، انخفاض ضخ المياه بنسبة تصل إلى 90% (Saleh, 2017)، تعرض شبكات إمداد المياه للتخريب وانهيار منظومة المياه، تشريد السكان الذين يعيشون في ملاجئ جماعية ذات إمدادات مياه محدودة، حيث إن معظم هذه الملاجئ تستضيف ما يصل إلى 600 أسرة لكل ملجأ (UNICEF, 2013). لقد دُمرتْ البنية التحتية الخاصة بنقل المياه ومحطات الضخ وخطوطها في ريف دمشق خلال شهر كانون الأول 2016، مؤدياً ذلك إلى انقطاع إمدادات المياه من نبعي بردى وعين الفيجة اللذين يخدمان نحو 70% من مدينة دمشق والمناطق المحيطة بها. إنّ قطع المياه عن أكثر من سبعة ملايين شخص في مدنية دمشق كاد يتسبب في كارثة إنسانية تؤدي إلى تفشي أمراض تُنقل من خلال المياه الملوثة، علاوة على العبء المالي الزائد على الناس بسبب شراء المياه (Saleh, 2017). وفي الشمال السوري، تتعرض إمدادات مياه نهر الفرات من تركيا للتقليص بسبب إقامة السدود من جهة وتداعيات الحرب الحالية من جهة أخرى. وفي الجنوب السوري، لا يزال التأثير الشديد بالغاً بسبب استيلاء الاحتلال الإسرائيلي على مرتفعات الجُولان المحتلة التي تمتاز بغزارة مياه الأَمطار السنوية بكمية تُقارب 1.38 مليار م^3 سنوياً، وإقامته عدداً مِن المشاريع المائية (مثلاً: مشروع رام بكمية تقدر بحوالي 400 أَلف م^3) (Saleh, 2017).

2-2 تداعيات الحرب المستمرة منذ آذار 2011 على الوضع المائي في الساحل السوري:

إن كل هذه الضغوط والتأثيرات المذكورة أعلاه، بالإضافة للتداعيات الحالية لتأثير الحرب المستمرة منذ آذار 2011، وزيادة خطر إصابة السكان بفيروس كورونا من المتوقع أن تؤدي إلى تفاقم الوضع بشدة مع فصل الصيف الأكثر جفافاً والأكثر حرارة، وإلى أمطارٍ شتوية شديدة ومتفرقة (Jerving, 2020). إنّ هذا سوف يخلق في المستقبل القريب جداً قضايا معقدة متعلقة بأمن إمدادات المياه وصحة بيئة المياه، لذلك من الأهمية بمكان مواجهة هذه الضغوط من خلال تغيير السلوك الحالي لإدارة الموارد المائية والسعي لخفض مستويات استهلاك المياه (Saleh *et al.*, 2016). يمكن رؤية تأثير هذه الحرب بشكل واضح على الإقليم الساحلي السوري الذي يستضيف ملايين عدّة من المواطنين السوريين النازحين داخلياً من المدن الأخرى التي تأثرت بالحرب. لقد ارتبط وجود هؤلاء المواطنين النازحين بالتأثيرات الاقتصادية والاجتماعية والبيئية طويلة الأمد التي يقاسيها الإقليم بالفعل (مثلاً، على الأراضي والمياه والموارد الطبيعية ونمو الأحياء الفقيرة). إنّ بعض التأثيرات البيئية الأكثر وضوحاً والناجمة عن هذه الحرب الظالمة: إزالة الغابات واستنزافها، تدهور الأراضي، استخراج المياه الجوفية بشكل كبير، وتلوث المياه، الخ. إضافةً إلى ذلك، يمكن أن تؤثر هذه الظواهر البيئية على فرص سبل العيش والاحتياجات المائية طويلة الأمد لكل من النازحين داخلياً والسكان المضيفين في الساحل السوري، مما يضع البنية التحتية المحلية والموائل الساحلية والموارد الطبيعية تحت ضغط هائل (PAX, 2015).

3-2 خطر تفشي الأوبئة على الوضع المائي في الساحل السوري:

إنّ خطر الكوارث الطبيعية - بما في ذلك الجفاف وحالات الطقس الشديدة والفيضانات - التي تحدث في أثناء تفشي الوباء هي مشكلة كبيرة أخرى أيضاً يمكن أن تهدد الأمن المائي والتعافي على المدى الطويل، وبالتالي هناك احتمال تداخل المخاطر التي تُعدّ مصدراً قلقاً خطيراً آخر، حيث إن خطر أزمات المياه أعلى من خطر كل من أزمات الأمراض المعدية أو الأزمات الغذائية (WHO and UNICEF, 2020). وفقاً لتقرير المخاطر العالمية للمنتدى الاقتصادي العالمي لعام 2020، إنه من المحتمل أن تتزامن هذه الأزمات الثلاث (المائية، والأمراض المعدية، والغذائية) مع بعضها بعضاً في أماكن كثيرة من العالم (وخاصة في الدول الفقيرة) مُشكِّلةً أكبر خطر يمكن أن تكون تأثيراته مُدمِرة على جميع المستويات. لذلك في هذه الظروف الحرجة، يجب على الجهات المعنية الإسراع إلى تلبية الاحتياجات الأساسية من المياه والصرف الصحي والنظافة الصحية، حيث يمكن أن تنتشر هذه الأوبئة بسرعة مخيفة (مثلاً، انتشار الفيروس التاجي الذي رافقه أزمات في تأمين المياه والغذاء) (WHO and UNICEF, 2020).



شكل 1. الإطار العام لمراحل خطة إدارة خطر تفشي الأوبئة على الوضع المائي في الساحل السوري.

3 إدارة خطر الأوبئة على الوضع المائي في المنطقة الساحلية السورية:

بينما لا يوجد حالياً (حتى كتابة هذه الورقة) أي دليل على أن فيروس الكورونا يمكن أن ينتشر عن طريق المياه أو الصرف الصحي، إلا أنه كما هو معلوم وجود الأوبئة الكثيرة التي انتشرت تاريخياً خلال المياه الملوثة، وإن مياه الصرف الصحي غير المعالجة لا تزال تشكل خطراً على الصحة في العديد من المجتمعات (Sadoff and Smith, 2020). على أي حال إن نقص إمدادات المياه الصالحة للشرب والصرف الصحي يحرم الناس في مجتمعات كثيرة حول العالم من أبسط

وسائل الحماية ضد انتشار الأوبئة، وبالتالي عندما تكون أمراض الإسهال التي تؤدي إليها الأمراض المنقولة بالمياه شائعةً بالفعل، فلن ينتشر فيروس الكورونا بسهولة أكبر فحسب، بل يمكن أن يكون تأثيره الفتاك ضخماً. وفقاً لتقرير منظمة الصحة العالمية الذي تم إصداره قبل جائحة الكورونا، إن إجراءات تحسين المياه والصرف الصحي والنظافة الصحية تساعد بقوة على منع 9.1% على الأقل من عبء المرض العالمي و6.3% من جميع الوفيات (Sadoff and Smith, 2020).

في إطار المنهجية العملية المعتمدة في هذا البحث لدعم إدارة الموارد في الساحل السوري، ينبغي مراعاة جوانب إدارة الكوارث والأزمات عند التعامل مع أي نوع منها. بشكل عام، هناك عدة أطر لتمثيل خطة إدارة الكوارث ومراحلها المتتالية (مرحلة ما قبل الكارثة، مرحلة خلال الكارثة، مرحلة ما بعد الكارثة)، وهذا يعتمد على الغرض منها ونوع وصفات الكارثة التي سيتم التعامل معها (Saleh, 2017). على سبيل المثال بالنسبة لخطة إدارة الكوارث والمخاطر على التراث الثقافي في سورية، تتكوَّن هذه المراحل من عدّة أطوار وخطوات مرتبطة مع بعضها البعض بالزمن والأدوار الوظيفية والبيانات الجيو-المكانية والمعلومات والأدوات والبرامج والخطط التنموية، إلخ (صالح، 2020). بالنسبة لخطة إدارة تفشي الأوبئة كما هو مبين في الشكل 1، تعرض هذه الورقة إطاراً خاصاً مكونا من مرحلتين رئيسيتين يمكن تنفيذهما معاً أو بشكل منفصل، وهذا يعتمد على الموقع أو الحالة أو القطاع المتأثر الذي سيتم معالجته، وهما: مرحلة خلال الكارثة (الاستجابة إلى خطر الجائحة) ومرحلة ما بعد الكارثة (التعافي منها، ومن ثم التحضير على بناء القدرات على الصمود في مواجهتها على المدى الطويل). في هذا السياق يتمثل الغرض من خطة إدارة تفشي الأوبئة على قطاع المياه في المنطقة الساحلية السورية في دمج تنفيذ خطوات هاتين المرحلتين مع بعضها البعض بهدف معالجة الآثار التراكمية للمخاطر الموجودة (بما فيها خطر جائحة الكورونا على سبيل المثال)، وفي الوقت نفسه، لضمان استخدام الخدمات البيئية والاجتماعية الاقتصادية بكفاءة وحمايتها للاستخدامات المستقبلية، مع تعزيز الاستخدامات المستدامة المتعددة. بشكل أكثر تحديداً، يعتمد الإجراء الواقعي في تنفيذ هذه الخطة على خطوة عملية تهدف لتأمين حلول محلية مناسبة استناداً إلى مبادئ الحد من خطر المخاطر المعدية وإدارتها بفعالية في المنطقة الساحلية السورية باستخدام الامكانيات والأدوات المتاحة والتطورات المتقدمة في مجال البحث العلمي والتطوير التقاني.

1-3 الوضع المائي في الساحل السوري خلال مرحلة الاستجابة لخطر تفشي الأوبئة:

للرد على هذه المشكلات والتداعيات الخطيرة على المدى القصير والاستجابة لوضع المياه (Water in response) تحت تأثير خطر تفشي جائحة كورونا، يجب على الجهات المعنية بالوضع المائي في الساحل السوري وجميع المدن السورية، العمل على ضمان الوصول إلى إمدادات المياه المأمونة والموثوقة والصرف الصحي النظامي، ومعالجة الاضطرابات المحتملة في هذه الإمدادات. يتم تحقيق ذلك من خلال الإجابة عن هذا السؤال:

كيف ستتعامل البنية التحتية للمياه في مدن وريف الساحل السوري مع تزايد الحاجة للمياه المرتبطة بمواجهة انتشار هذا الوباء؟

لمواجهة هذه المخاطر في الساحل السوري، فإنه يجب العمل على تعزيز إدارة المياه لضمان توصيل المياه بشكل موثوق للاستخدامات ذات الأولوية وتعزيز تخزين المياه لضمان توافر المياه النظيفة والكافية، ولا سيما في سياق زيادة ندرة المياه والطلب والمنافسة بين القطاعات خلال فترات الجفاف.

2-3 الوضع المائي في الساحل السوري خلال مرحلة التعافي من خطر تفشي الأوبئة:

إن تعافي الوضع المائي (Water in recovery) من الوباء يتطلب إدارة فعّالة للمياه تُعزز استقرار الإنتاجية الزراعية الداعمة للنظم الغذائية. على سبيل المثال، تعرضت بعض المناطق في الصين وأوروبا التي تأثرت بشكل كبير من تفشي وباء الكورونا إلى حالة كساد اقتصادي خطير بسبب عمليات الإغلاق على الدورات الزراعية والمعامل وقطع إمدادات المياه وإبعاد المزارعين والعمال عن الحقول والمصانع. وعند استئناف هذه الأنشطة الزراعية والصناعية بعد التعافي من الوباء، قد يرتفع الطلب بسرعة على المياه بسبب توسع هذه الأنشطة (وخاصة خلال موسم الجفاف) لمواجهة العجز في إمدادات المياه الداعمة للنظم الغذائية (Sadoff and Smith, 2020). وبالتالي كما حدث في كثير من هذه البلدان التي تأثرت بالجائحة، ستتمثل الأولوية الحاسمة للجهات المعنية في الساحل السوري في الاستعداد للتعامل المرن مع عمليات سحب المياه غير المخطط لها والتي يحتمل أن تكون كبيرة، والتأكد من أنها لا تقوض احتياجات المياه المنزلية الأساسية أو الإفراط في طبقات المياه الجوفية والأنهار. وهذا يعني تعزيز تخزين المياه والقدرة على الري من أجل تجنب الفشل المحتمل لزراعة المحاصيل الرئيسة وتعويض الاضطرابات في الدورات الزراعية البعلية (rain-fed)، واستعداداً أفضل للجفاف أو الفيضانات الساحلية للتخفيف من الصدمات المتعددة التي يمكن أن تؤثر في الإنتاجية الزراعية الداعمة لتحقيق الأمن الغذائي. يمكن باستخدام التقنيات الجيومعلوماتية لرصد المخاطر المتعلقة بموارد المياه والتنبؤ بها، وبالتالي يمكن للجهات المعنية استخدام البيانات المرصودة للحد من خطر الانتكاسات المتعلقة بالمياه في مرحلة التعافي (Saleh *et al.* 2016).

3-3 الوضع المائي في مرحلة بناء القدرات على الصمود في مواجهة التحديات:

تتطلب مرحلة ما بعد الجائحة، إدارةً أكثر فعالية لمواجهة المخاطر المتعلقة بالمياه وذلك من خلال الاستثمار في المياه، وبناء نظم أكثر مرونة لها (Water in resilience) لمواجهة التحديات التي يمكن أن تنشأ خلال مرحلة الجائحة وما بعدها. يجب أيضاً بناء المزيد من نظم إعادة تدوير المياه التي تؤمن الإمدادات الداعمة للموارد المائية الموجودة، والعمل على تنظفيها باستمرار وإعادة استخدامها بطرق تحمي صحة الإنسان والنظام البيئي. إنّ هذا يعني إيجاد طرق للتفكير بإعادة معالجة النفايات واعتبارها موارد داعمة، فبدلاً من إعادة 80% من مياه الصرف الصحي في العالم مرة أخرى إلى البيئة دون معالجة، يجب الاستثمار في معالجة مياه الصرف الصحي التي سوف تؤمن الفائدة الكاملة في حماية المجتمعات والنظم البيئية ضد المخاطر البيولوجية، وتأمين مصادر جديدة آمنة للمياه والطاقة (WEF, 2020). إنّ التفكير المنظوماتي (systems thinking) في ايجاد حلول عملية أمر بالغ الأهمية في مرحلة تفشي الأوبئة المتزامن مع فترات الجفاف، كون المياه تربط بين مجموعة هامة من العوامل الأساسية مثل الصحة والنظم الغذائية وتغير المناخ والطبيعة والطاقة. تزيد الأوبئة والأمراض من الضغط على كل هذه العوامل المهمة، مما يتطلب الأخذ بالحسبان مشكلات كثيرة أساسية مرتبطة بهذه العوامل، وفي الوقت ذاته تُعدّ هذه الأوبئة فرصة كبيرة لتوسيع دائرة البحث العلمي لفهم كيف تتصرف هذه العوامل، وكيف يمكن إعادة بناء القدرات بشكل أفضل في عالم ما بعد الجائحة (post-pandemic world) (WEF, 2020).

4 الحلول المقترحة لتحسين الوضع المائي في الساحل السوري:

تُعدّ تقانة حصاد مياه الأمطار (The rainwater harvesting) ذات صلة خاصة بالمناطق الجافة وشبه القاحلة، وتعتمد على تنفيذ العديد من السدود وحواجز نشر المياه السطحية والشرائط الكنتورية وأحواض التجميع الصغيرة (GORS, 2011). لتطوير استخدام حصاد مياه الأمطار في سورية، تم تطوير مشاريع عدة، أهمها **مشروع التنف** الذي يساعد على

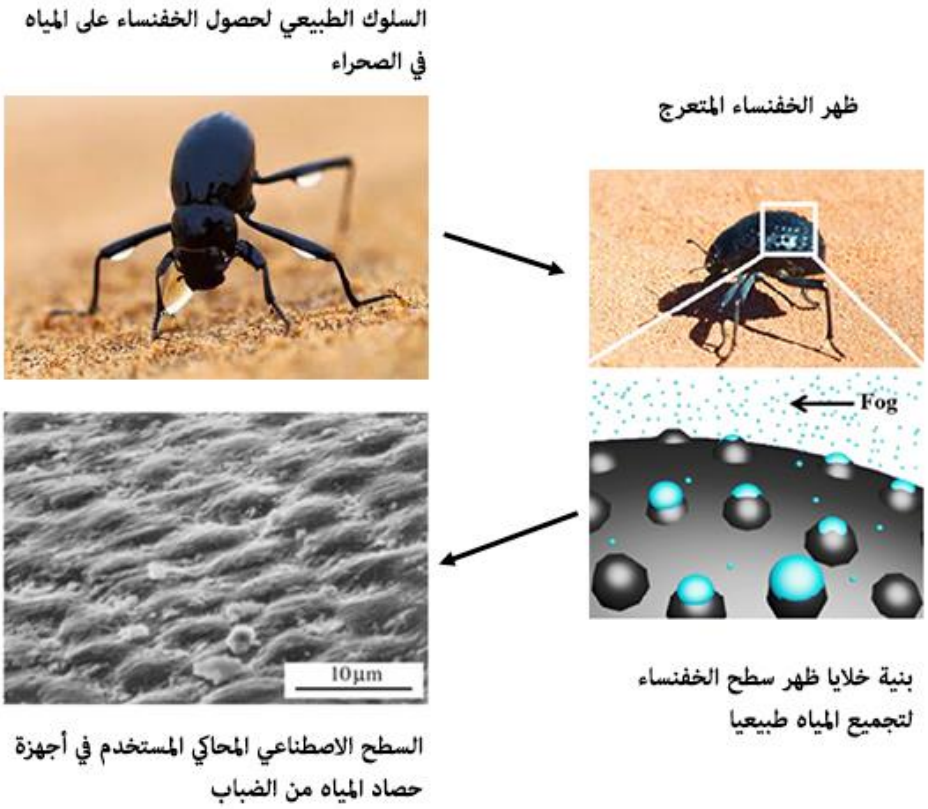
تأمين مليون م^3 كمتوسط سنوي من الموارد المائية السطحية، ومشروع استثمار الجريان السطحي **لوادي مديسيس** بهدف زيادة معدلات رطوبة التربة وتحسين المراعي الطبيعية في البادية السورية، ومشروع **دير عطية** لزراعة الأشجار المثمرة وزراعة النباتات الرعوية. من المفترض أنه خلال الفترة (2020-2050)، يمكن حصاد المزيد من مياه الأمطار عبر التنفيذ الفعال للمنشآت الخاصة بحصاد مياه الأمطار، وهذا من شأنه أن يعطي زيادة في الموارد المائية المتاحة بحوالي 460 مليون م^3، مما يعني كمية إضافية من المياه تبلغ حوالي 15.3 مليون م^3 كل عام بعد 2020 (GORS, 2011). إذا تحقق هذا السيناريو بكفاءة يمكن لسورية التغلب على نقص المياه بحلول عام 2050 (MOWRs, 2010). على أيّ حال، إنّ معظم هذه التقانات الحالية في حصاد المياه في سورية تواجه تحديات ومشكلات عدّة متعلقة بالعوامل التقنية والمناخية وظروف الطقس، لهذا يفضل البحث عن تقانات عملية طبيعية مستدامة تتماشى مع البيئة الساحلية السورية كما هو مبين أدناه.

4-1 حصاد المياه من الغلاف الجوي:

تُعدّ الحلول القائمة على محاكاة الطبيعة في حصاد المياه من الغلاف الجوي (atmospheric water harvesting) إحدى الطرق الحديثة التي تُسهم في تحسين إدارة الموارد المائية خلال الأزمات وما بعدها من خلال دعم تخزين المياه وإمداداتها وتحسين رطوبة التربة (Jarimi *et al.* 2020). كما يُلاحظ حتى تكون طرق حصاد مياه الأمطار عملية، يجب أن تكون المياه السائلة متوفرة بالفعل، ولكن عندما تكون محدودة فإن تقنية حصاد المياه من الغلاف الجوي (المكون من الضباب والندى) تصبح ضرورية، وخاصة في المناطق القاحلة. تعتمد هذه التقنية على العلاقة بين نسبة الرطوبة ودرجة الحرارة في الجو، لأن العلاقة بين هذين العاملين تؤدي إلى الحصول على ما يُعرف بالرطوبة المطلقة التي هي كمية الماء بالغرام في المتر المكعب من الهواء (Domen *et al.* 2014). تتراوح كمية الماء المجمعة باستخدام هذه التقنية بين 24-6000 لتر/ماء/يومياً (وتزداد بحسب مساحة ثقوب الشبكة كما في الشكل 2). تُعدُّ هذه التقنية صديقة للبيئة لأنها تضمن امتصاص الرطوبة من الهواء ومن ثم تكثيفها وتحويلها إلى مياه صالحة للشرب، حيث يتم القضاء على جميع الفيروسات والبكتيريا الموجودة في الهواء قبل تحويله إلى ماء (Garrod *et al.* 2007; Zhang *et al.* 2017). على الرغم من النقص الشديد في المياه الناتج عن انخفاض هطول الأمطار السنوي في أجزاء كثيرة من العالم، إلا أنّ معظم الحشرات والنباتات الصحراوية حاولت باستمرار تطوير بنيتها الذاتية بخصائص مميزة تسمح لها بتجميع المياه من الضباب المستوحاة من أسلوب المحاكاة الحيوية (Biomimicry-inspired) بهدف البقاء على قيد الحياة في مثل هذه الظروف القاسية (Zhang *et al.* 2017).

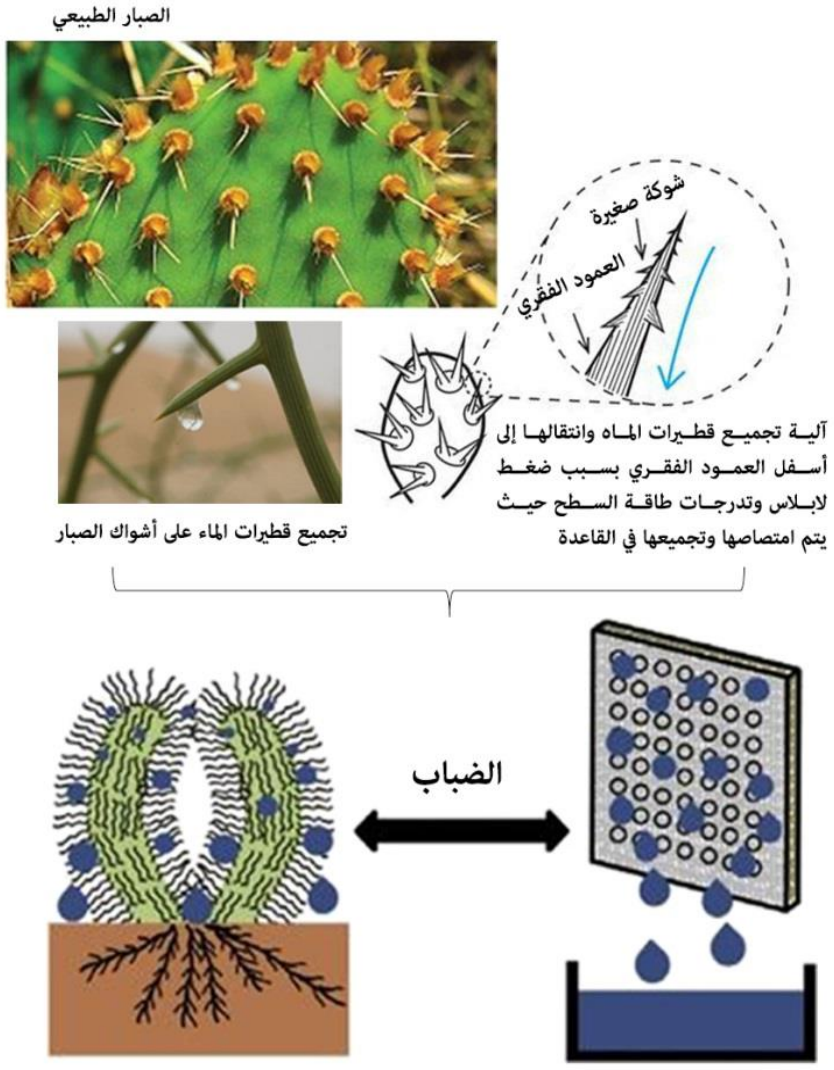
4-1-1 الخصائص المميزة للحشرات في حصاد المياه من البيئة المحيطة:

تعيش الخنافس الداكنة (*Darkling beetles*) في صحراء ناميبيا الواقعة على الساحل الجنوبي الغربي لأفريقيا، والتي تُعدّ واحدة من أكثر الموائل جفافاً في العالم (هطول الأمطار السنوي 12 مم فقط). في المقابل تتمتع هذه الخنافس بمقوماتٍ طبيعيةٍ للحصول على الماء الذي تحتاجه من الضباب باستخدام الأسطح الخاصة لأجسامها (Garrod *et al.* 2007; Zhang *et al.* 2017). إن السطح المتعرج لظهر الخنفساء مُغطى بمجموعة عشوائية من النتوءات الصغيرة جداً ومن الأخاديد الدقيقة التي تساعد على تجميع المياه من الضباب الصحراوي وتكثيفه وتوجيهه مباشرة إلى فم الخنفساء كما هو موضح في الشكل 2.



شكل 2. سلوك خنفساء صحراء ناميبيا في حصاد المياه من الضباب
تم تعديله من المراجع (Domen *et al.* 2014; Garrod *et al.* 2007)

بالاعتماد على مبدأ المحاكاة الاصطناعي لحصاد المياه من الضباب من خنافس صحراء ناميبيا، تم التحقق في تأثير درجة خلايا ظهر الخنفساء من حيث الهيكل والكيمياء والسلوك في تحقيق عملية حصاد المياه. تتكون هذه الخلايا من نتوءات السطح المتعرج ذات المادة الشمعية التي تساعد على تخزين المياه، بينما توجد مادة جافة غير دهنية في جوف الأخاديد السطحية تساعد في الحفاظ على المياه. تم تضمين طريقة ترسيب البلازما (plasma deposition method) في عمل مجموعة من البوليمرات الشرهة للماء لتحديد كفاءة التكثيف الدقيق للمياه واستخدامه في إنشاء الأسطح الاصطناعية لأجهزة حصاد المياه من الضباب (Ebner *et al.* 2011; Schemenauer and Cereceda, 2011). تم التحقق من أداء هذه الأسطح الشرهة للماء بوصفها مكثفات صغيرة من خلال قياس كمية الماء التي تم تجميعها من الضباب لمدة ساعتين، وتبين أنّ هذه التقنيات المستوحاة من خنفساء ناميبيا الصحراوية (في مجال التشكل السطحي وديناميكيات التدفق لحصاد الضباب)، تؤدي إلى حصاد كميات أكبر من المياه (أعلى بنسبة 50% من الكمية المجمعة باستخدام الطرق الأخرى). على الرغم من أن هطول الأمطار قد يكون نادراً في بعض المناطق، فإنه من المهم إدراك أنّ الضباب هو مصدر مياه يمكن التنبؤ به والاعتماد عليه، وقد يختلف محتوى الماء وتواتر تكوين الضباب تبعاً للموقع والموسم. يمكن استخدام هذا المبدأ في البادية والجزيرة السورية والمناطق القاحلة وشبه القاحلة المشابهة الأخرى للبيئة الصحراوية في ناميبيا كما هو مبين أدناه.

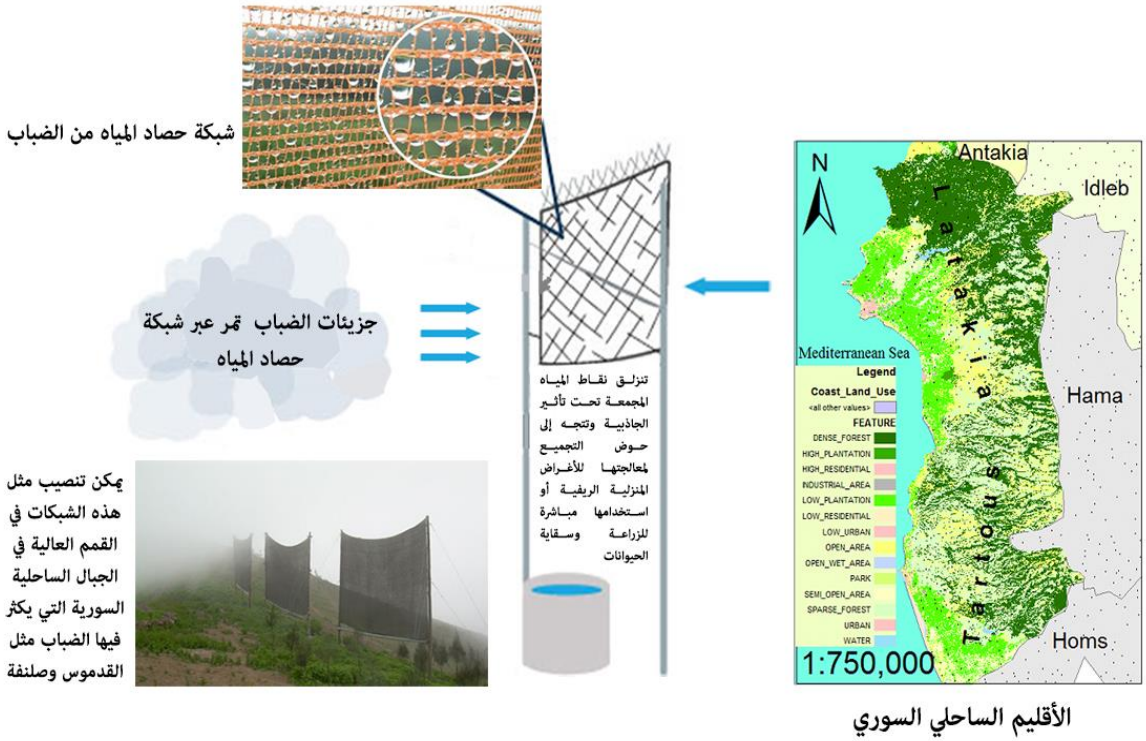


شكل 3. سلوك الصبار في حصاد المياه من الضباب مع المبدأ المستوحى من هذا السلوك
(تم تعديله من المراجع (Domen *et al.* 2014; Garrod *et al.* 2007)

2-1-4 الخصائص المميزة للنباتات في حصاد المياه من البيئة المحيطة:

يمكن للنباتات التي تعيش في المناخات القاحلة استخدام مبدأ حصاد المياه أيضاً كما هو الحال في الأعشاب ذات الموطن الأصلي في صحراء ناميبيا، وخاصة نبات الصبار والعشب الصحراوي (*Stipagrostis sabulicola*). يتميز هذا العشب بساق مستدير مغطى بأوراق ذات أسطح شرهة للماء وبنية غير منتظمة تقوم بنقل قطرات الماء عبر أخاديد مخروطية على سطح الأوراق إلى الجذور. بالنسبة لنبات الصبار قامت بعض الدراسات البحثية بتصميم مُجمع لحصاد المياه من الضباب بالاعتماد على المبدأ المستوحى من مبدأ عمل شعر الصبار من خلال الجمع بين خشونة السطح والشعيرات الخشنة والشمع الذي يمنع ضياع وتشتت قطرات الماء (Garrod *et al.* 2007). يعتمد هذا المُجمع على دمج مجموعة من شعر الصبار الدقيقة والمخروطية الشكل وترتيبها بشكل صفوف مشابهة للعمود الفقري على مجموعة قطنية كروية الشكل شرهة للمياه كما هو موضح في الشكل 3.

تتجمع قطرات الماء الصغيرة ويزداد حجمها على أطراف أشواك صغيرة قبل أن تنتقل إلى أسفل العمود الفقري متجهة نحو القاعدة، حيث يتم امتصاصها تحت تأثير ضغط لابلاس وتدرجات طاقة السطح. يتكون هذا المُجمع من حوالي 30-40 رأساً دقيقاً متموضعة على مسافة 4-5 مم عند كل حافة للصبار الاصطناعي، ويحصد حوالي 3 مم/ل من الماء في 10 دقائق عندما تكون سرعة الضباب من 45-50 سم/ثانية. تشير النتائج إلى أنه في سرعة الرياح هذه، سيتمكن 100 مُجمع مشابه لعمل الصبار من تجميع كمية من الماء في 1.5 ساعة تعادل كمية مياه الشرب الضرورية لبقاء الإنسان على قيد الحياة، وبالتالي فهو جهاز واعد لتجميع المياه في الأقاليم التي تحتوي ضباباً (Schemenauer and Cereceda, 2011).



شكل 4. التقنية المقترحة لحصاد المياه من الغلاف الجوي في الساحل السوري المستوحاة من الألياف الحيوية
((تم تعديله من المراجع (Jarimi *et al.* 2020; Schemenauer and Cereceda, 2011)

2-4 التقنية المقترحة لحصاد المياه من الغلاف الجوي في الساحل السوري:

إن تقنيات حصاد الضباب بسيطة وتعتمد على مواد أولية رخيصة نسبياً، حيث يمكن الحصول عليها من الموارد الطبيعية المحلية. على أي حال، لا يحدث الضباب إلا في عدد محدود من الأماكن في العالم التي يكون فيها هطول الأمطار منخفضاً، وهكذا يمكن أن تكون مساهمة الضباب فقط متواضعة في التخفيف من نقص المياه. لذلك يُعد بخار الماء في الغلاف الجوي مورداً عالمياً ومتاحاً حتى في المناخات الأكثر جفافاً. يعرض الشكل 4 نموذجاً مطوراً لمُجمّع المياه من الغلاف الجوي في المنطقة الساحلية السورية، والذي يمكنه إنتاج الماء بكلفة منخفضة جداً وتصنيعه بسهولة باستخدام المواد المحلية المتوفرة المستوحاة من الألياف الحيوية. يتكون هذا النموذج البسيط من عمودين مثبتين وأسلاك شد وكابلات تعليق لتثبيت الشبكة المُعرضة للغلاف الجوي، والتي يتم من خلالها مواجهة الضباب المندفع بالرياح، حيث تتراكم قطرات الماء الصغيرة

وتُجمع في الشبكة وتُصرف تحت تأثير الجاذبية في قنوات تجميع المياه كما هو موضح في الشكل 4. تم استخدام هذه التقنية لإمداد القرى والتجمعات المحلية بمياه الري والاستخدام المنزلي في مدينة سنتياغو في جمهورية تشيلي في جنوب أمريكا، وكانت كمية المياه المجمعة (وذلك اعتماداً على الموقع) أكثر من 7000 لتر/يوم باستخدام عشرات الشبكات بطول 12م وارتفاع 6م (Schemenauer and Cereceda, 2011).

5 المنهجية العملية في دعم إدارة الموارد المائية في الساحل السوري:

يعاني الساحل السوري من مشكلات بيئية واجتماعية اقتصادية عديدة، بما في ذلك ارتفاع معدل النمو السكاني، والتوسع العمراني غير المخطط له، والتداخل في استخدام الأراضي، الأنشطة الصناعية والسياحية والتجارية المتزايدة، وتلوث النظام البيئي (METAP, 2010). إضافةً إلى ذلك، إن الإقليم الساحلي قابلٌ للتضرر من تأثيرات كوارث ومخاطر عدّة، أهمها: تغيّر المناخ، ارتفاع مستوى سطح البحر، تسرب المياه المالحة، معدلات التآكل والحت المفرطة، زيادة الرواسب، الجفاف وحالات الطقس المتغيرة، العواصف الشديدة والفيضانات المفاجئة، التغيرات التكتونية، الفيضانات الساحلية وتأثيرات الغمر والأنشطة البشرية، وانتشار الأوبئة والأمراض (IPCC, 2007; Saleh and Allaert, 2012).

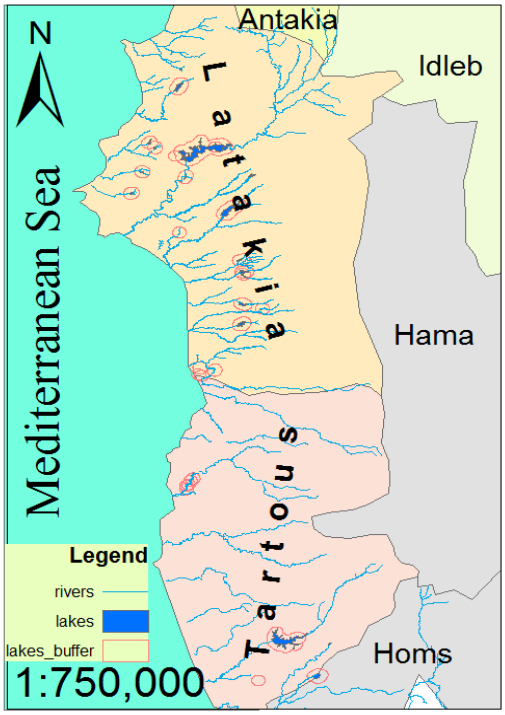
للحد من خطر المشكلات والكوارث أعلاه، تستخدم المنهجية المطورة في هذه الدراسة التقنيات المتقدمة المكونة من الجيومعلوماتية (geo-information)، وبحوث العمليات، والذكاء الاصطناعي، والنمذجة، والمحاكاة، والعرض المرئي كما هو موضح في الشكل 8. تؤمن هذه التقنيات القدرة الديناميكية والمرونة المناسبة للتعامل مع العوامل الثابتة والمتغيرة (continuous and discrete parameters)، ومن ثم الانتقاء السريع والفعَّال للبيانات الأساسية للحصول على الحل المثالي واستمرارية الحفاظ على فعاليته خلال جميع مراحل إدارة ومراقبة الكارثة، علماً أن الطرق التقليدية بوضعها الحالي تنقصها هذه القدرة على القيام بذلك.

5-1 الوضع الحالي للموارد المائية في الساحل السوري:

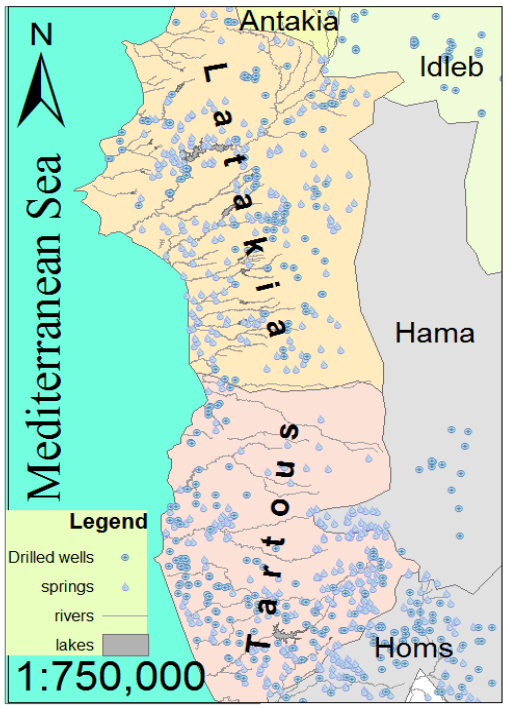
تتكون الموارد المائية في المنطقة الساحلية السورية من المياه الجوفية والسطحية كما هو موضح في الشكلين 5 و6 على التوالي، وتشمل الأنهار الرئيسة: نهر الكبير الشمالي بطول 96 كم ونهر الكبير الجنوبي بطول 56 كم ونهر السن بطول 6 كم. وهناك أيضاً العديد من الينابيع الموسمية والبحيرات والسدود السطحية مع سعة تخزين 357 مليون م^3. تتعرض هذه الموارد لتأثيرات عدة، أهمها: الارتفاع المتسارع في مستوى سطح البحر والتأثير القوي لتدفقات المد والجزر التي تخترق موارد المياه في الساحل وتزيد من التغيرات في ظروف الملوحة هذه الموارد (Saleh *et al.* 2010).

5-2 نمذجة الموارد المائية (مرحلة الإدارة والتخطيط):

يعتمد التطبيق الفعّال للمنهجية العملية على الدور الناجح لنمذجة تخطيط الموارد المائية وإدارتها التي تستند على النموذج الديناميكي لهذه المنهجية والمؤشرات والسيناريوهات في تحديد المناطق الحساسة المحيطة بالموارد المائية في الإقليم الساحلي السوري. لتحديد هذه المناطق الحساسة يجب في البداية تحديد مصادر الخطر والبيانات والمعلومات المكانية المطلوبة، وأدوات التخطيط والتحليل المكاني والبيئي والتدابير المعتمدة في تنفيذ هذه المنهجية (Saleh *et al.* 2010).



شكل 5. مصادر المياه الجوفية في المنطقة الساحلية السورية (الآبار المحفورة باللون الرمادي) (Saleh *et al.* 2010).



شكل 6. مصادر المياه السطحية في المنطقة الساحلية السورية (الأنهار والبحيرات محاطة بدائرة حمراء (Saleh *et al.* 2010).

1-2-5 البيانات والمعلومات المكانية المطلوبة:

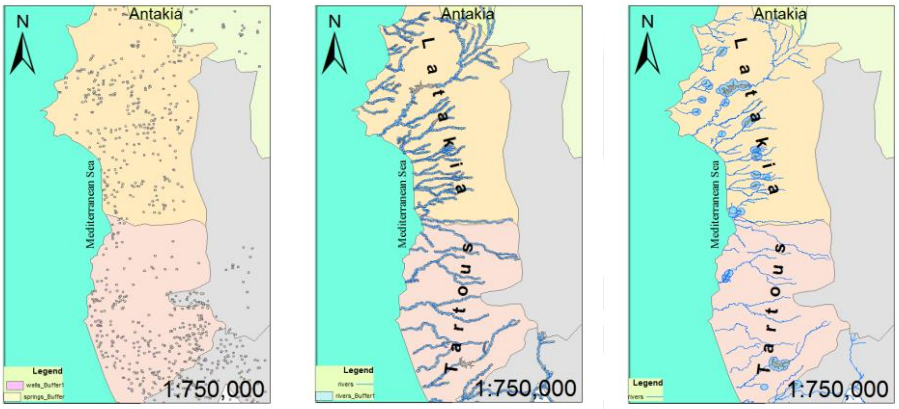
تُستخدم البيانات المكانية (Spatial Data) لاستخراج معلومات ومؤشرات وميزات جديدة من خلال تحليل تضاريس وارتفاعات المنطقة المدروسة، وبالتالي وضع نماذج لسلوك حالة المياه. يمكن تصنيف هذه البيانات على النحو الآتي: بيانات نظام المياه السطحية والأنهار والبحيرات ومخطط الرسم البياني الخاص بمعلومات تصريف المياه، بيانات نظام المياه الجوفية والينابيع ومخطط الرسم البياني الخاص بمعلومات الآبار، وبيانات التضاريس الرقمية، ومخطط الرسم البياني الخاص بمعلومات استخدام الأراضي. يؤمن مخطط الرسم البياني الخاص بمعلومات نموذج التضاريس الرقمية ارتفاع كل نقطة التي يمكن من خلالها استخراج الميول والمعلومات الأخرى الخاصة بطبيعة الأرض في هذه المناطق، أما مخطط الرسم البياني لنظام التصريف فهو مُهمٌ جداً لتحديد المناطق الحساسة التي يمكن أن تسبب تلوثاً للموارد المائية. إنّ تكامل هذه المخططات يساعد في تحديد أنشطة استخدامات الأراضي والمناطق الزراعية والصناعية الملوثة الناتجة عن هذه الأنشطة. على أيّ حال، هناك حاجة إلى بيانات ومعلومات هيدرولوجية وجيولوجية وديموغرافية وأرصاد جوية كثيرة لتحقيق التحليل المكاني والبيئي للخطط البديلة التي تستند على السيناريوهات الاقتصادية (EC, 2011).

2-2-5 أدوات التخطيط والتحليل المكاني:

تُستخدم أدوات التخطيط والتحليل المكاني لإيجاد المجال العملي لاستخدام موارد المياه الحالية الذي سيدعم إدارة الاستخدام المستدام لتموضعات هذه الموارد المائية مستقبلاً، وأماكن تصريف المياه السطحية في المناطق الحضرية (EC, 2011).

إن هذه الأدوات تساعد في تحقيق بعض الاستخدامات الآتية:

- ***إنشاء مسافات ومناطق عازلة*** (buffer distances and zones) لحماية الموارد المائية من التلوث، حيث تعتمد مسافة أو مساحة هذه المنطقة العازلة بشكل أساسي على كل من أنواع الملوثات وأهمية وأنواع الموارد المائية المجاورة (مثلاً، بئر، نبع، نهر، بحيرة).
- ***تحديد خريطة المناطق الحساسة*** (sensitive areas map) بطريقة مرئية (visual) باستخدام التحليل المكاني من خلال الجمع بين جميع المسافات والمساحات العازلة المختلفة التي تم تحديدها (مثلاً: عمق المياه الجوفية والغرض من استخدامه لكل من البحيرة والبئر المحفور) كما هو موضح في الشكل 7.
- ***توسيع شبكة الحساسات اللاسلكية*** (detection sensitivity) وتعزيز نشرها لمراقبة نوعية ومنسوب المياه بشكل أفضل. يحتاج القائمون على إدارة الموارد المائية إلى قياسات دقيقة في الزمن الفعلي لجودة وكمية المياه التي يتم ضخها لتقييم ظروف المياه الجوفية.



شكل 7. خريطة المناطق العازلة حول الآبار والينابيع والأنهار في المنطقة الساحلية السورية (Saleh *et al.* (2010).

يتم حالياً جمع قياسات مستوى المياه الجوفية وخصائصها الفيزيائية والكيميائية في الإقليم الساحلي السوري مرة واحدة أو مرتين في السنة باستخدام الطرق التقليدية (مثل شريط محمول باليد أو محولات الضغط). لذلك هناك حاجة لدراسات علمية بحثية عدة لإنشاء نظام متقدم لاستشعار بيانات مستوى المياه الجوفية في الزمن الفعلي باستخدام نظام مراقبة شبكة من الحساسات لجمع قياسات جودة المياه وتدفقها من المواقع البعيدة (HCSR-STI, 2017)، وهذا يساعد صنّاع القرار ومستخدمي المياه الجوفية في تقييم الظروف الهيدرولوجية، وكذلك الباحثين الذين يسعون إلى فهم أفضل لديناميكية النظم الهيدرولوجية (مثلاً: المساعدة في التحقيق في تأثيرات ممارسات الري الحالية على تملح المياه الجوفية)، وهذه مهمة صعبة تتضمن تغطية منطقة جغرافية واسعة (متوسط مدى الإرسال بين المحطات أكثر من 600م)، وانتشارات الراديوهات شديدة التغير. تبين النتائج الأولية لهذه الدراسة أن شبكة الحساسات تُعدّ حلاً واعداً لنشر نظام ري دائم ومستمر (مثلاً، تعظيم كمية المياه التي يتم ضخها من منطقة بأقل تأثير على نوعية المياه) (Saleh *et al.* 2008).

3-2-5 أدوات التخطيط والتحليل البيئي:

تتكون أدوات التخطيط والتحليل البيئي من تقييم الأثر البيئي (Environmental Impact Assessment, EIA)، والتقييم الاستراتيجي للبيئة (Strategic Environment Assessment, SEA). يساعد تقييم الأثر البيئي في تقديم حلول بديلة لكيفية إدراج الاعتبارات البيئية في تدابير الحد من خطر المشكلات المائية، أما التقييم الاستراتيجي للبيئة فهو أداة

مساعدة في اتخاذ القرارات التي تُكمّل عملية التخطيط الاستراتيجي خلال مرحلة التعافي (Saleh and Allaert, 2007, 2011). أخذت الحكومة السورية بالحسبان في هذا المجال التداعيات الحاصلة والمتعلقة بتأثير الفيضانات على الساحل السوري، وعملت عليها على مدار الثلاثين عاماً الماضية بهدف الحد من الفيضانات وتدابير الحماية الإنشائية خاصةً عن طريق بناء السدود على الأنهار الرئيسة. علاوة على ذلك عملت مؤسسات المياه (بالتعاون مع البلديات ومديريات الخدمات الفنية) على تغطية الجوانب المتعلقة بتحسين تغطية الصرف الصحي للمياه في المناطق الحضرية والريفية، وتحسين استخدام موارد المياه من خلال تحسين كفاءة الري وإعادة استخدام مياه الصرف الزراعي (ACSAD, 2010; MOWRS, 2010).

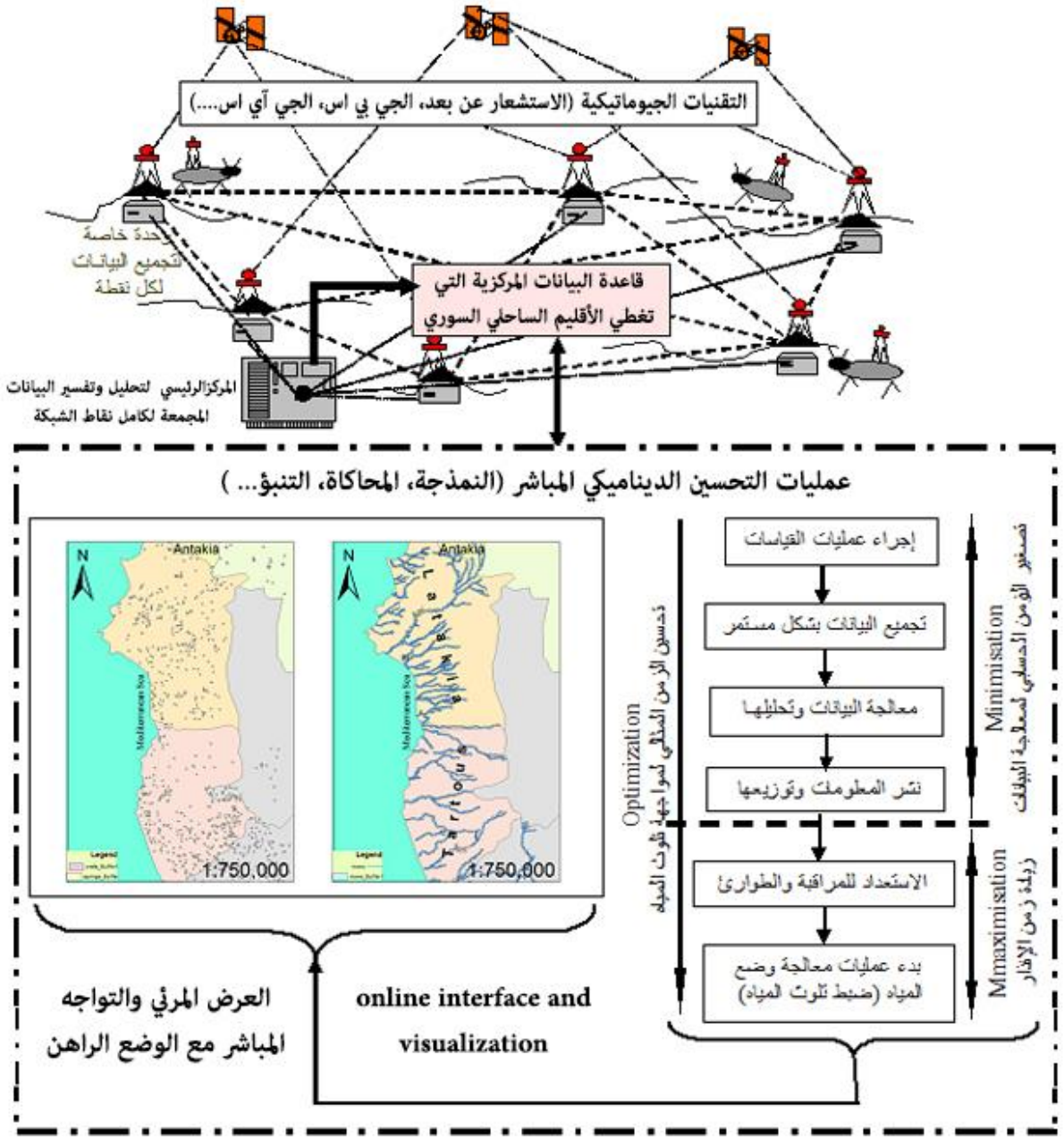
4-2-5 التدابير والتعليمات النافذة عند تنفيذ المنهجية المعتمدة:

تعتمد المنهجية العملية على تدابير وتعليمات معينة وذات نوعية مناسبة لدعم الاستخدام الفعّال للموارد المائية ومنع أو تقليل آثار مصادر التلوث على هذه الموارد. إن بعض هذه التدابير التي يجب أخذها في الحسبان أن تكون مواقع مشاريع ذات مصادر تلوث بعيدة عن موارد المياه الجوفية أو المياه السطحية، وألا تكون في أرض نفوذية ومنخفضة الميل، ولا في أرض منحدرة قريبة من الأنهار، وأن تكون بعيدة عن الشقوق الترابية، الخ. إن كل عنصر من هذه التدابير والتعليمات له استخداماته الخاصة في حماية الموارد المائية التي تتوافق مع استخدامات الأراضي الأخرى مثل تخصيص الموقع والغرض والحجم لإنشاء أي مشروع زراعي أو صناعي (Saleh, 2011). على سبيل المثال، يجب أن تأخذ عملية اختيار موقع مشروع ذي مصدر تلوث مثل مصفاة بانياس في الحسبان التدابير الآتية:

- أن تكون بعيدة عن الجانب العلوي من النبع أكثر من 300م،
- ألا تكون في أرض قابلة للنفاذ أو فوق المياه الجوفية بعمق 30م،
- أن تقع على مسافة لا تقل عن 300م من بحيرة أو نهر، وهذا يعتمد على ميول التضاريس،
- يمكن أن تنتقل الملوثات عبر شقوق الأرض مباشرة إلى المياه الجوفية العميقة وتتسبب في تلوث خطير للمياه الجوفية، لذلك، لحماية المياه الجوفية في هذه الحالة، يفترض أن تكون المسافة الدنيا بين هذه المنشأة وشقوق الأرض لا تقل عن 200م (Saleh, 2011).

6- النموذج الديناميكي للمنهجية العملية في إدارة الموارد المائية في الساحل السوري:

إن الجزء الرئيس لإطار العمل المفاهيمي لتطبيق هذه المنهجية هو الدور الفعال للنموذج الديناميكي الداعم في اتخاذ القرار المناسب لتحقيق الاستخدام الفعال لإدارة الموارد المائية، وتقليل آثار مصادر التلوث على هذه الموارد. تم تصميم هذا النموذج باستخدام التقنيات الجيومعلوماتية، والإنذار المبكر، وبرامج المحاكاة والنمذجة المتطورة، والعرض المرئي لمخرجات هذا النموذج كما هو مبين في الشكل 8. تتكون عناصر النموذج من معاملات مراقبة التغيير غير النظامي لمعدلات جودة المياه، وتقدير أحمال التلوث من كل مستجمع مائي، إلخ. يتم تشبيك هذه العناصر بانسجام متسق ضمن توابع رياضية تشمل جميع تحولات وتغيرات كارثة الفيضان وخطر التلوث البيئي المتزامن مع انتشار الأوبئة خلال وبعد انتهاء هذه الكارثة. يمكن للنموذج الديناميكي أن يساعد في دعم اتخاذ القرارات المناسبة، وتأمين حلولاً فعّالة للتعامل مع تأثيرات هذه الكارثة من خلال توفير البيانات الجيو-مكانية وتحليلها وتمثيل العمليات الزمنية التي تتحكم في مراحل إدارة الكارثة ومن ثم عرضها بصرياً. يتم ذلك من خلال تأمين النفاذ في الوقت الحقيقي إلى مجموعة واسعة من البيانات على كامل المنطقة المدروسة، والدمج بين بيانات الرصد والتحليل المتقدم للبيانات لتحسين تقييم الخطر، وتأمين تمثيل مادي واضح للعمليات اللازمة (Saleh, 2011).



شكل 8. النموذج الديناميكي لعمل شبكة المراقبة وإدارة الفيضان في الوقت الحقيقي وبنية قاعدة البيانات (تم تعديله من المراجع (WEF, 2020; Saleh, 2002; Dare and Saleh, 2000))

1-6 التقنيات الجيومعلوماتية والشبكات الجيوماتية:

تتكون التقنيات الجيومعلوماتية المستخدمة في تصميم الشبكات الجيوماتية كما هو موضح في الجزء العلوي من الشكل 8، من النظم العالمية لتعيين المواقع الإحداثية باستخدام الأقمار الصناعية، والاستشعار عن بعد، ونظم المعلومات الجغرافية، والمقترنة مع الشبكة العنكبوتية وتقانة اتصالات نقل المعلومات لتأمين وتمثيل البيانات المجمعة على شكل فراغي (ثلاثي

الابعاد) (Spatial Data). تظهر الأهمية البالغة للشبكات الجيوماتية (Geomtic Networks) بتغطيتها الواسعة لمساحات شاسعة من سطح الكرة الأرضية بدقة متناهية وخلال فترات رصد قصيرة (10 دقائق وحتى بضع ساعات تبعاً لهدف المشروع الطبوغرافي) وبمسافات متباعدة بين نقاط التسوية (أكثر من مئات الكيلومترات) (صالح، 2008)، ومن دون الحاجة لتأمين شرط الرؤيا بين هذه النقاط الذي يُعدُّ أساسياً عند تصميم الشبكات الطبوغرافية باستخدام الطرق التقليدية المساحية (Terrestrial Methods) (صالح، 2002). تلعب الشبكات الجيوماتية دوراً هاماً ورئيساً في تأمين عوامل الأمان للمنشآت المدنية الضخمة من خلال التنبؤ السريع عن تحركات القشرة الأرضية وذلك بالمراقبة المستمرة لنقاط التسوية بشكل مباشر ومتكرر ودقيق (Saleh, 2002). تُبنى على هذه الشبكات قاعدة البيانات الأساسية، حيث يتم إدخال وتصنيف هذه البيانات باستخدام نظم المعلومات الجغرافية وبالتالي الحصول على الخارطة الرقمية المتضمنة كل المعلومات والتفصيلات الدقيقة للمنطقة الجغرافية المدروسة ((Dare and Saleh, 2000; Saleh, 1999).

6-2 قاعدة البيانات المرتبطة بالنموذج الديناميكي:

لضمان المراقبة الفعّالة بشكل مستمر يجب أن يتعامل النموذج الديناميكي مع جميع العوامل الثابتة والمتغيرة لكارثة الفيضان التي تأخذ بالحسبان جميع المتطلبات العملياتية والتنظيمية المتعلقة بعوامل الكمية والنوعية لإدارة الفيضان وتنظيم وضع المياه السطحية والجوفية. لتحقيق ذلك تم إنشاء قاعدة البيانات وتزويدها آنياً – وباستمرار - بالمعطيات والمعلومات الأساسية مباشرة في المكان – كما هو موضح في الشكل 8, باستخدام أجهزة القياس والرصد المتنوعة ومن الصور الجوية والفضائية والإنترنت والتقنيات الأخرى ومن جميع الخرائط المتاحة (كالطبوغرافية والجيولوجية والهيدرولوجية والجيومورفولوجية والديموغرافية، ومخططات الرصد وخرائط الكثافة السكانية لمناطق الدراسة، التقارير والمذكرات ذات العلاقة، الخ). بعد ذلك تتم معالجة هذه المعطيات بطريقة فعالة منتظمة ومرنة لتأسيس القاعدة الرئيسة المتضمنة جميع البيانات مع استعمال آليات وإجراءات تُمكن من نسج المعلومات وهيكلتها بشكل يسمح بتصحيح الأخطاء وتفادي الأغلاط في حال وجودها.

يجب دائماً أخذ جميع الاحتياطات من احتمال وجود معطيات ناقصة أو مغلوطة قد تؤثر سلباً على صحة البيانات ودقتها، وهذا ما يستلزم إجراء عملية التقاطع المستمر للمعطيات لتقييم حجم الخطر المائي والأسلوب الملائم للتعامل معه، وتحديد نوعية وأوليات التدخل السريع للمعالجة. ولكي يتم ذلك على الوجه الأنسب وجب أيضاً القيام بالتحليل المتجدد والمستمر للعناصر المسببة لكارثة التلوث المائي، وبالتالي صياغة قاعدة البيانات وفق مقاييس تتلاءَم مع هدف وعمل المنهجية مع التأكيد على التزويد المستمر والآني للقاعدة بمعطيات متجددة كمعطيات مرتبطة بالمياه الجوفية وأحوال الطقس (Saleh and Allaert, 2008a, 2008b).

6-3 خوارزميات الذكاء الاصطناعي:

تُعدّ خوارزميات الذكاء الاصطناعي الأكثر استخداماً في إيجاد الحلول المثالية لمشكلات متعددة في مجالات متنوعة وواسعة في الحياة العملية كعلوم الإدارة والإحصاء وجميع المجالات الهندسية وإدارة الكوارث، وإدارة المياه والبيئة (صالح، 2016). تُعرّف مسألة تحسين الوضع المائي تحت تأثير الفيضان المراد تحسينها باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي بأنها مشكلة آنية (real-time problem) مكونة من دالات هادفة متعددة متناقضة وغير متجانسة ومتداخلة

فيما بينها لتُشكل مجموعة غير متناهية من حلول موزعة على مجال بحث معقد. إضافة إلى ذلك إن الكم الهائل للبيانات المُجمعة لدراسة هذه المشكلة يتزايد باطراد، وهذا يتطلب تطوير طرق مبتكرة - تؤمن آنياً وبأقصى سرعة ممكنة - نمذجة هذه المشكلة وتحسينها بأسلوب فعّال. تتصف هذه الخوارزميات بقدرتها على ابتداع طرق ديناميكية ملائمة لطبيعة المسألة المراد دراستها وتحديد الصيغة العملية لإيجاد الحل الأكثر مناسبة من بين مجموعة الحلول الممكنة لدراسة هذه المسألة، ومن ثم تحسين قيمة هذا الحل إلى أقصى حدود الإمكانية (صالح، 2016).

بالنسبة لدراسة المشكلات المتعلقة بإدارة المياه، تستخدم هذه الخوارزميات آنياً عدداً كبيراً من التوابع الرياضية التي تتمتع بقدرتها ومرونتها وسرعتها المناسبة على تشكيل الحلول المثالية لمراقبة التغير المستمر لحالة البيانات المتعلقة بالوضع المائي والخاضعة للتأثيرات المكانية والزمنية والتبدلات المناخية المترافقة خلال مراحل تنفيذ الدراسة (مثلاً حدوث الفيضان والتلوث الناجم عنه). يعتمد نجاح عمل هذه الخوارزميات على خبرة المصمم وعلى المعلومات المتوفرة عن المسألة المراد تحسينها، وتتكون هذه الخوارزميات من:

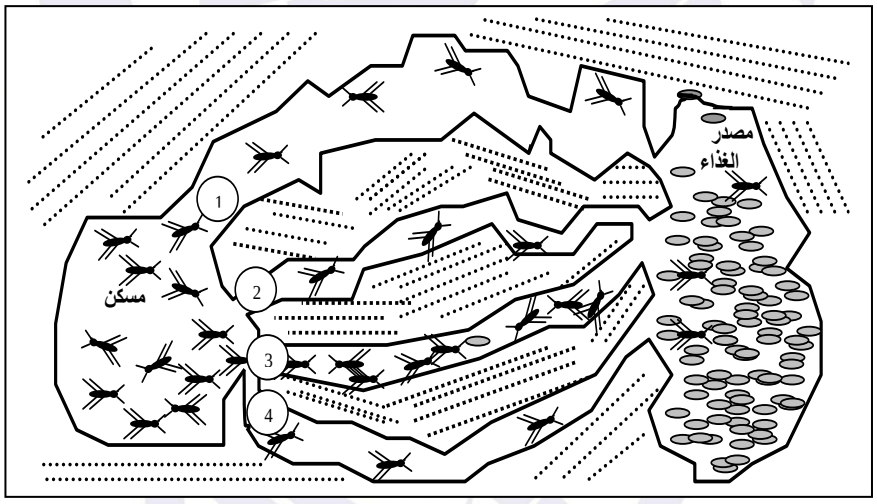
- **التلدين التجريبي** (Simulated Annealing, SA) المبنية على الميكانيك الإحصائي والعلوم الفيزيائية (Aarts and Korst, 1988; Saleh and Dare, 2001).
- **البحث المحظور** (Tabu Search, TS) المبنية على مبدأ عمل ذاكرة الحاسوب (Glover and Laguna, 1997; Saleh and Dare, 2003).
- **الخوارزميات الجينية** (Genetic Algorithms, GAs) المبنية على مفاهيم الهندسة الوراثية لتشكيل التركيب (الحل) ذي الصفات القوية (Renders and Elasse, 1996; Saleh and Chelouah, 2003).
- **الشبكات العصبونية الاصطناعية** (Artificial Neural Networks, ANNs) المبنية على مفاهيم وأساليب تحاكي الاسلوب ذاته لطريقة آلية عمل منظومة الدماغ البشري والجهاز العصبي المركزي للإنسان (صالح، 2017) (Hassoum, 1995).
- **مجموعة عمل النمل (Ant Colony Optimization, ACO)** المبنية على مبدأ عمل النمل الطبيعي في إيجاد الممرات القصيرة والسريعة بين مساكن النمل وأماكن وجود مصادر الرزق (Dorigo and Gambardella, 1996; Saleh, 2002, 2003). لقد مُنح مؤلف هذا البحث جائزة أفضل بحث لتطبيق خوارزمية مجموعة النمل في ليجاد التصميم المثالي لشبكة جيوماتية لمراقبة فيضانات حوض نهر الدانوب (MFC, 2002).

1-3-6 تطبيق خوارزمية مجموعة عمل النمل:

إن مجموعات النمل كائنات حية شبه عمياء وعديمة الذاكرة وذات دورة حياة قصيرة الأمد، ومع ذلك تتمتع بقدرتها الفائقة على تشكيل شبكة نموذجية من المسالك بين مساكنها وأماكن وجود الغذاء. تمتلك هذه المجموعات بنية اجتماعية معقدة ومنظمة للغاية مستخدمة مواد كيميائية تسمى الفيرمونات (Pheromones) للتواصل فيما بينها. في البداية تتصرف مجموعة النمل على نحوٍ حر، وتسلك عشوائياً مسارات متنوعة ومتعددة (مثلاً، 1، 2، 3، 4 كما هو موضح في الشكل 9) كونها لا تملك أية معلومات مسبقة عن المسار الأفضل.

في حين أن النملة التي تصادف الفرمون الموضوع مُسبقاً سوف تكتشفه وتقرر متابعته باحتمال كبير، وبالتالي تعزيزه بكمية إضافية من الفيرومون الخاص بها. وفقاً لهذا السلوك تتواصل النملة في الحياة الطبيعية مع بقية أفراد مجموعتها في أثناء عمليات البحث عن مصادر الغذاء باستخدام هذه المادة الكيميائية التي تفرزها على المسار التي تسلكه.

ترتبط كمية الفيرومون بخصائص مصدر الغذاء (أي كمية الغذاء وطول المسافة من مسكن النمل إلى هذا المصدر). تتحسس بقية أفراد المجموعة المنتشرة عشوائياً الفيرومون، وتتبع المسار الذي يحتوي على كمية كبيرة منه لتصل بذلك إلى مكان وجود النملة التي اكتشفت أولاً المصدر الغذائي. كلما زاد حجم الفيرومون المفرز على هذا المسار ازداد انجذاب باقي أفراد مجموعة النمل إليه، وهذا يعني أن حركة النمل على هذا المسار (المسار 3) كبيرة ومتزايدة كونه المسار المثالي (الأقصر والأسهل) بين المسكن ومصدر الغذاء كما هو موضح في الشكل 10. يمثل تكرار الآلية المذكورة أعلاه، السلوك الجماعي لمجموعة عمل النمل الحقيقي الذي هو شكل من أشكال السلوك التحفيزي (autocatalytic)، حيث كلما اتبع النمل مساراً ما، أصبح هذا المسار أكثر جاذبية من غيره من بقية المسارات.



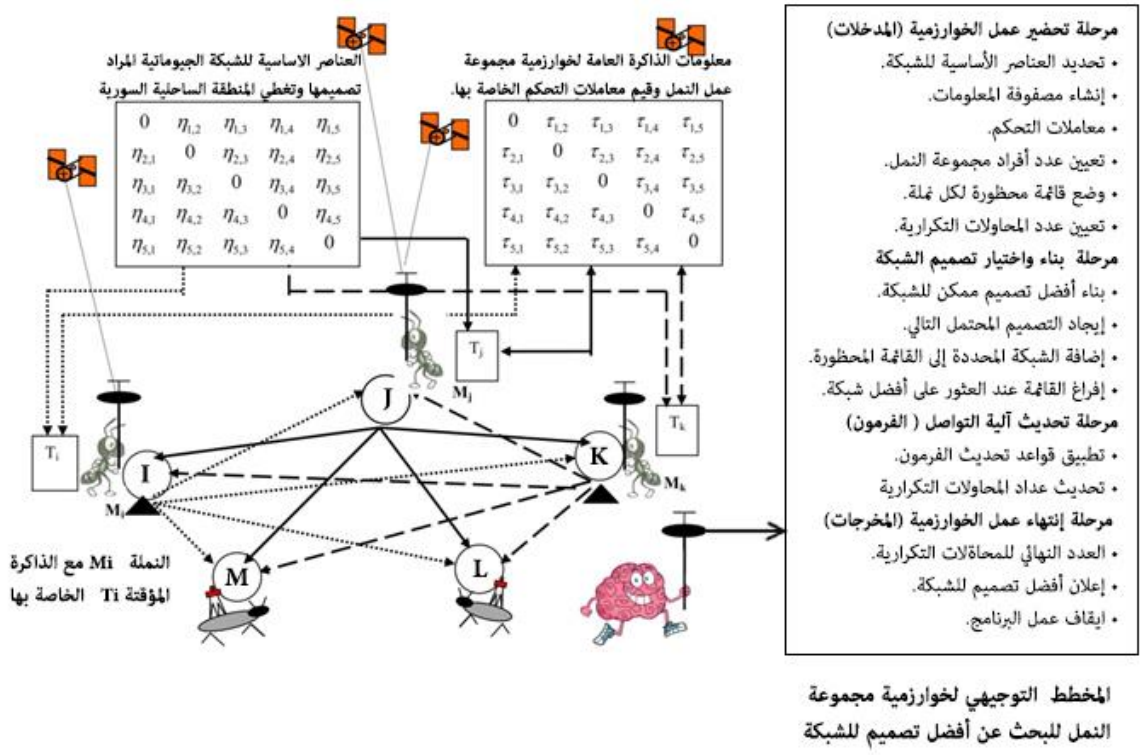
شكل 9. النمل يبحث عشوائياً عن أماكن وجود الغذاء (Saleh, 2002, 2003).

شكل 10. النمل يتبع المسار المثالي رقم 3 بين مصدر الغذاء والمسكن (Saleh, 2002, 2003).

6-3-2 تطبيق السلوك الحقيقي لعمل النمل:

إن هذا السلوك أعلاه للنمل الحقيقي ألهم وجود خوارزمية مجموعة عمل النمل الاصطناعي (Ant Colony System) التي تتصرف كعملاء متعاونين في مجال رياضي بالبحث وإنشاء مسارات جيدة بشكل متكرر، وتعزيز هذه المسارات (الحلول) من أجل إيجاد أفضل مسار ممكن. على عكس الحالة في الحياة الواقعية، قد تحتوي هذه المسارات الافتراضية على معلومات معقدة جداً. لذلك فإن ميزات مجموعات النمل الاصطناعي: امتلاك بعض الذاكرة، وليست عمياء

تماماً، وزمن تنفيذ العملية متقطع (discrete). يمكن الاطلاع على مزيد من المعلومات حول تطبيقات خوارزمية مجموعة عمل النمل في تحسين مشكلات الحياة الواقعية كتصميم شبكات الاتصالات الضخمة وجدولة تنظيم حركة المرور في المدن الكبرى وإيجاد المواقع المثالية لمحطات ومخازن الطاقة (Saleh, 2014).



المخطط التوجيهي لخوارزمية مجموعة النمل للبحث عن أفضل تصميم للشبكة

شكل 11. بنية المخطط التوجيهي لخوارزمية مجموعة النمل في تصميم الشبكة الجيوماتية (Saleh, 2002, 2003).

يعرض الشكل 11 تخطيطياً عملية لتحسين الوضع المائي تحت تأثير الفيضان بأسلوب علمي مبرمج باستخدام مبدأ نمذجة خوارزمية مجموعة النمل. لشرح هذا المبدأ تم استخدام شبكة جيوماتية صغيرة مكونة من خمس نقاط تسوية (I, J, K, L, M) كما هو موضح في الجزء الأيسر من الشكل 11. تختار النملة الموجودة على النقطة (*I*) الانتقال إلى النقاط المجاورة لها باستخدام **مصدرين للمعلومات**: مصفوفة الرؤيا (عوامل ثابتة) ومصفوفة الذاكرة (عوامل متغيرة). تضم مصفوفة الرؤيا جميع المسافات الفاصلة بين نقاط الشبكة والتي تبقى ثابتة طيلة مراحل تصميم الحل النهائي للشبكة. إن الغاية من هذه المصفوفة مساعدة النملة على اختيار أقرب النقاط المحيطة والمجاورة لموقع وجودها. أما مصفوفة الذاكرة فتضم قيم المادة الكيميائية المفرزة على جميع المسارات الواصلة بين نقاط الشبكة والتي تتغّير خلال عمليات التحسين. إن الغاية من هذه المصفوفة مساعدة النملة على معرفة عدد المرات التي تم فيها استخدام هذه المسارات في أثناء مراحل التحسين السابقة. فالنملة عند هذه المرحلة (ووفقاً لمبدأ التحسين الديناميكي) تتمتع بصفتي: الرؤيا والذاكرة اللتين تساعدانِها بسرعة على معرفة وإيجاد المسارات المناسبة للانتقال إلى النقاط الأخرى (Dorigo, and Gambardella, 1996).

يعرض الجزء الأيمن من الشكل 11 المخطط التوجيهي لخوارزمية مجموعة النمل للبحث عن أفضل تصميم للشبكة التي تتألف من **مرحلة بناء التصميم** (construction stage)، و**مرحلة تحديث الفرمون** (pheromone updating).

تشمل **مرحلة بناء التصميم** استخدام معلومات إرشادية مع ذاكرة تكيفية (adaptive memory) لإنشاء أفضل تصميم للشبكة بشكل تكراري، في حين تشمل **مرحلة تحديث الفرمون** استخدام كمية الفرمون المودعة (deposited pheromone) التي تُعد الآلية التي يتواصل بها النمل لتبادل المعلومات خلال مراحل تصميم الشبكة. عند إنشاء الحل الأولي، يحسب النمل في كل خطوة مجموعة من التحركات الممكنة، ويحدد أفضلها وفقاً لبعض القواعد الاحتمالية التي تستند على المعلومات الإرشادية (الزمن الذي تستغرقه هذه الحركة) ومستوى الفيرومون على المسار (قابلية استخدام هذا المسار في السابق). كلما زادت قيمة الفرمون والمعلومات الإرشادية، كانت الاستفادة أكثر لاختيار هذا المسار واستئناف عملية البحث عن حل أفضل. في البداية يتم تعيين مستوى الفرمون الأولي إلى قيمة ثابتة إيجابية صغيرة ومن ثم يقوم النمل بتحديث هذه القيمة بينما يقوم ببناء حلولها (MCF, 2002; Saleh, 2014).

عند تطبيق خوارزمية مجموعة النمل يتم تحديد عدد المحاولات التكرارية (iterations) اللازمة للحصول على الحل النهائي الأكثر مناسبة لتصميم الشبكة. تساعد هذه المحاولات النملة على امتلاك دورة حياة طويلة للاستفادة من المحاولات السابقة خلال البحث عن التصميم المناسب في أثناء عمل البرنامج. لتوجيه عمليات البحث بشكل فعّال باتجاه الحل المناسب، تُزوَّد كل نملة بذاكرة مؤقتة لتجميع المعلومات الناتجة من كل محاولة. تُسمى هذه الذاكرة باللائحة المحظورة وهدفها مساعدة النملة على تجنب المرور على النقطة أكثر من مرة واحدة خلال كل محاولة تكرارية. بافتراض أن النملة الموجودة على النقطة (I) اختارت النقطة (J) المجاورة لها لتنتقل إليها، فعندها تتم إضافة النقطة (J) إلى اللائحة المحظورة لتجنيب هذه النملة من الانتقال ثانية إلى (J) في أثناء تنفيذ المحاولة التكرارية الحالية. تستمر النملة باستخدام المبدأ ذاته عند التنقل بين النقاط الأخرى حتى رصد جميع نقاط الشبكة، وبالتالي في نهاية المحاولة التكرارية الأولى تكون اللائحة المحظورة ممتلئة بالنقاط الخمس. بعد إتمام كل محاولة تكرارية تقوم النملة بتفريغ لائحتها المحظورة من محتوياتها ومن ثم تخزين وتجميع هذه المعلومات بشكل تراكمي ومتتابع في مصفوفة الذاكرة ليتسنى بعدها للنملة البدء بمحاولة جديدة ولائحة فارغة. عندما تبدأ النملة المحاولة التكرارية الثانية فإنها تتبع الأسلوب ذاته الذي انتهجته في المحاولة الأولى، وتستمر في تنفيذ المحاولات التكرارية المحدّدة مسبقاً عند بداية عمل البرنامج. في نهاية عمل البرنامج (وبعد الانتهاء من تنفيذ جميع هذه المحاولات) يتم تجميع كل المعلومات الناتجة من هذه المحاولات في مصفوفة الذاكرة التي تحوي كل المسارات المتشكلة، وعندها يتم اختيار التصميم النهائي المكون من المسارات المثالية (Saleh and Allaert, **2009**).

تختلف مُدخلات خوارزمية مجموعة النمل الواجب اختيارها بعناية كبيرة وفقاً لحجم وطبيعة الشبكة المراد تصميمها. تتكون هذه المدخلات من العناصر الأساسية للشبكة ومعاملات التحكم بعمل الخوارزمية. تقوم العناصر الأساسية للشبكة بتحديد الأسلوب الواجب تطبيقه لنمذجة هذه المنظومة بحيث تتناسب مع إطار عمل خوارزمية مجموعة النمل، وتتألف هذه العناصر من مصفوفة المسافات، وعدد أفراد مجموعة النمل المستخدم في عملية التصميم، وعدد نقاط الانطلاق البدائية لعمل أفراد المجموعة، وأبعاد اللائحة المحظورة الخاصة بكل نملة. أما عوامل التحكم فتعتمد بشكل رئيس على المعلومات المتعلقة بالمادة الكيميائية الخاصة بضبط عمل الخوارزمية، وتتألف من عامل الكثافة وعامل الجودة وعاملي التعديل المحلي والكامل وصيغة إيقاف عمل الخوارزمية. تتكون المخرجات النهائية من التصميم المثالي للشبكة والعدد النهائي للمحاولات التكرارية وقيمة الزمن الحسابي اللازمين لإيجاد هذا التصميم (Saleh, 2014).

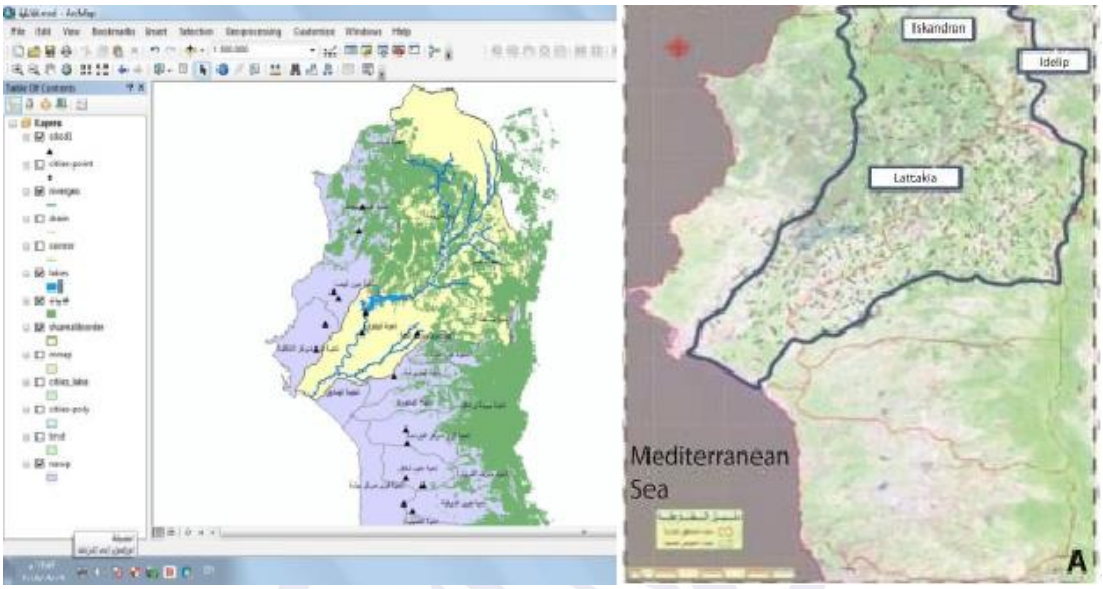
4-6 النهج التصميمي لعمل النموذج الديناميكي:

يهدف تصميم النموذج الديناميكي إلى تطوير أدوات دعم اتخاذ القرار وتحسين الصيغة العملية للحصول على الحلول المثالية التي تساعد في تحسين الوضع المائي من خلال تخفيف مستوى تلوث المياه وتسريع عملية معالجة البيانات وإيصال المعلومات إلى الجهات المختصة في الوقت المناسب. لقد تمت عملية التصميم من خلال تكامل إدارة البيانات الجيو-مكانية وأدوات المحاكاة وأدوات اتخاذ القرار بأسلوب علمي مبرمج مبني على استخدام خوارزمية مجموعة عمل النمل مع تعديل عناصر وعمل هذه الخوارزمة لتناسب تحقيق الاستخدام الفعال لإدارة الموارد المائية (Saleh, 2014). تمتلك هذه الخوارزمية القدرة على تعزيز قواعد البيانات وإدارتها لإنتاج مجموعة من الحلول ذات الجودة العالية في الوقت الفعلي لتحسين مشكلة الوضع المائي البالغة التعقيد. تعتمد هذه الخوارزمية على إجراءات تحسين تكرارية تجمع بين الاستراتيجيات العملياتية والتنظيمية المختلفة المبنية على المتانة والنماذج المحوسبة لتُبيّن بالصور المتعددة الاختلافات بين هذه الحلول ومدى مطابقتها للواقع.

بعد تحديد وتعيين عناصر النموذج الديناميكي يتم تشبيكها ودمجها معاً بشكل متكامل ومتناسق مع الأدوات والتقنيات ضمن جميع مراحل تنفيذ المنهجية العملية مع الأخذ بالحسبان تحقيق: التخطيط البيئي والمكاني وتنظيم سياسة استخدام الأرض (كالإعلان عن مناطق خطر الفيضان والتطور العمراني محلياً وإقليمياً)، إدارة وتنظيم استخدامات المياه (كتحديد مناطق الفيضان وتشكيل خطط مواجهته وأساليب التحكم بالتلوث)، إدارة خطر الفيضان المتزامن مع تداخل بعض المخاطر الأخرى (مثلاً، تفشي الأوبئة) والتنبؤ عنه وتنظيم خرائط التعرض لخطره وتطبيق الإنذار المبكر، المرونة المناسبة في التعامل مع البيانات الثابتة والمتغيرة. بناءً على ذلك، يتم إنتاج السيناريوهات المتنوعة التي تعكس آنياً – وباستمرار - الوضع الحقيقي والتمثيل الفراغي للوضع المائي والمخاطر المتوقعة، علماً أن الطرق التقليدية بوضعها الحالي تفتقر وتنقصها القدرة على ذلك (Saleh, and Allaert, 2009). تعرض الفقرة التالية بعض الأمثلة التطبيقية التي يتم العمل عليها وتطويرها بشكل مستمر حول تنفيذ هذه المنهجية العملية في بعض أجزاء من المنطقة الساحلية السورية.

7- النتائج الحاصلة:

يستخدم النموذج الديناميكي في الزمن الفعلي شبكة من محطات المراقبة الموزعة على كامل المنطقة الجغرافية للحوض الساحلي السوري. تتصل هذه الشبكة بقاعدة بيانات مركزية لتأمين معلومات موثوقة بشكل مستمر تساعد في مواجهة كارثة الفيضان ومراقبة خطر التلوث البيئي للمياه السطحية والجوفية الذي يرافق هذا الفيضان كما هو مبين في الشكل 8 (Kabili, **2018**). يقوم هذا النموذج بتأمين المعلومات الدقيقة والصحيحة باستمرار طيلة مراحل إدارة كارثة الفيضان، ثم تحليل واستنباط البيانات ومعالجتها آنياً بشكل تسلسلي ومتتالٍ بهدف تقليص الفوارق الزمنية عند توزيع واستخلاص المعطيات وتعميم استعمالها واستثمارها بفعالية في تحديد أنواع المشكلات التي تهدد الوضع المائي. أيضا يساعد هذا النموذج بتجنب واستبعاد انتشار الاخطاء، وتمثيل وبناء استراتيجية متابعة لإنتاج متجدد للمعطيات وفق برتوكول معلوماتي، وتطوير قاعدة معلومات ملائمة تستجيب لتبسيط تحليل وتقدير دقة المعطيات وأنواعها وصفاتها التي تُعد ضرورية في تقدير طبيعة الخطر، واجتزاء قطاعات خرائطية غرضية وتمثيلها مع التحليل والتفسير الموسَّعيَن لدعم عمليات اتخاذ القرار (Kabili, **2018**).



شكل 12. الخريطة الرقمية للأنهار الرئيسة والصغيرة مع مستجمعات المياه في حوض النهر الكبير الشمالي في المنطقة الساحلية السورية (Kabili, **2018**).

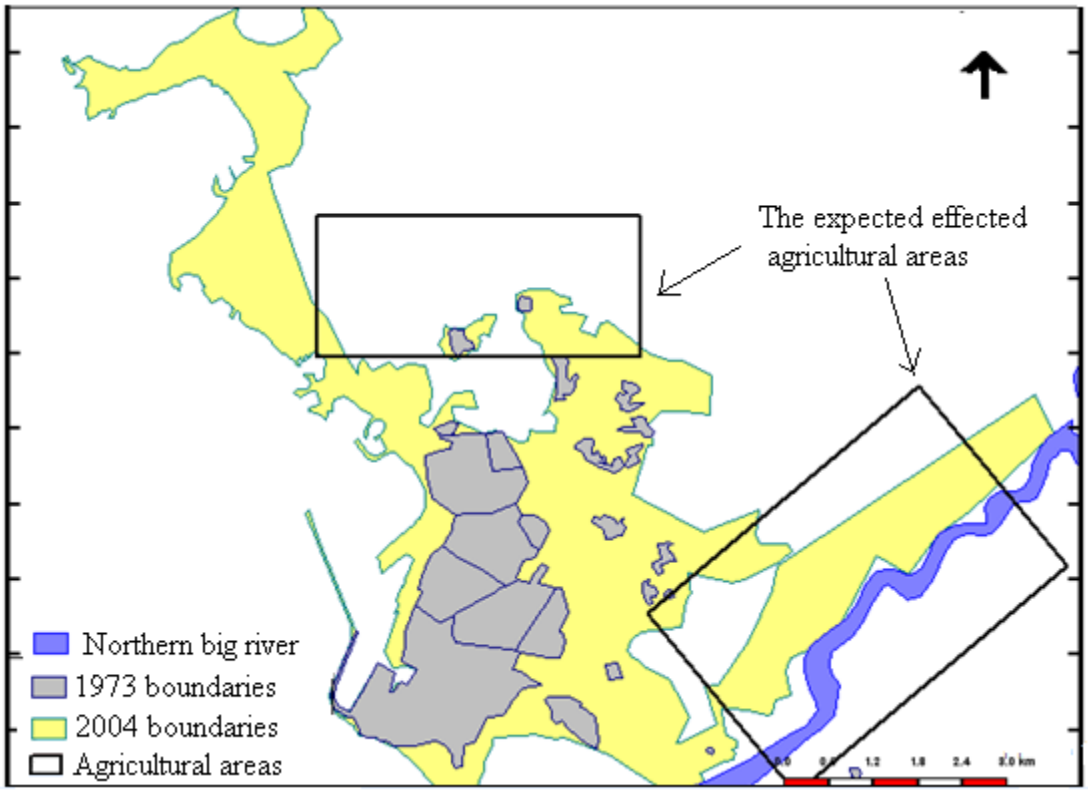
1-7 تحديد التوازن المائي في حوض النهر الكبير الشمالي:

يساعد النموذج الديناميكي على دعم الإدارة المتكاملة للمياه في **حوض النهر الكبير الشمالي** من خلال تطوير عدة سيناريوهات مناسبة لتحديد التوازن المائي في هذا الحوض الذي يشمل مصادر المياه التقليدية (المياه السطحية - الجوفية)، وغير التقليدية (الصناعية والزراعية، والصرف الصحي)، ومخازن المياه السطحية والمياه الجوفية، والاستخدامات المنزلية للمياه (الشرب والاستهلاك). يُعدُّ النهر الكبير الشمالي الذي يقع في شمال محافظة اللاذقية من أهم مصادر المياه في الحوض الساحلي بطول 56 كم، وبتدفق أقصاه 40 م^3/ثانية وبمساحة 929.67 كم^2 كما هو مبين في الشكل 12 (Kabili, **2018**). يقوم النموذج الديناميكي بتحديد سيناريوهات مختلفة لاستخدام المياه في المستقبل التي تأخذ في الاعتبار العديد من متطلبات الإدارة الفعّالة للموارد المائية مثل: تحديد عمليات التشغيل المتعلقة بمعاملات جودة وكمية المياه لتحسين المراقبة في الوقت الحقيقي لانتهاكات معايير الجودة المحددة لكل مستجمع مياه، تحديد حالة جودة المياه التي تساعد في فهم تطور التغيرات المتتالية لوضع المياه على المدى القريب والبعيد، تحديد الأسباب والمصادر التي تؤثر على تغيرات نوعية المياه، الخ (Saleh & Allaert, 2007).

2-7 تحديد خريطة المناطق الحساسة المحيطة بالمصادر المائية:

يقوم هذا النموذج بتحديد – بوصفه جزءاً من المنهجية العملية لإدارة الموارد المائية في المنطقة الساحلية السورية – سيناريوهات عدة لخريطة المناطق الحساسة المحيطة بالمصادر المائية. تُعدّ هذه الخريطة أداة قيّمة تدعم صناع القرار في مكان بناء نوع معين من المنشآت ذات المصادر الملوثة (مثل مصفاة أو مصنع الإسمنت) دون التأثير على الموارد المائية المجاورة كما هو مبين في الشكل 13. فور الحصول على هذه السيناريوهات سيتمكن المستخدم التقني (Technical User) بإجراء مقارنات فورية للنتائج المختلفة لهذه السيناريوهات، واختيار السيناريو الأكثر مناسبة بالتعامل مع الأهداف المتنافسة ضد بعضها بعضاً ومع مزيد من الاعتبارات. يكاد يكون من المستحيل حتى بالنسبة لمصمم على مستوى عالٍ من

الخبرة إيجاد أفضل حل باستخدام الطرق الحالية التي لا توفر التمثيل المكاني والمرئي للحالة بأكملها، وتفتقر إلى القدرة على اختيار الحالات الطارئة "المثيرة للاهتمام" المراد تحسينها. يجب أن يكون التصميم النهائي قوياً (أي يحقق أداءً جيداً على نطاق واسع من الظروف البيئية)، ومستديماً (أي ليس فقط في الظروف الحالية المثلى، ولكن أيضاً مع مراعاة التغيرات المتوقعة في معايير المناخ والهيدرولوجيا)، ومرناً (أي يتيح التكيف السهل بعد تغير البيئة) (Saleh & Allaert, 2008b).



شكل 13. التوسع غير النظامي لمدينة اللاذقية والمناطق الزراعية المتضررة المتوقعة (Saleh and Allaert, **2011**).

على أيّ حال، هناك حاجة إلى الكثير من البيانات والمعلومات للتحليل المكاني للخطط البديلة التي تستند إلى هذه النماذج والسيناريوهات الاقتصادية التي تم بناؤها على التطورات المجتمعية، والتي تُعدّ حاسمة في فهم الاستخدام المستقبلي لمصادر المياه وإدارتها بشكل مستدام (Saleh, 2014). على سبيل المثال، إنّ الحصول على البيانات في الوقت المناسب يكون مفيداً جداً في مراقبة الملوحة ومستوى منسوب المياه الجوفية في مدينة اللاذقية التي تضاعفت مساحتها 4 مرات في أقل من 40 عاماً. بالإضافة إلى دور مخططات الرسم البياني لمعلومات المتعلقة بهذه الموارد المائية، يساعد النموذج الديناميكي في تحديد أنشطة استخدامات الأراضي والمناطق الملوثة الناتجة عن هذه الأنشطة مثل المناطق الزراعية والصناعية التي زادت من قابلية تضرّر موارد المياه الجوفية في الإقليم الساحلي السوري لتعرضها لضغوط متزايدة بسبب الاستخدام المفرط كما هو مبين في الشكل 13.

8- الخلاصة:

يمثل ضمان الوصول الدائم والمستمر إلى المياه ذات الجودة الكافية لحياة وصحة الإنسان تحدياً كبيراً، ومن المرجح في القريب العاجل أن يصبح توافر المياه متغيراً جداً وغير متوقعٍ، ولاسيما مع التأثير الشديد المتزايد لتفشي الأوبئة والأمراض المتزامن مع وقوع الكوارث الطبيعية وتأثير التغير المناخي على دورة المياه العالمية. يجب مواجهة هذه التحديات الرئيسة التي تؤثر بشكل خطير على الموارد المائية بأسلوب عملي ناجح من خلال التركيز على البحث العلمي التطبيقي التنموي في ايجاد حلول عملية مدعومة بإعادة بناء القدرات بشكل أفضل في خلال وبعد الانتهاء من هذه الكوارث والاوبئة. عرضت هذه الورقة منهجية علمية تطبيقية تُساعد بكفاءة في مواجهة هذا الوضع الحرج للمياه من خلال تحقيق إدارة مرنة مبنية على تحسين التخطيط والتطوير المستديم للموارد المائية في سورية خلال الكوارث والأزمات وما بعدها، مع إمكانية تطبيق ذلك في الدول العربية وغيرها من الدول ذات الوضع البيئي المشابه لسورية. تؤكد هذه الدراسة على أهمية وضرورة اعتماد خوارزميات الذكاء الاصطناعي، والتقنيات الجيومعلوماتية في دعم الإدارة المتكاملة للموارد المائية في المنطقة الساحلية السورية في خلال الأزمات وما بعدها" مقارنة بالطرق التقليدية.

المراجع العربية

صالح، حسين عزيز. 2020. خطة عملية متكاملة لإدارة خطر الكوارث على مواقع التراث الثقافي: حالة دراسية في الإقليم الساحلي السوري. المجلة العربية للبحث العلمي، (1-16). متوفر بموقع https://www.qscience.com/content/journals/10.5339/ajsr.2020.2 (تاريخ الاسترجاع 2022/05/22)

صالح، حسين عزيز، 2017. خوارزمية الشبكات العصبونية الاصطناعية لتصميم منظومة الإنذار المبكر عن الكوارث الطبيعية والبيئية، مجلة التقدم العلمي، مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، العدد 111، تشرين أول 2020.

صالح، حسين عزيز. 2016. الذكاء الاصطناعي والجيومعلوماتية لإدارة خطر الكوارث، دار الربان للنشر، المكتبة البريطانية، المملكة المتحدة، الرقم المعيار الدولي (ISBN978-0-9935464-1-9). متوفر بموقع (https://arsco.org/article-detail-1489-5-0) (تاريخ الاسترجاع 2020/07/17)

صالح، حسين عزيز. 2008 .التصميم المثالي للشبكات الجيوماتيكية الداعمة لمنظومة الإنذار المبكر للكوارث البيئية والطبيعية، في كتاب ندوة إدارة الكوارث وسلامة المباني في الندوة العربية، وزارة الشؤون البلدية والقروية، الرياض، السعودية، 28 اذار-2 نيسان، الصفحات 555-569

صالح، حسين عزيز. 2002. التصميم المثالي للشبكات الطبوغرافية المرصودة بالأقمار الصناعية باستخدام البحث العملياتي. مجلة الجمعية العربية للملاحة، القاهرة، العدد 17، كانون أول، الصفحات 31-47.

المراجع الأجنبية

Aarts, E. H. L., and Korst, J., 1988. Simulated annealing and bolltzmann machines. John Wiley and Sons, Chichester. UK.

ACSAD, 2010. Drought vulnerability in the Arab region, case study- drought in Syria, Ten Years of Scarce Water (2000-2010). Published in the Arab Centre for the Studies of Arid Zones and Dry Lands (ACASD) in cooperation with ISDR.

Dare, P. and Saleh, H. A., 2000. "GPS Network Design: Logistic Solution using optimal and near-optimal methods". Journal of Geodesy. 74:467-478.

Domen, J., Stringfellow, W., and Camarillo, M., 2014. Fog water as an alternative and sustainable water resource. Clean Technol Envir;16: 235–49.

Dorigo, M. and Gambardella, M., 1996. Ant Colony System: a Cooperative Learning Approach to the Traveling Salesman Problem. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics-Part B, 26, 29-41.

Ebner, M., Miranda, T., and Roth-Nebelsick, A., 2011. Efficient fog harvesting by Stipagrostis sabulicola (Namib dune bushman grass). J Arid Environ; 75:524–31.

EC, 2011. Exploring the potential of maritime spatial planning in the Mediterranean. European Commission (EC) study. Available on: https://ec.europa.eu/maritimeaffairs/documentation/studies/study_msp_med_en (accessed on 24/08/2021).

Garrod R. P., Harris L. G., Schofield W. C. E., McGettrick J., Ward L. J., Teare D. O. H., and Badyal J. P. S., 2007. Mimicking a Stenocara Beetle's Back for Microcondensation using Plasmachemical Patterned Superhydrophobic− Superhydrophilic Surfaces. Langmuir 2007 23 (2), 689-693. DOI: 10.1021/la0610856

Glover, F., and Laguna, M., 1997. Tabu Search, Kluwer Academic Publisher, USA.

GORS, 2011. Determining Prospective areas for new supporting groundwater sources in Tartous Governorate using remote sensing techniques and the assisting systems. The General Organisation of Remote Sensing (GORS). Available at http://gors-sy.net (accessed on 14/02/2022).

Hassoum, M., 1995. Fundamentals of Artificial Neural Networks. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, UK.

HCSR-STI, 2017. National Science, Technology and Innovation (STI) policy in Syria, 2017. Higher Commission for Scientific Research (HCSR), Damascus, Syria. Available on http://www.hcsr.gov.sy/pdf/projects/national_policy/ar_report.pdf (accessed on 12/07/2019)

IPCC, 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK &USA.

Jarimi, H., Powell, R., and Riffat, S., 2020. Review of sustainable methods for atmospheric water harvesting. International Journal of Low-Carbon Technologies, 1–24.

Jerving, S., 2020. What does a COVID-19 response look like with limited water? Devex International Development News Comment Policy. Available at https://www.devex.com/news/what-does-a-covid-19-response-look-like-with-limited-water-96834 (accessed on 12/06/2020).

Kabili, I., Abbas, J., Saleh, H., Al-Ali, M., 2018 .Preparing a soil database for modeling the northern Kabeer River basin using the Water Planning and Assessment Model WEAP21, Tishreen University Journal -Biological Sciences Series, 39(4). (in Arabic) (ISSN: 2079-3065).

MCF, 2002. The 12th Marie Curie Fellowship (MCF) Scientific Workshop, Brussels, Belgium. Title of the topic "Metaheuristic Techniques for Optimising the use of Global Navigation Satellite Systems (GNSSs) technology". 4-5 June.

METAP, 2010. Mediterranean Environmental Technical Assistance Program (METAP), Syrian Arab Republic: Cost Assessment of Coastal Zone Environmental Degradation, /METAP/WB/MoLAE, Damascus February 22.

MoWRs, 2010. Water requirements for the agricultural plan 2004-09. The Ministry of Water Resources (MoWRs). The Directorate of Irrigation and Water Use. Damascus.

PAX, 2015. Amidst the debris...A desktop study on the environmental and public health impact of Syria's conflict. Available at www.paxforpeace.nl (accessed on 20/04/2018).

Renders, M., and Flasse, P., 1996. Hybrid method using genetic algorithms for the global optimization, IEEE Transactions on Systems, *Man and Cybernetics*, (26): 243-258.

Sadoff, C., and Smith, M., 2020. Water in the COVID-19 crisis: Response, recovery, and resilience. International Food Policy Research Institute,Washington, June https://www.ifpri.org/blog/water-covid-19-crisis-response-recovery-and-resilience

Saleh, H. A., 2017. Disaster Management and the Linkages between the Environmental, Regional and Spatial Planning in Syria. The second PhD thesis, Ghent University Press, ISBN 978-94-6355-066-6.

Saleh, H. A., Allaert, G., and De Sutter, R., 2016. Towards efficient use of water resources management: a case study of the Syrian coastal region. Int. J. Water, Vol. 10, No. 1, p.28–54.

Saleh, H. A., 2014. Artificial Intelligence for Global Positioning System Networks: Theory & Applications, LAP Lambert Academic Publishing, Germany. ISBN: 978-3-659-55202-1

Saleh, H. A., and Allaert, G., 2012. Disaster Management and Risk Reduction: Impacts of Sea Level Rise and other Hazards related to Tsunamis on Syrian Coastal Zone (A Case Study on the Lattakia City). In: Typhoon Impacts and Crisis Management, (Tang D L and Sui G J, eds.,) Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp.481-536 .ISBN: 978-3-642-40694-2

Saleh, H. A., 2011. Support system based advanced process resolving models for water management in arid environment. International Journal of Water Resources and Arid Environment. 1/6:450–456.

Saleh, H. A., and Allaert, G., 2011. Scientific research based optimization and geo-information technologies for integrating environmental planning in disaster management. In: Remote Sensing of the Changing Oceans, (Tang D L, ed.,), Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp.359-390, ISBN: 9783-642-16540-5.

Saleh, H. A., Allaert, G., and Abbas, I., 2010. Spatial solutions based geo-information methods for sustainable integrated water resources management. In the 4th International Conference on Water Resources and Arid Environment, Riyadh, Saudi Arabia, 5-8 December.

Saleh, H. A., and Allaert, G., 2009, Mitigating Urban Flood Disasters in Syria: A Case Study of the Massive Zeyzoun Dam Collapse. In the proceedings of the workshop on Safe Water Services in Post-conflict and Post-disaster Contexts, World Water Week, Stockholm, Sweden 16th – 22th , August.

Saleh, H. A., Allaert, G., De Sutter, R., Kellens, W., De Maeyer, Ph., and Vanneuville, W., 2008. Intelligent decision support system based geo-information technology and spatial planning for sustainable water management in Flanders. In the proceedings of the International Conference on Water and urban development paradigms, Towards an integration of engineering, design and management approaches, Leuven, Belgium 14th-19th, Sept., CRC Press, Taylor & Francis, London. ISBN 978-0-415-48334-6.

Saleh, H. A., & Allaert, G., 2008a. An Innovative and Cost-effective Monitoring Network for Water Pollution Control and Water Management. In the proceedings of the World Water Week in Stockholm & the 18th Stockholm Water Congress, Stockholm, Sweden 17th – 23th August. SIWI Press, Sweden,

Saleh, H. A., & Allaert, G., 2008b. Intelligent tools based Geo-information Technology & Dynamic Optimization for Sustainable Water Management. In the proceedings of the 5th Congress of Scientific Research Outlook in the Arab World "Scientific Innovation and Sustained Development" Fez, Morocco, 26-30 October.

Saleh, H. A., & Allaert, G., 2007. Monitoring network based optimisation & geo-information technology for water pollution and water management in Flanders. In the Proceedings of International conference: sustainable development & management of water in Palestine, Amman, Jordan 26 August.

Saleh, H. A., and Dare, P. 2003. Near-optimal design of Global Positioning System networks using the Tabu Search technique. *J. of Global Optimization*, (25): 183–208.

Saleh, H. A., and Chelouah, R., 2003. The design of the Global Navigation Satellite Surveying Networks using Genetic Algorithms. *Journal of the Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 17 (1):111-122.

Saleh, H. A., 2003. An Artificial Intelligent design for GPS Surveying Networks. *GPS Solutions*, (7): 101-108.

Saleh, H. A., 2002. Metaheuristics for optimising the use of Geographic Information Systems. Proceedings of the Euro-conference of the Science for Water Policy (SWAP): The Implications of the Water Framework Directive. The European Commission, Research Directorate-General. East Anglia. UK. 2-4 September.

Saleh, H. A., 2002. Ants can successfully design GPS Surveying Networks. *GPS World*,13 (9): 48-60.

Saleh, H. A., and Dare, P., 2001. Effective Heuristics for the GPS Survey Network of Malta: Simulated Annealing and Tabu Search Techniques. *J. of Heuristics*, (6):533-549.

Saleh, H. A., 1999. A Heuristic Approach to the design of GPS networks. The first PhD thesis, School of Surveying, University of East London, UK . (https://repository.uel.ac.uk/item/86q28)

Schemenauer, R., and Cereceda, P., 2011. Global Warming and the Third World. Fog Collection. Tiempo Climate Cyberlibrary.

UNICEF, 2013. The United Nations Children's Fund (UNICEF), 2013. Water and sanitation crisis threatens Syrian children. Available on http://www.unicef.org/mena/Syria_Crisis_WASH-Syria-Feb-2013-En.pdf

WEF, 2020. The Global Risks Report 2020. World Economic Forum (WEF), 15th Edition, Geneva, Switzerland. Available at https://www.weforum.org/reports/the-global-risks-report-2020 (accessed on 04/01/2021).

WHO & UNICEF ,2020. Water, sanitation, hygiene, and waste management for the COVID-19 virus: interim guidance, 19 March 2020. World Health Organization (WHO) & United Nations Children's Fund (UNICEF) . https://iris.who.int/handle/10665/331499. License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO (accessed on 15/09/2020)

Zhang, S., Huang, J., and Chen, Z., 2017. Bioinspired special wettability surfaces: from fundamental research to water harvesting applications. Small. 2017 Jan;13(3). doi: 10.1002/smll.201602992. Epub 2016 Dec 9. PMID: 27935211.

Allelopathic Effects of Aqueous Extracts of Mesquite on Two Arid Plant Species

Areej A. Al Musalami [ab1*], Hassan A. Al-Reasi [ac2*]

[a] Department of Biology, College of Science, Sultan Qaboos University, Al-Khod, Muscat, PO

[b]Waste Management Section, Chemicals and Waste Management Department, Environment Authority, Muscat, Oman, PO Box: 323, Postal Code:100. Tel.: (+968) 24951249 (Ext. 1249),

[c] Biology Education Section, Faculty of Education and Arts, Sohar University, Sohar, Oman

Abstract

Mesquite (*Prosopis juliflora*) is a global invasive plant threatening native floral diversity and agricultural lands in arid and semi-arid areas where it has been flourishing extensively. Nevertheless, its potential effects on the indigenous trees in such areas have been overlooked. Here, seeds of two predominant plants (*Prosopis cineraria* and *Vachellia tortilis*) were exposed to aqueous leaves/pods extracts (10 and 100 mg/L) of *P. juliflora*, and the geminated seedlings were allowed to grow for 28 days. Seed germination and seedlings growth of both species were not significantly affected by the presence of aqueous extracts. While the exposed *V. tortilis* seedlings had higher content of chlorophylls *a* and *b* particularly with pod extracts, an increased carotenoids content was observed for *P. cineraria* seedlings. As indicated by proline levels, neither *P. cineraria* nor *V. tortilis* seedlings appeared to be stressed by *P. juliflora* extracts. The low levels of extracts employed as well as exclusion of organic-soluble allelochemicals in aqueous extracts may not impede processes responsible for root elongation and shoot development of the studied plants. Our reported inconsistent findings urge for further studies to be carried out in field soils sampled near or under the canopy of *P. juliflora*.

الملخص

المسكيت (*Prosopis juliflora*) هو نبات عالمي غازي يهدد التنوع النباتي والأراضي الزراعية في المناطق القاحلة وشبه القاحلة حيث يزدهر على نطاق واسع. ومع ذلك، فقد تم التغاضي عن آثاره المحتملة على الأشجار المحلية في هذه المناطق.

تتلخص التجربة التي قمنا بها بتعريض بذور اثنين من النباتات السائدة في هذه البيئات والمتمثلة بالغاف (*Prosopis cineraria*) والسمر (*Vachellia tortilis*) للمستخلصات المائية لأوراق / قرون المسكيت (10 و100 ملغم / لتر). بعد الإنبات، تُركت الشتلات لتنمو لمدة 28 يوماً. ولم يتأثر إنبات البذور ونمو الشتلات لكلا النوعين بوجود المستخلصات المائية. في حين أن شتلات السمر احتوت على نسبة أعلى من الكلوروفيل أ وب التي تعرضت لمستخلصات القرون، تم ملاحظة زيادة في محتوى الكاروتينات في شتلات الغاف.بناء على مستويات البرولين، لا يبدو أن شتلات الغاف أو السمر قد تعرضت للإجهاد بواسطة مستخلصات المسكيت المائية. إن المستويات المنخفضة من المستخلصات المستخدمة وكذلك استبعاد المواد الكيميائية العضوية الغير قابلة للذوبان في المستخلصات المائية قد لا تعيق العمليات المسؤولة عن استطالة الجذور وتطور البراعم للنباتات المدروسة. تحث النتائج غير المتسقة التي توصلنا إليها على إجراء مزيد من الدراسات في التربة الميدانية التي تم أخذ عينات منها بالقرب من أو تحت ظل أشجار المسكيت.

Key words: *Prosopis juliflora*, *Prosopis cineraria*, *Vachellia tortilis*, allelopathy, Proline, Chlorophylls

1. Introduction

The convention on Biological Diversity defines invasive alien species (IAS) as those whose existence and spread threaten biological diversity because of their high potential for development and adaptation outside their usual range or current distribution. Usually, the movement of IAS to new habitat for reproduction and wide distribution is the cause driving biological invasions (Mack et al., 2000). Consequently, they may significantly reduce the abundance of native flora and fauna species by affecting the energy transfer of original ecosystem, the balance of nutrient recycling and hydrology (Mack et al., 2000). Globally, IAS are considered a major cause of environmental change as they increase in abundance and extend distribution (Mack et al., 2000), leading to damage to ecosystems, economic activities, and landscapes.

Mesquite (*Prosopis juliflora* Sw.) is one of the most harmful global IAS widely spreading in most parts of the world (Shackleton et al., 2015). Nowadays, *P. juliflora*, is found in subtropical and tropical regions of Africa, South America, North America, and Southwest Asia and Middle East, where it is known as “algaroba” or “mesquite” (Batista et al., 2018). In Oman, *P. juliflora* is highly adaptable to extreme environmental conditions (e.g. high summer temperatures and drought), and grow rapidly and produce massive quantity of seeds. Its seeds are coated in thick impermeable pods which help increase seed dormancy and germination when conditions are favorable. One of the reasons the growth of *P. juliflora* tree is not affected by harsh

environmental factors is due to its ability to adapt to variable circumstances and likely because of a rapid nitrogen fixation associated with its roots (Tajbakhsh et al., 2015). The tree has been introduced into many areas including the Arabian Peninsula, including Oman, for various reasons, notably desertification control, soil treatment, landscaping, as well as an ornamental plant (Ghandafar, 1996). A Few reports stated that it can be used as animal feed (Batista et al., 2018), however this may not be the case as it is widely spreading and distributing especially in the coastal areas of Oman. Nevertheless, this does not exclude that cattle can help spread *P. juliflora* (Whitford and Duval, 2020), probably by enhancing their germination after passing through the ruminant's digestive track. The *P. juliflora* can reach 12 meters high and contains solitary and sharp thorns, while its branches have binious leaves. Its flowers appear neatly in spikes of a light-yellow color and its fruits or pods are indehiscent (Mendes, 1989).

As an invasive species, *P. juliflora* competes with local plant species, delay the growth of adjacent plants by influencing seed germination and reducing the growth of their vegetative parts, and replaces nearby plants and local species (Inderjit et al., 2008; Mwangi and Swallow, 2005). Such characteristics make *P. juliflora* a threat to biodiversity. It is believed that secondary chemicals, commonly known as allelochemicals, are blamed for driving the invasiveness of mesquite. Stems, roots, leaves, seeds, and flowers produce such substances that have been demonstrated to negatively affect various plant species (Inderjit et al., 2008; Goel et al., 1989; Nakano et al., 2004; Al Abdali et al., 2019; Al Musalmi et al., 2023). This phenomenon is referred to as allelopathy. Extracts of different solvents of various parts of *P. juliflora* have exhibited reduction of seed germination, stunted growth and/or mortality of seedlings (Nascimento et al., 2014; Al Abdali et al., 2019).

The plant diversity in Oman have been exposed to increasing threats mainly habitat loss due to increased use of land for industry, housing, and roads, as well as the increase in livestock and the spread of invasive plant species (Ghazanfar, 1997). For example, local *Prosopis* species (*P. cineraria*) and a closely related species (*Vachellia tortilis*) are the predominant trees in most of Oman with several benefits and ecological services. Whether caused by anthropogenic activities or invasive species, loss of vegetation cover may lead to enhanced soil erosion as well as loss of the ecosystem services associated with such species. Accelerated distribution and widespread of *P. juliflora* has urged the Omani Government to launch an eradication campaign for this IAS

worth of OMR 2.0 million (US$ 5.2 million) in 2016. Nevertheless, how the native species (*P. cineraria* and *V. tortilis*) respond to the invasive species has not been examined sufficiently. Only a few investigations (e.g., Al-Abdali et al., 2019) have been conducted to understand how *P. juliflora* interferes with the local flora. Here, we are aiming to determine the allelopathic effects of aqueous extracts of *P. juliflora* leaves and pods on seed germination, root length and chlorophyll contents of *P. cineraria* and *V. tortilis* seedlings, and to measure the levels of proline, as stress biomarker, of *P. cineraria and V. tortilis* seedlings after their exposure to aqueous extracts.

2. Materials and Methods

2.1 Collection and Processing of plant materials

Leaves and pods of *P. juliflora* as well as seeds of *P. cineraria* and *V. tortilis* were collected from northern Oman. At least 3-5 individual trees were sampled to get the specimens (i.e., leaves and seed pods) of the three species (*P. cineraria*; *P. juliflora*, and *V. tortilis*). Fresh leaves and pods of *P. juliflora* were dried fully in shade for at least two weeks. Then, leaves were detached from the stems and individual leaflets were collected and ground into powder using a coffee grinder. Similarly, the dried pods were ground using the grinder. The powdered leaves and pods were stored in the fridge at 4 ^{o}C until their use.

2.2 Preparations before experiments

For potting media preparation, sandy soil (from Al Batinah North Governorate) was mixed with compost (Potgrond potting substrate with NPK 12:14:24 plus trace elements, and pH 5.5-5.9, Holland) in 1:1 ratio to prepare a bulky amount. Three treatments were prepared, namely control (mixed soil: compost media alone), 0.5 and 5% w/w of *P. juliflora* leaf/pod mixed with soil: compost media. Total weight of mixed soil: compost media was determined, and the weight of the required leaf/pod powder was then calculated, added and mixed homogeneously. At least three replicates were prepared for each treatment, each consisting of ten seeds of *P. juliflora* or *V. tortilis*. Seed germination was observed daily and irrigated, if necessary.

2.3 Preparations before experiments

Following the method of Al-Abdali et al (2019), 150 g of powdered leaves and pods were dissolved separately in 2.0 L of deionized water and kept in the fridge for 24 hours. Then, the solutions were filtered in several steps to get rid of the suspended or undissolved solids. First, the solutions were filtered with plastic or tea strainer sieve with stainless steel mesh. Second, the strainer was used to filter the solution. Third, a sieve size of 45 µm was used to filter the solution. After that, it was filtered using a sieve with the size of 25 µm. Finally, the leaf and pod filtrates were centrifuged (Centrifuge 5804, Eppendorf, Germany) at a speed of 4000 rpm for 10 minutes. The extracts were stored in the fridge prior to freeze-drying. Each sample was transferred in small volumes into glass containers and frozen at –40 ^{o}C and then placed in the freeze-dryer (LABCONCO®, Canada, North America) for a week to get extract powder or flakes. The resultant leaf and pod extract powders were 12.1165 and 11.9884 g, respectively. Finally, the powdered extracts were stored in tightly closed, tinted bottles at 4 ^{o}C for further experiments.

2.4 Exposure of *P. cineraria* and *V. tortilis* to *P. juliflora* extract solutions

Stock solutions (400 mg/L) were prepared from the lyophilized powdered extracts. About 0.1 grams of powdered leaf/pod was dissolved in a 250 ml volumetric flask and diluted with deionized water to the meniscus. The solutions were stored in the fridge until carrying out the experiments. Two different concentrations (10 and 100 mg/L) were prepared from the stock solution by dilution with deionized water. Randomly selected seeds of *P. cineraria* and *V. tortilis* were soaked in the 10 and 100 mg/L of leaf or pod extracts for 48 hours. We refer to the treatments as follows: Leaf 10 and Leaf 100, and Pod 10 and Pod 100 for 10 and 100 mg/L leaf and pod extracts, respectively. Similarly, seeds of *P. cineraria* and *V. tortilis* were soaked in deionized water (control). After 48 hours, they were planted in mixed media (1:1 sandy soil: compost media). Each treatment was done in three replicates, each with ten seeds. Seed germination were observed on a daily basis and irrigated, if necessary.

2.5 Growth parameters of *P. cineraria* and *V. tortilis* seedlings

Seedlings were allowed to grow outside the laboratory (College of Science, Sultan Qaboos University, Oman) for 28 days post germination. For *P. cineraria* experiments, the mean (± standard deviation) of temperature, humidity, and wind speed were 28.37 ± 1.62 °C, 62.61 ± 9.52 % and 5.71 ± 1.57 knots, respectively. For *V. tortilis* experiments, the average values of temperature, humidity, and wind speed were 30.00 ± 1.22 °C, 66.31 ± 10.13 % and 5.84 ± 1.82 knots, respectively. Seedlings were irrigated daily, if necessary. At the end of the experiments, the seedlings were carefully uprooted, and their total fresh mass (in grams) and root length (in cm) were recorded using an analytical balance (Analytical Series) and a ruler, respectively. Finally, each plant was separately kept in a plastic bag and stored in the freezer (-20 °C) for subsequent analysis. Also, the ratio of the length to fresh mass (L/M ratio) was calculated for each seedling of each species from all treatments using the specific root length (SRL) equation: SRL = L/M. SRL is considered one of the widely used morphological parameters in measuring fine roots (Ostonen et al., 2007).

2.6 Chlorophyll contents measurement

The chlorophylls measurement was carried out according to Lichtenthaler and Wellburn (1983) method. The leaves of each individual seedling were weighed using the analytical balance and were then ground using mortar and pestle with the addition of 10 ml of 80% acetone (prepared from 100% acetone, VWR Chemicals, USA). The homogenized mixture was filtered through filter paper (Whatman® filter paper, 9 cm diameter) using vacuum filtration through a Buchner funnel. The filtrate of each sample was stored in the refrigerator until reading the absorbance. Using a glass cuvette, each sample was scanned at the wavelength range of 450-670 nm using the ultraviolet-visible spectrophotometer (UV-3100PC, VWR, USA). The content of chlorophyll a (*Chl a*), chlorophyll b (*Chl b*) and carotenoids (C_{x+c}) of *P. cineraria* and *V. tortilis* seedlings were calculated using the following formula (Sudhakar et al., 2016):

Chl a (mg/g) = 12.7 (D_{663}) – 2.69 (D_{645}) x V / 1000 x W

Chl b (mg/g) = 22.9 (D_{645}) – 4.68 (D_{663}) x V / 1000 x W

C_{x+c} (mg/g) = [1000 (D_{470}) - 1.9 *Chl a* – 63.14 *Chl b*] / 214

Where D refers to the measured absorbance values at the specified wavelength.

2.7 Proline content measurement

The free proline protocol (Bates et al., 1973) was employed to estimate the proline contents of *P. cineraria* and *V. tortilis* seedlings. Briefly, the stems and roots of the seedling were pooled and weighed using an analytical balance and then homogenized in 5 ml of 3% sulfosalicylic acid by the mortar and pestle. Then, the homogenate was filtered through the filter paper (Whatman® filter paper, 9 cm diameter), using vacuum filtration through a Buchner funnel. After that, 2 ml of the filtrate was taken in a test tube and 2 ml of glacial acetic acid with 2 ml of ninhydrin reagent were added to the same test tube. Then, the test tubes of the samples were treated similarly as described above for the proline standards. The absorbance reading of standards and samples were taken at 520 nm against toluene blank using the spectrophotometer. The free proline content of *P. cineraria* and *V. tortilis* seedlings were estimated by referring to a standard curve made from known concentrations of proline and incorporating the estimated readings in the following formula (Bates et al., 1973):

µmoles/g tissue = [{(µg proline/ml) x ml toluene} / (115.5 µg/µmole)] ÷ (g sample / 5)

2.8 Statistical analysis

The parameters of germination percentage, root length, SRL, fresh mass, chlorophylls content and proline content of the seedlings were calculated and graphed using Microsoft Excel software (version 2016) and the values were reported as mean ± standard error (SE) for both plant species (*P. cineraria* and *V. tortilis*). For analyzing the data statistically, SigmaStat software for Windows (Version 3.5, Systat) was employed for two-way analysis of variance (two-way ANOVA) for comparing parameters between the treatments (control, 0.5% and 5%) and species (i.e., *P. cineraria* and *V. tortilis*). Data were checked for assumptions (normality and equal variance) while performing the two-way ANOVA. In the case of failed tests for normality and/or equal variance, transformation of data was carried out using $\log_{10}$, reciprocal or rank. Whenever significant differences were detected, *post hoc* multiple comparisons were conducted using Tukey's test. The differences were considered significant at $P < 0.05$.

3. Results

3.1 Effect of *P. juliflora* extracts on seed germination and seedlings growth *P. cineraria* and *V. tortilis*

Figure 3.1 demonstrates seed germination of *P. cineraria* and *V. tortilis* when exposed to *P. juliflora* leaf and pod extracts at 10 and 100 mg/L. Compared to *P. cineraria*, an increasing trend in germination was observed for *V. tortilis* particularly for leaf extract (Fig. 3.1). Nevertheless, germinations percentages were not significantly different from the control for both species (Two-way ANOVA, P > 0.05, Fig. 3.1). The germination % of *P. cineraria* in control and 10 mg/L leaf and pod treatments is higher than that for *V. tortilis* (Fig. 3.1).

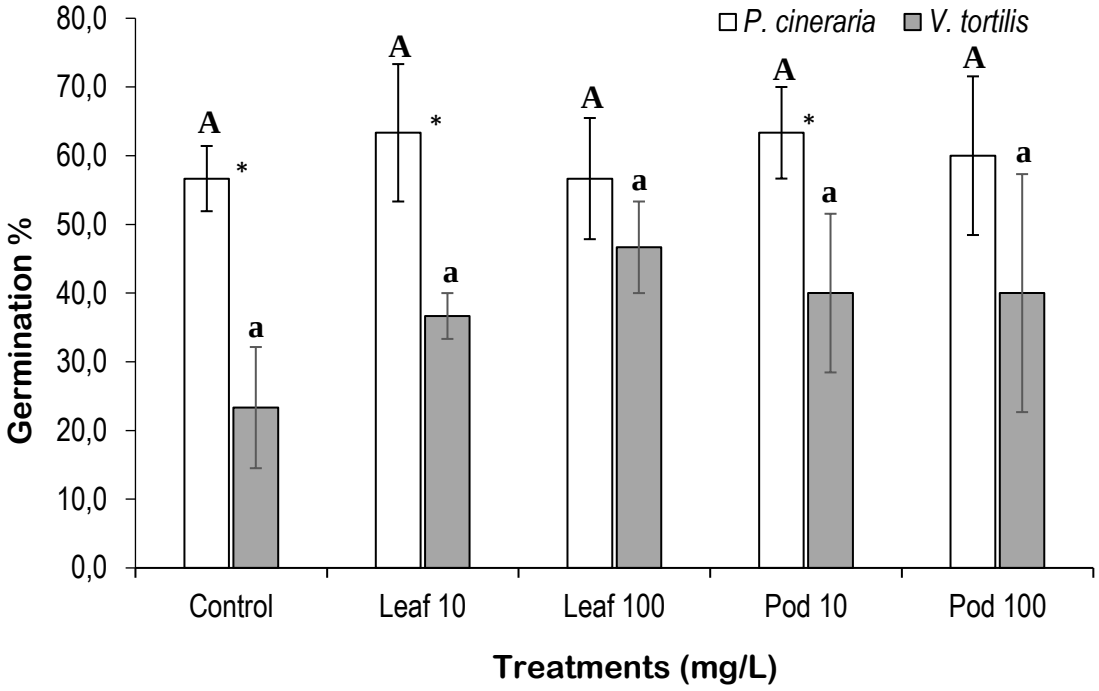


Figure 3.1: Germination (%) of *P. cineraria* and *V. tortilis* seeds after exposure to *P. juliflora* leaf and pod extracts at two concentrations (10 and 100 mg/L). The values are mean ± SE of n = 3 replicates/determinations. Within a species, bars sharing the same letter (uppercase for *P. cineraria* and lowercase for *V. tortilis*) are not statistically different. The asterisk (*) indicates the differences between both species in each treatment.

Figure 3.2 illustrates the effect of leaf and pod extracts of *P. juliflora* on the root length of *P. cineraria* and *V. tortilis* seedlings. On average, the control seedlings of *P. juliflora* and *V. tortilis* had root length of 5.6 ± 1.9 and 6.3 ± 1.5 cm, respectively. For the treatments, the length ranged between 4.8 ± 0.6 to 9.1 ± 2.0 cm (*P. juliflora*) and 3.6 ± 0.2 to 9.2 ± 1.3 cm (*V. tortilis*). For both species, no significant difference was detected between the control and the treatments (Two-way ANOVA, F = 1.591, P = 0.196). In addition, no differences were found in root length of both species at various treatments (Two-way ANOVA, F = 2.4 x 10^{-05}, P = 0. 996, Fig. 3.2).

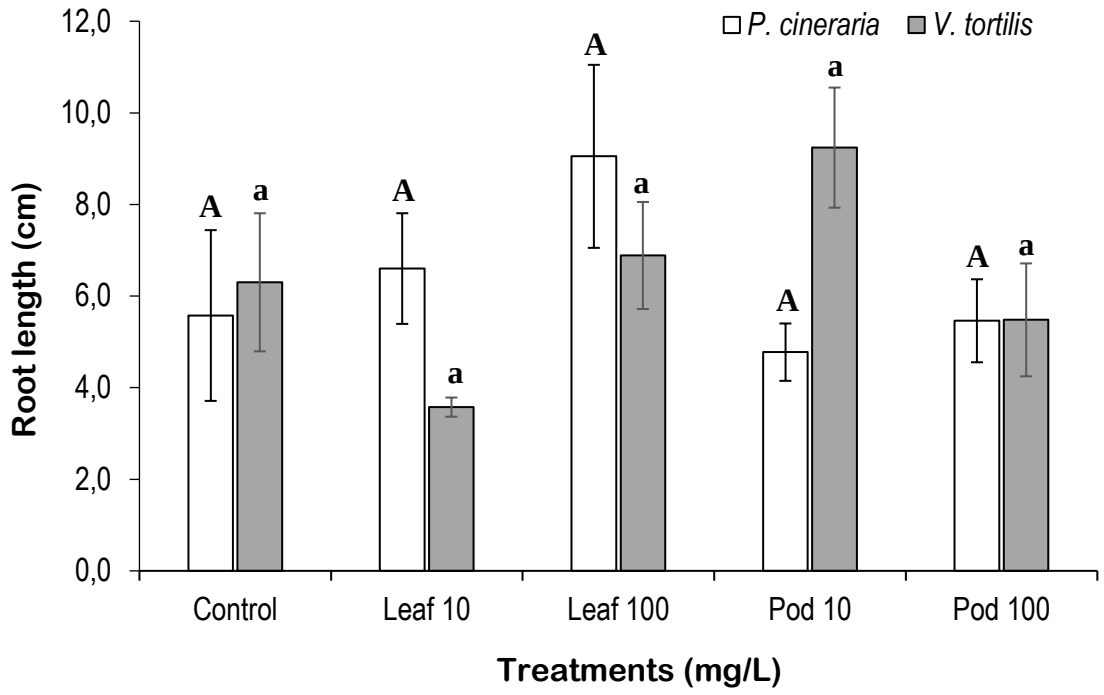


Figure 3.2: Root length of *P. cineraria* and *V. tortilis* seedlings after exposure to leaf and pod extracts of *P. juliflora* at two concentrations (10 and 100 mg/L). The values are mean ± SE of n = 3 replicates/seedlings. Within a species, bars sharing the same letter (uppercase for *P. cineraria* and lowercase for *V. tortilis*) are not statistically different.

While no difference was detected between treatments for both species, significant statistical differences in specific root length (i.e. root length-to- fresh mass ratio or L/M ratio) were revealed between the species (Two-way ANOVA, F = 16.333, P < 0.001, Fig. 3.3). *V. tortilis*

seedlings had significantly higher L/M ratio in both pod extracts (10 and 100 mg/L, $P < 0.001$, Fig. 3.3).

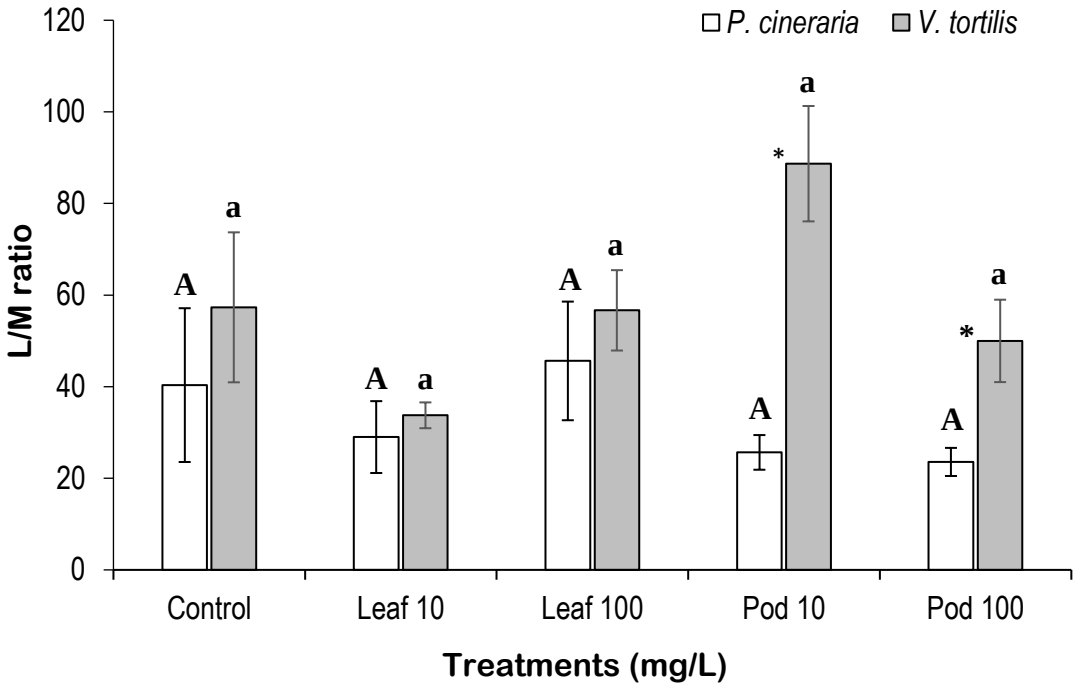


Figure 3.3: Root length-to-mass ratio (L/M ratio) of *P. cineraria* and *V. tortilis* seedlings after exposure to leaf and pod extracts of *P. juliflora* at two concentrations (10 and 100 mg/L). The values are mean ± SE of n = 3 replicates/seedlings. Within a species, bars sharing the same letter (uppercase for *P. cineraria* and lowercase for *V. tortilis*) are not statistically different. The asterisk (*) indicates the differences between both species in each treatment.

When exposed to the extracts of *P. juliflora*, similar total fresh mass of the *P. cineraria* and *V. tortilis* seedlings were measured in all treatments (Two-way ANOVA, $P > 0.05$, Fig. 3.4). Interestingly, fresh masses of *P. cineraria* seedlings were significantly higher than that of *V. tortilis* in all treatments with exception of the control (i.e. leaf or pod extract-free treatment) ($P < 0.05$, Fig. 3.4).

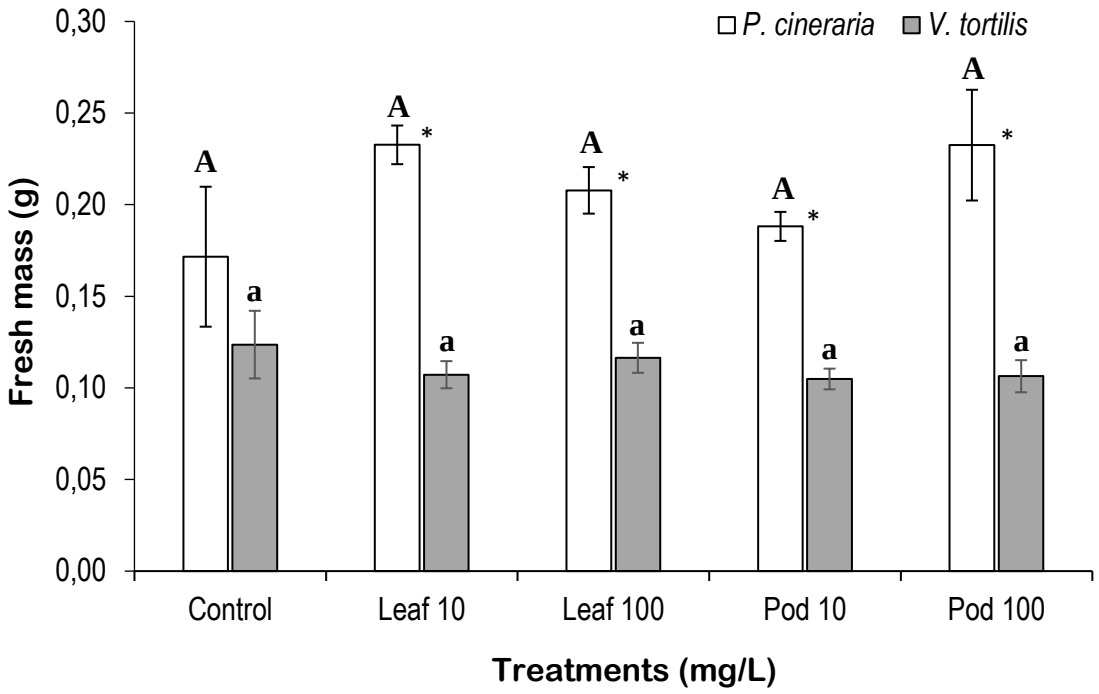


Figure 3.4: Fresh mass of *P. cineraria* and *V. tortilis* seedlings after exposure to leaf and pod extracts of *P. juliflora* at two concentrations (10 and 100 mg/L). The values are mean ± SE of n = 3 replicates/seedlings. Within a species, bars sharing the same letter (uppercase for *P. cineraria* and lowercase for *V. tortilis*) are not statistically different. The asterisk (*) indicates the differences between both species in each treatment.

3.2 Effect of *P. juliflora* extracts on chlorophylls of *P. cineraria* and *V. tortilis* seedlings

After exposure to leaf and pod extracts of *P. juliflora*, chlorophyll *a* content of *P. cineraria* and *V. tortilis* seedlings appeared to have increased significantly from control especially in pod extract treatments (Two-way ANOVA, $P < 0.001$, Fig. 3.5). For instance, *P. cineraria* seedlings exposed to 100 mg/L pod extract contained significantly higher chlorophyll *a* than those exposed to the leaf extracts at 10 mg/L (Fig. 3.3). Although a higher average chlorophyll *a* content was also estimated for *V. tortilis* seedlings at both concentrations of pod extract, the wide variability masked the statistical significance (Fig. 3.3).

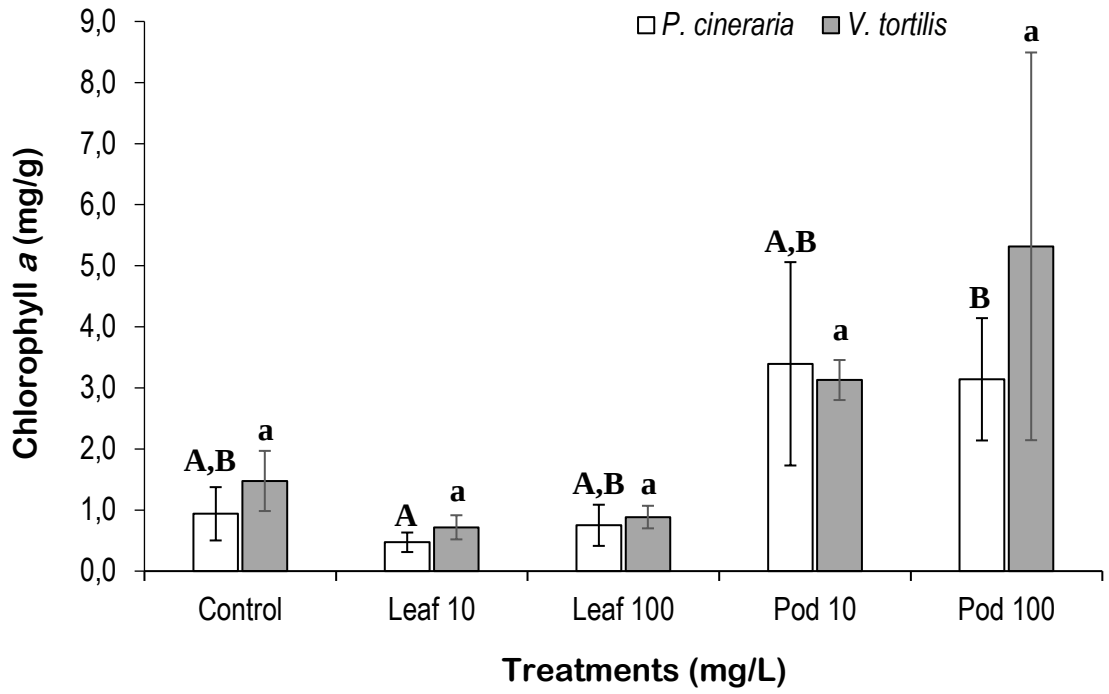


Figure 3.5: Chlorophyll *a* content of *P. cineraria* and *V. tortilis* seedlings after exposure to leaf and pod extracts of *P. juliflora* at two concentrations (10 and100 mg/L). The values are mean ± SE of n = 3 replicates/seedlings. Within a species, bars sharing the same letter (uppercase for *P. cineraria* and lowercase for *V. tortilis*) are not statistically different.

Figure 3.6 illustrates the effect of leaf and pod extracts of *P. juliflora* on chlorophyll *b* content of *P. cineraria* and *V. tortilis* seedlings. Chlorophyll *b* content in *P. cineraria* showed a reduction trend particularly in the presence of pod extracts. Significant differences were reported between treatments and species (Two-way ANOVA, $F = 3.312$, $P < 0.05$ and $F = 24.104$, $P < 0.001$, respectively). For example, *V. tortilis* seedlings in the presence of 10 mg/L pod extract contained significantly higher chlorophyll *b* compared to other treatments (Fig. 3.6). Furthermore, *V. tortilis* seedlings exposed to 10 and 100 mg/L pod extract had significantly higher chlorophyll *b* levels than *P. cineraria* counterparts ($P < 0.001$, Fig. 3.6).

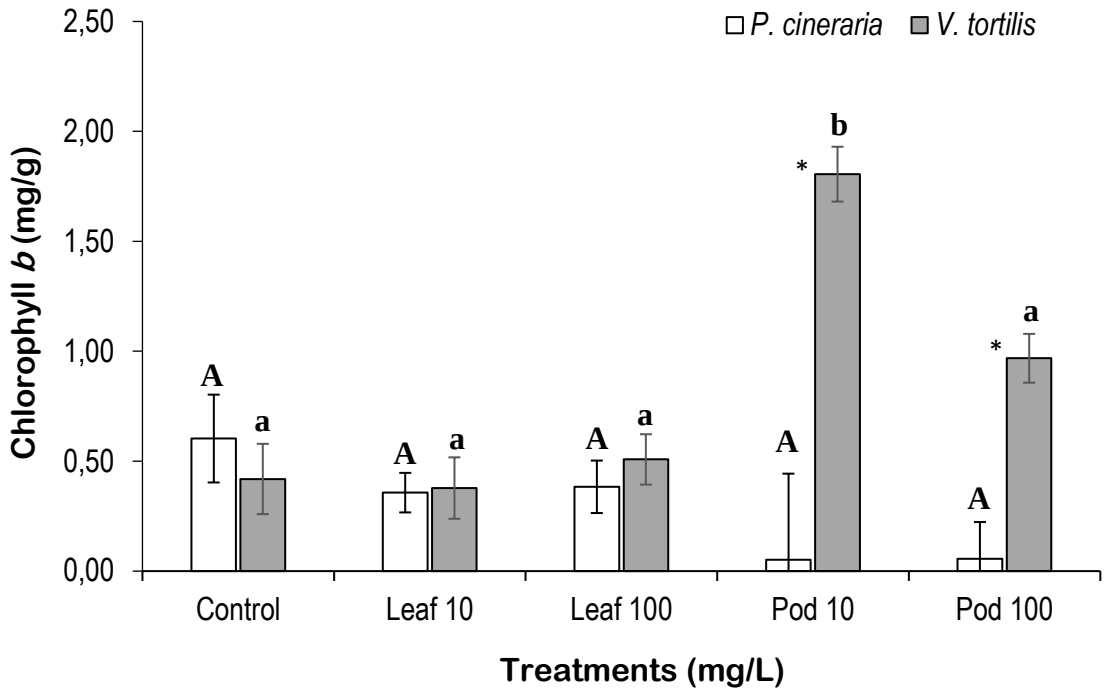


Figure 3.6: Chlorophyll *b* content of *P. cineraria* and *V. tortilis* seedlings after exposure to leaf and pod extracts of *P. juliflora* at two concentrations (10 and100 mg/L). The values are mean ± SE of n = 3 replicates/seedlings. Within a species, bars sharing the same letter (uppercase for *P. cineraria* and lowercase for *V. tortilis*) are not statistically different. The asterisk (*) indicates the differences between both species in each treatment.

The effect of leaf and pod extracts of *P. juliflora* on carotenoids content of *P. cineraria* and *V. tortilis* seedlings is presented in Figure 3.7. Carotenoids content of *P. cineraria* seedlings increased in almost all treatments and seedlings in the 100 mg/L pod extract contained significantly higher level of carotenoids than their counterparts in 100 mg/L leaf extract (Two-way ANOVA, $F = 5.163$, $P = 0.002$, Fig. 3.7). No significant difference was detected for carotenoids content of within *V. tortilis* treatments ($P > 0.05$, Fig. 3.7).

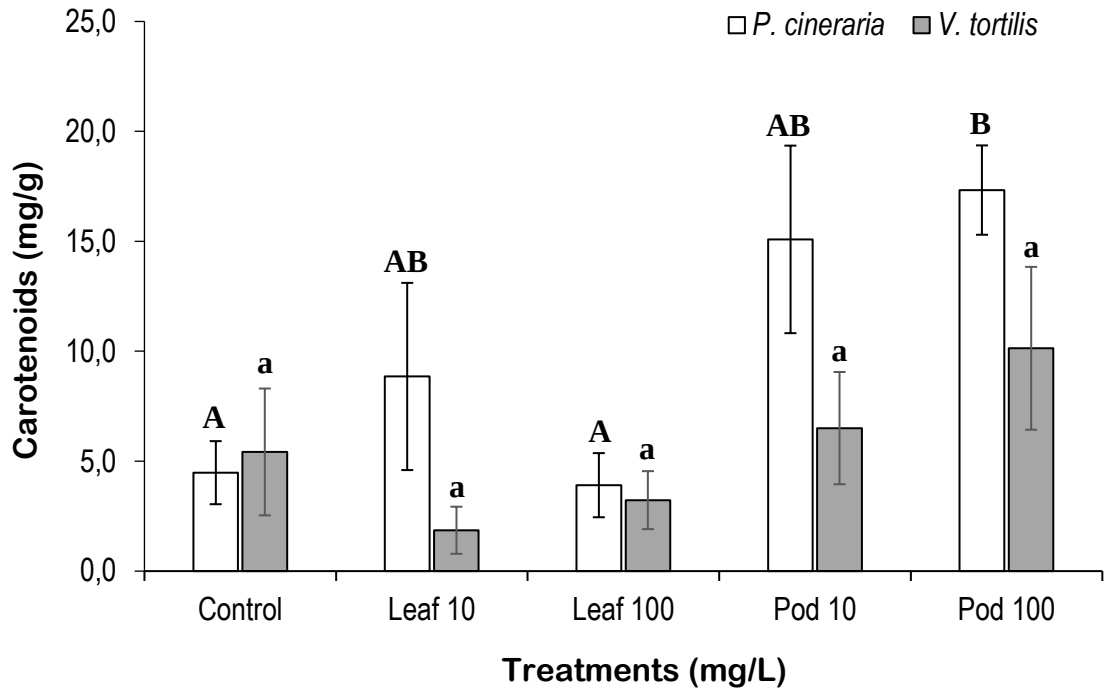


Figure 3.7: Carotenoids content of *P. cineraria* and *V. tortilis* seedlings after exposure to leaf and pod extracts of *P. juliflora* at two concentrations (10 and 100 mg/L). The values are mean ± SE of n = 3 replicates/seedlings. Within a species, bars sharing the same letter (uppercase for *P. cineraria* and lowercase for *V. tortilis*) are not statistically different.

3.3 Effect of *P. juliflora* extracts on proline content of *P. cineraria* and *V. tortilis* seedlings

The proline content in *P. cineraria* and *V. tortilis* seedlings under exposure to *P. juliflora* leaf and pod extracts is presented in Figures 3.8. For both species, proline contents of the seedlings were similar in all extract treatments with range of 3.97-8.74 µmol/g (*P. cineraria*) and 8.26-10.26 µmol/g (*V. tortilis*) (Fig. 3.8). The exception was that *P. cineraria* seedlings exhibit an average drop in proline content by 50% in the 100 mg/L pod treatment (Fig. 3.8). Nonetheless, no significant differences were observed between treatments (Two-way ANOVA, $F = 1.696$, $P = 0.171$). On the other hand, statistical significance was seen between species (Two-way ANOVA, $F = 8.393$, $P = 0.006$). Significantly lower proline content was estimated for *P. cineraria* seedlings at 100 mg/L pod extract (Fig. 3.8). These seedlings had also substantially lower proline content relative to *V. tortilis* seedlings at the higher level of pod treatment ($P < 0.001$, Fig. 3.8).

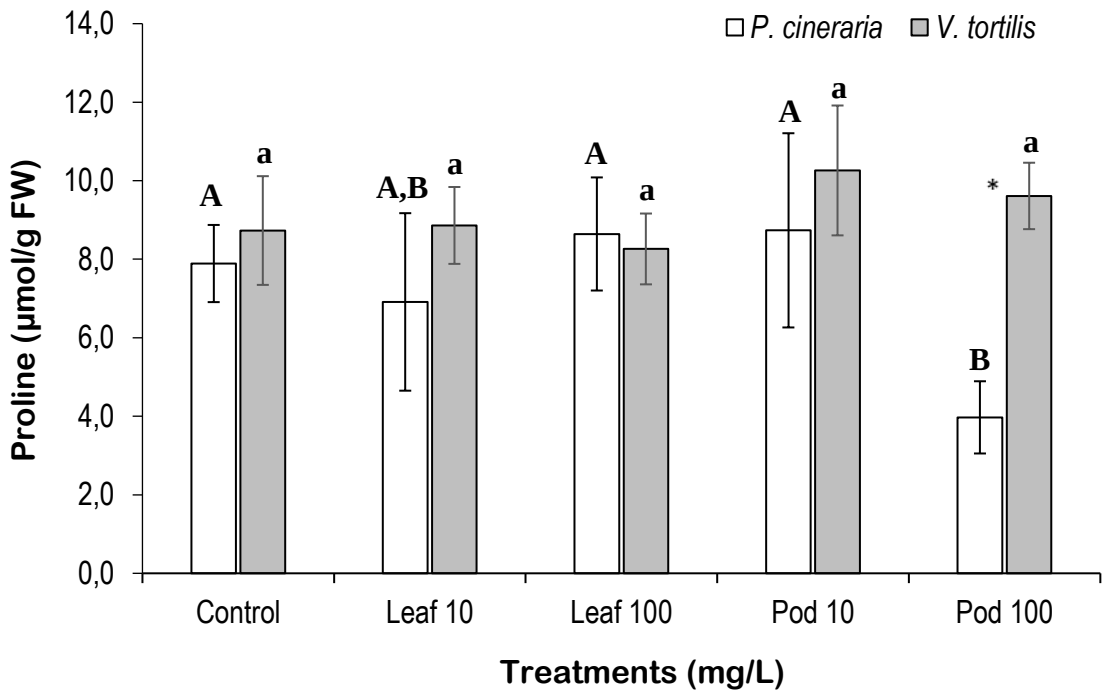


Figure 3.8: Proline content of *P. cineraria* and *V. tortilis* seedlings after exposure to leaf and pod extracts of *P. juliflora* at two concentrations (10 and 100 mg/L). The values are mean ± SE of n = 3 replicates/seedlings. Within a species, bars sharing the same letter (uppercase for *P. cineraria* and lowercase for *V. tortilis*) are not statistically different. The asterisk (*) indicates the differences between both species in each treatment.

4. Discussion

Mesquite or *P. juliflora* is one of the most invasive plant species in many areas around the world, including Oman, where it has been considered a potential threat to native flora and agricultural lands. The present study summarizes experiments that were carried out on seed germination and seedlings growth of two predominant woody trees (*P. cineraria* and *V. tortilis*) when exposed to the extracts of the invasive species (*P. juliflora*). Following exposure to leaf and pod extracts (at 10 and 100 mg/L) and germination, *P. cineraria* and *V. tortilis* seedlings grew for 28 days and exhibited consistent no effect of *P. juliflora* extracts with a few exceptions discussed below.

It was predicted with the presence of *P. juliflora*, there would be limited seed germinations due to presence of allelochemicals from the extracts. However, aqueous extracts of *P. juliflora* did

not affect the seed germination of both species (*P. cineraria* and *V. tortilis*) (Fig. 3.1), suggesting that allelochemicals/extracts of the invasive species may not interfere with their seed germination. The environmentally low concentrations (10 and 100 mg/L) relative to what reported in previous investigations, and the limited exposure time (seed soaking for 48 hrs.) could be responsible for observed lack of effect on the germination of *P. cineraria* and *V. tortilis* seeds. The strength of the impact of *P. juliflora* allelochemicals varies depending on their concentrations (Inderjit and Mallik, 1996). Fries et al. (1997) stated that high concentrations of these substances negatively affect other plants by preventing them from germination while low concentrations may enhance their growth. Experiments conducted on the same species (*P. cineraria*) in the presence of higher concentrations (2.5-15 g/100 ml) of *P. juliflora* pods extract showed concentration-dependent seed germination inhibition and the highest level (15 g/100 ml) resulted in complete germination failure (Al-Abdali et al., 2019). Also, there was an inhibitory effect on seed germination of *V. tortilis* caused by accumulated unleached litter of *Prosopis* species while the leached litter had no effect (Muturi et al., 2017). *P. juliflora* releases allelochemical compounds from the leaves, bark, and roots, but with variable quantities, and likely the inhibitory effects recorded with the leaves are more than that with bark and roots (Getachew et al., 2012).

Generally, results demonstrated low germination percentage for both *P. cineraria* and *V. tortilis* in all treatments including the control (Fig. 3.1). Exceptionally low seed germination rate (up to 19%) has been documented for *V. tortilis* (Andersen et al., 2015; Kruger et al., 2018). However, relatively higher germination percentages (40-60%) have been reported for *P. cineraria* (Sacheti and Al-Areimi, 2000). Seeds of such arid plant species undergo dormancy, a state when normal vital functions are suspended or slowed down for a period (Kruger et al., 2018). Therefore, dormancy is likely explaining the low germination observed for *P. cineraria* and *V. tortilis* seeds in the current. In addition, it seems that the seed coat may have protected the seeds against moisture as well as allelochemicals int extracts to which they were exposed for only 48 hours. The dormancy could have been broken by several scarification pre-germination treatments to improve germination (Vilela and Ravetta, 2001), but this was not carried out in our experiments to avoid any cofounding factors on the measured endpoint (i.e. influence of *P. juliflora* extracts on seed germination).

Similarly, root lengths of *P. cineraria* and *V. tortilis* seedlings were not affected by the pod and leaf extracts (Fig. 3.2). The absence of the effect of invasive species on root growth of *P. cineraria* and *V. tortilis* seedlings could be attributed to two main possibilities. First, allelochemicals in *P. juliflora* extracts or powders do not interfere directly with mitosis, the process by which root tips is actively dividing, adding more cells and, hence elongating. While roots are the most vulnerable part to stress, dehydration, and direct soil contamination (Meloni et al., 2004), this was not the case for exposures to leaf and pod extracts since seeds were only soaked for limited time (48 hrs.) before being planted in the potting media. This could have resulted in negligible allelopathic effects on the root length of seedlings for both species.

While generally higher L/M ratio or SRL were observed for *V. tortilis* comparative to *P. cineraria* (Fig. 3.3), *P. cineraria* seedlings grew better than *V. tortilis* counterparts under the exposure to the extracts of the invasive plant species (*P. juliflora*) based on fresh mass measurement (Fig. 3.4). According to Ostonen et al. (2007), SRL was calculated for different tree species under various environmental conditions like heavy mineral stress, high temperatures, elevated carbon dioxide, and physical soil disturbance. Similarly, it was employed in the present study as an indicator for stress situation imposed by the presence of *P. juliflora* allelochemicals. However, not much could be interpreted from the SRL as the effect on root length and fresh mass was statistically insignificant.

Both *P. juliflora* and *P. cineraria* are from the same genus (*Prosopis*) and possess allelochemicals. This may explain that the presence of low concentrations of *P. juliflora* extracts is slightly stimulating the growth of *P. cineraria* seedlings but not *V. tortilis* seedlings especially for fresh mass (Fig. 3.4). Chemical analysis for both *P. cineraria* and *P. juliflora* extracts showed a phenolic nature of allelopathic compounds (Goel et al., 1989). Interestingly, *P. cineraria* does not have as strong allelopathic effect as *P. juliflora* on other plants (Goel et al., 1989). Nevertheless, Ghazanfar (1996) stated that seedlings of both *P. cineraria* and *P. juliflora* can coexist under arid, dry conditions. *P. cineraria* can also tolerate a wide range of soil salinities (Brown, 1991), implying its ability to adapt well under variable harsh environmental conditions including exposure to *P. juliflora* extracts.

Levels of photosynthetic pigments in plants are widely employed as a physiological parameter in response to environmental stress including exposure to *P. juliflora* extracts. Although not statistically significant from the control, considerably higher content of chlorophylls *a* and *b* in *V. tortilis* seedlings in the presence of pod extracts was observed, which was not seen in the leaf extracts (Fig. 3.5 and Fig. 3.6). In fact, *V. tortilis* seedlings in both levels of leaf extracts exhibited lower chlorophyll *a* content (Fig. 3.5). Opposite to predictions, explaining such observations is quite challenging as the low chlorophylls content is an indicator that the plant is negatively affected or stressed. For instance, a decrease in the chlorophylls content was observed for both (*P. cineraria* and *V. tortilis*) as the result of exposure to increased salinity levels (Alsaidi et al., 2006). Similarly, lower chlorophylls content was considered one of the primary signs of cadmium toxicity for its effect on photosynthesis (Lagriffoul et al., 1998). Odhiambo et al. (2018) explained that plants in very cold environmental conditions suffer from a detrimental effect on their growth properties by production of a low level of chlorophylls. Though insignificant, the consistent rise of stimulated content of chlorophylls *a* and *b* of *V. tortilis* seedlings especially in pod extracts and powders may imply that influence is somehow cumulative. In other terms, what happens to chlorophyll *a* may be associated with effect on chlorophyll *b* since the latter is synthesized from the precursor or chlorophyll *a* (Tanaka and Tanaka, 2011). Consequently, this may explain the similarity of the augmented content of both chlorophylls *a* and *b*. Similar to no effect on root length and fresh mass on *P. cineraria* seedlings, relatively low concentrations of *P. juliflora* extracts applied in our study may explain the lack of influence on their chlorophyll *a* and *b* contents. Generally, the presence of relatively low levels of allelochemicals results in no effect or positive influence or stimulation (e.g. Cheng and Cheng, 2015). As the absorption spectrum differs from chlorophyll *b* to chlorophyll *a*, where chlorophyll *b* is used in wild plants to enable the harvesting of a wider range of light. Chlorophyll *a* does not absorb light as efficiently at 450 nm as chlorophyll *b*, which has a strong absorption around this region (Tanaka and Tanaka, 2011). The chlorophyll decomposition process is basic and of great importance to photosynthesis (Tanaka and Tanaka, 2011), so any effect on the content of chlorophylls *a* and *b* consequently affecting the efficiency of photosynthesis.

A general increase in carotenoids content after exposure to the extracts was observed. The increase in the presence of extracts would be included under stimulatory effect because of low

concentrations used and the tendency of water-soluble or aqueous plant extracts to be less harmful when compared to organic extracts (Damasceno et al., 2017). There is an observed increasing trend in the content of carotenoids in the *V. tortilis* seedlings, yet it was not significantly different from the control (Fig. 3.7), probably their carotenoids are less influenced by *P. juliflora* pod extracts than chlorophylls. Similar observations have been already reported in literature (Kachout et al., 2015). Carotenoids are protecting the plants from the photochemical damage and reactive chemical species generated during metabolic pathways under exposure to environmental contaminants (e.g. exposure to heavy metals) (Kachout et al., 2015) and hence less effect observed on carotenoids of *V. tortilis* might suggest a role against oxidative stress induced by the exposure to leaf and pod extracts of the invasive species (*P. juliflora*).

While allelopathic effects have been widely and broadly investigated, limited studies have measured and reported proline content as physiological parameter. In this study, the proline content of both *P. cineraria* and *V. tortilis* seedlings under the influence of *P. juliflora* extracts was determined to clarify the extent of allelochemicals of the invasive species (*P. juliflora*) as environmental stress. The *P. juliflora* extracts did not influence the proline content of both species with a notable exception for significant drop of proline content of *P. cineraria* seedlings exposed to 100 mg/L pod extract (Fig. 3.8). This may suggest that the allelochemicals in aqueous extracts may not considered harmful, likely because organic-soluble allelochemicals were excluded during the preparation of aqueous extracts. Interestingly, the *P. cineraria* seedlings were stressed when exposed to *P. juliflora* powders (i.e., non-fractioned or unleached materials with all water-soluble and organic soluble allelochemicals present), with higher contents of proline accumulated in all treatments relative to the control (Al Musalami et al., 2023). Earlier studies (Damasceno et al., 2017) showed that the aqueous extract of *P. juliflora* leaf helps in managing the diseases of many crop plants because of its significant antibacterial activity. Once Again, concentrations used in the experiments of extracts were relatively low for environmental relevance.

When plants are challenged by stress, they release proline in their parts as a physiological response (Kandowangko et al., 2009). At the beginning of stress, proline content starts to increase slowly and continues to increase dramatically after or with prolonged exposure to situations such as dehydration and drought (Yang and Kao, 1999), water stress (Farouk et al.,

2009), coldness, and the presence of heavy metals (Kishor et al., 2005), and salinity stress (Alsaidi et al., 2006). Proline is abundant in plants with high resistance, while stressed plants have lower content of proline (Yoshiba et al., 1997). Therefore, it serves as stress biomarker and it seems to detect the stress induced by exposure with powders of the invasive species (*P. juliflora*) to *P. cineraria* seedlings (Al Musalami et al., 2023) but not its aqueous extracts. Nevertheless, this may not be universal for all *Prosopis* species depending on the type of stressful situation. For example, proline content in *Prosopis alba* tree was not significantly affected when exposed to salinity, and this was explained that proline is not important and may not participate in the salt tolerance mechanism of *P. alba* (Meloni et al., 2004). Similarly, there was no effective role for proline in helping tomato plants to cope with the stress of salinity (Heuer, 2003).

5. Conclusion

Allelopathic effects of *P. juliflora*, a global IAS, using its leaf and pod aqueous extracts on two native plant species in Oman (*P. cineraria* and *V. tortilis*) were investigated. Generally, the relatively low concentrations of water extracts (10 and 100 mg/L) did not affect seed germination and growth parameters (root length, SRL and fresh mass) of both species' seedlings. While *V. tortilis* seedlings had slightly higher chlorophylls *a* and *b* contents, *P. cineraria* seedlings showed increasing trends for carotenoids. For proline as a physiological response and stress biomarker, neither *P. cineraria* nor *V. tortilis* seedlings appeared to be stressed by the presence of *P. juliflora* extracts, likely because water-soluble allelochemicals are not as effective as organic-soluble allelochemicals to induce proline production. Overall, the results indicate no effects of water extracts of *P. juliflora* leaves and pods on two predominant woody trees (*P. cineraria* and *V. tortilis*) in arid and semi-arid areas.

Acknowledgements

The Deanship of Research at Sultan Qaboos University is acknowledged for supporting this project by an internal research grant (IG/SCI/BIOL/19/03).

Funding sources

This work was supported by the Sultan Qaboos University internal grant (IG/SCI/BIOL/19/03).

References

Al-Abdali SS, Al-Duhli AS, Al-Reasi HA. (2019). Preliminary investigation of allelopathic effects and herbicide-based eradication of mesquite (*Prosopis juliflora*). *SQU Journal for Sciences*, 24(1), 11–17.

Al Musalami AA, Al Marshoudi MS, Farooq SA, Al-Reasi HA. (2023). Allelopathic effects of the invasive species (*Prosopis juliflora*) on seedlings of two common arid plants: Does free proline play roles? *Journal of Arid Environments* 211: 104931.

Alsaidi A, Esechie A, Kawamitsu Y. (2006). Salt tolerance of *Acacia tortilis*, *Prosopis cineraria* and *Ziziphus spina-christi*. *The Crop Science Society of Japan*, Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus_Pp. 218.

Bates LS, Waldran RP, Tear ID. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant Soil*, 39, 205–208.

Batista R, Santana CC, Azevedo-Santos AV, Suarez-Fontes AM, Ferraz J, Silva LAM, Vannier-Santos MA. (2018). *In vivo* antimalarial extracts and constituents of *Prosopis juliflora* (Fabaceae). *Journal of Functional Foods*, 44, 74–78.

Broadley M, Brown P, Cakmak I, Rengel Z, Zhao F. (2012). Function of Nutrients: Micronutrients. In: Marschner H (Ed.), Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants (Part I: Nutritional Physiology). Academic Press, Elsevier. p. 191-243.

Brown K. (1991). Biology of *Prosopis cineraria* (Leguminosae) in the Sultanate of Oman. PhD Thesis, University of Durham, U.K.

Cheng F, Cheng Z. (2015). Research Progress on the use of plant allelopathy in agriculture and the physiological and ecological mechanisms of allelopathy. *Frontiers in Plant Science*, 6, 1020.

Damasceno GA, Ferrari M, Giordani RB. (2017). *Prosopis juliflora* (SW) D.C., an invasive species at the Brazilian Caatinga: phytochemical, pharmacological, toxicological and technological overview. *Phytochemistry Reviews*, 16, 309–33.

El-Azazi, El-Sayed, Khalifa EA, Sourour MM, Belal AH, Eltanger NA. (2013). Ecological studies of some *Acacia* species grown in Egyptian deserts. *Global Journal of Bio-science and Biothechnology*, 2, 485–492.

Farouk M, Wahid A, Kobayashi N, Fujita D, Basra SMA. (2009a). Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*, 29, 185–212.

Fries LLM, Pacovsky RS, Safir GR, Siqueira JO. (1997). Plant growth and Arbuscular Mycorrhizal fungal colonization affected by exogenously applied phenolic compounds. *Journal of Chemical Ecology*, 23, 1755–1767.

Getachew S, Demissew S, Woldemariam T. (2012). Allelopathic effects of the invasive Prosopis juliflora (Sw.) DC. on selected native plant species in middle Awash, Southern Afar Rift of Ethiopia. *Management of Biological Invasions*, 3,105–114.

Ghazanfar, SA. (1996). Invasive *Prosopis* in Sultanate of Oman. *Aliens*, 3, 10.

Ghazanfar SA. (1997). Status of the flora and plant conservation in the Sultanate of Oman. *Biological Conservation*, 85, 287–295.

Goel U, Saxena DB, Kumar B. (1989). Comparative study of allelopathy as exhibited by *Prosopis juliflora* Swartz and *Prosopis cineraria* (L) Druce. *Journal of Chemical Ecology*, 15, 591–600.

Heuer B. (2003). Influence of exogenous application of proline and glycinebetaine on growth of salt-stressed tomato plants. *Plant Science*, 165, 693-699.

Inderjit, Seastedt TR, Callaway RM, Pollock JL, Kaur J. (2008). Allelopathy and plant invasions: traditional, congeneric, and biogeographical approaches. *Biological Invasion*, 10, 875–90

Kachout S, Ben Mansoura A, Ennajah A, Leclerc JC, Ouerghi Z, Karray-Bouraoui. (2015). Effects of metal toxicity on growth and pigment contents of annual halophyte (*A. hortensis* and *A. rosea*). *International Journal of Environmental Research*, 9 (2), 613–620.

Kandowangko NY, Suryatmana G, Nurlaeny N, Simanungkalit RDM. (2009). Proline and abscisic acid content in droughted corn plant inoculated with azospirillum sp. and arbuscular mycorrhizae fungi. *Journal of Biosciences*, 16, 15–20.

Kishor PBK, Sangam S, Amrutha RN, Laxmi PS, Naidu KR, Rao KRSS, Rao S, Reddy KJ, Theriappan P, Sreenivasulu N. (2005). Regulation of proline biosynthesis, degradation, uptake and transport in higher plants: its implications in plant growth and abiotic stress tolerance. *Current Science*, 88, 424–438.

Kruger, FJL, Araya HT, Kleynhans R, du Plooy CP. (2018). Seed germination of *Vachellia tortilis* subsp. heteracantha. *Acta Horticulturae*, 1204, 111–114.

Lagriffoul A, Mocquot B, Mench M, Vangronsveld J. (1998). Cadmium toxicity effects on growth, mineral and chlorophyll contents, and activities of stress related enzymes in young maize plants (*Zea mays* L.). *Plant and Soil*, 200, 241–250.

Lichtenthaler HK, Wellburn AR. (1983). Determination of total carotenoids and chlorophylls *a* and *b* of leaf extracts in different solvents. *Biochemical Society Transactions*, 591–592.

Mack RN, Simberloff D, Lonsdale WM, Evans H, Clout M, Bazzaz FA. (2000). Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control. *Ecological Applications*, 10, 689–710.

Meloni DA, Gulotta MR, Martinez CA, Oliva MA. (2004). The effects of salt stress on growth, nitrate reduction and proline and glycinebetaine accumulation in Prosopis alba. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 16 (1), 39–46.

Mendes B. (1989). Potencialidades de utilizaçao da algarobeira (*Prosopis juliflora* (SW) DC) no Semi-arido Brasileiro. Coleção Mossoroense, Mossoró. Universitária-UFRN, Natal.

Muturi GM, Poorter L, Bala P, Mohren GMJ. (2017). Unleached *Prosopis* litter inhibits germination but leached stimulates seedling growth of dry woodland species. *Journal of Arid Environments*, 138, 44–50.

Mwangi E, Swallow B. (2005). Invasion of *Prosopis juliflora* and Local Livelihoods: Case Study from The Lake Baringo Area of Kenya. World Agroforestry Centre, Nairobi, Kenya, 8–53.

Nakano H, Nakajima E, Hiradate S, Fujii Y, Yamada K, Shigemori H, Hasegawa K. (2004) Growth inhibitory alkaloids from mesquite (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC leaves. *Phytochemistry*, 65, 587–91.

Nascimento C, Tabarellic M, Silvad C, Lealc I, Tavaresf W, Serrão J, Zanuncio J. (2014). The introduced tree *Prosopis juliflora* is a serious threat to native species of the Brazilian Caatinga vegetation. *Science of The Total Environment*, 481, 108–113

Odhiambo MO, Wang XC, de Antonio PIJ, Shi YY, Zhao B. (2018). Effects of root-zone temperature on growth, chlorophyll fluorescence characteristics and chlorophyll content of greenhouse pepper plants grown under cold stress in southern china. *Russian Agricultural Sciences*, 44, 426–433.

Sacheti U, Al-Areimi MS. (2000). The influence of high storage and germination temperatures on the germination of Prosopis cineraria seeds from northern Oman. *Journal of Tropical Forest Science*, 12, 191–193.

Shackleton RT, Le Maitre DC, Van Wilgen BW, Richardson DM. (2015). The impact of invasive alien *Prosopis* species (mesquite) on native plants in different environments in South Africa. *South African Journal of Botany*, 97, 25–31.

Sudhakar P, Latha P, Reddy PV. (2016). Phenotyping Crop Plants Physiological and Biochemical Traits. Plant Pigments. *Elsevier*, 121–127.

Tajbakhsh S, Barmak A, Vakhshiteh F, Gharibi M. (2015). Invitro antibacterial activity of the *Prosopis juliflora* seed pods on some common pathogens. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 8, 13–15.

Tanaka R, Tanaka A. (2011). Chlorophyll cycle regulates the construction and destruction of the light-harvesting complexes. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1807, 968–976.

Vilela AE, Ravetta DA. (2001). The effect of seed scarification and soil-media on germination, growth, storage, and survival of seedlings of five species of *Prosopis* L. (Mimosaceae). *Journal of Arid Environments*, 48, 171-184.

Whitford WG, Duval BD. Ecology of desert systems. Second Edition. New Mexico Institute of Ministry.

Yang CW, Kao CH. (1999). Importance of ornithine-δ-aminotransferase to proline accumulation caused by water stress in detached rice leaves. *Plant Growth Regulation*, 27, 189-192.

Yoshiba Y, Kiyosue T, Nakashima K, Yamaguchi-Shinozaki K, Shinozaki K. (1997). Regulation of levels of proline as an osmolyte in plants under water stress. *Plant Cell Physiology*, 38, 1095–1102.

دور برامج الدراسات العليا بالجامعات العمانية في تعزيز الشراكة المجتمعية تحقيقاً لأهداف التنمية المستدامة

د. مشاعل بنت عوض بن محمد الصيعري، جامعة التقنية والعلوم التطبيقية– سلطنة عمان

المُلَخَّص

استهدفتِ الدراسةُ الحاليَّة التَّعَرُّف إلى دَوْرِ برامج الدراسات العليا في تعزيز الشَّراكة المجتمعية تحقيقًا لِلتَّنمية المُستدَامة، كما كشفتِ الدراسةُ الحاليَّة عن التَّحدِّيات التي تُواجِهُ برامج الدراسات العليا في تطوير الشَّراكة المجتمعية، وأيضًا التَّعَرُّف إلى آليات تطوير هذا الجانب. كما أنَّها اعتمدتْ إلى المنهج النَّوعي من خلال إجراء المقابلات مع عيِّنة مكوَّنة من (25) فردًا من طَلَبَة الدراسات العليا بالجامعات العُمَانِيَّة. وأظهرتِ النتائج أَنَّ برامج الدراسات العليا بالجامعات العُمَانِيَّة لها دورٌ فعَّالٌ في تعزيز الشَّراكة المجتمعية. وأيضًا كشفتِ النتائج عن بعض التَّحدِّيات تَمَثَّلَتْ أَبْرَزُها في كثرة الأعباء الأكاديمية على الطَّلَبَة والطالبات والأكاديميِّين، وقِلَّة الوعي بأهمية الشَّراكة المجتمعية، ومحدودية التَّواصُل والتَّنسيق مع مؤسَّسات المجتمع. كما توصَّلتِ النتائج إلى جملة من الآليات لتطوير هذا الجانب؛ منها: فَتْحُ المزيد من قنوات التَّواصُل مع المجتمع، وتضمين الشَّراكة المجتمعية ضِمْنَ سياسات واستراتيجيَّات الجامعات، وتكثيف أنشطة وفعَّاليَّات خدمة المجتمع.

الكلمات المفتاحية: الدراسات العليا، الشَّراكة المجتمعية، التَّنمية المُستدَامة.

The role of postgraduate programs in Omani universities in promoting community partnership to achieve the goals of sustainable development

Abstract

The study aimed to identify the role of postgraduate programs in promoting community partnership and community service in order to achieve sustainable development. It also revealed the challenges faced by postgraduate programs in developing community partnership. It also identified the requirements for developing this aspect. The study relied on the qualitative approach by conducting interviews with a sample of (25) postgraduate students. The results showed that postgraduate programs have a significant role in enhancing community partnership and community service. The results also revealed some challenges such as high academic burdens on students and academics, the lack of awareness, and the limited communication with community institutions. The results also reached a number of procedures to develop this aspect, such as opening more channels of communication with the community, including community partnership within the university's policies, intensifying community service activities.

1. المقدّمة

تُعَدُّ القوى البشرية المُؤَهَّلة ثروةَ المجتمع الحقيقية والمُحَرِّكَ الرَّئيسَ لـه في عمليات التَّنمية الشَّاملة والمُستدَامة، وأدواتِهِ الفاعلة لتحقيقِ أهدافِهِ؛ فَيُصْبِحَ التَّنافُس بين الدُّوَل في سبيل التَّقدُّم قائِمًا على قدرة أَيٍّ منها على بناء الإنسان القادر على التفكير والإبداع والابتكار والسَّاعي لإعمار هذا الكون وتأكيد حُرِّيَّتِهِ وكرامتِهِ، ويأتي بناءُ هذا الإنسان من خلال إتاحة الفُرَص الكاملة لـه في تعليمٍ متميّزٍ مُتْقِنٍ لمجموعة المعارف والمهارات والقدرات اللازمة لبنائِهِ بما يُلَبّي احتياجاتِ سوق العمل والتنمية المجتمعية.

ولقد فَرَضَتِ التَّغَيُّراتُ والتَّطَوُّرات السريعة المتلاحقة في مجال العلم والتكنولوجيا والذكاء الاصطناعي ضرورةَ مُوَاكَبَة هذه التَّطَوُّرات والمعلومات والقيام بدورٍ إيجابيٍّ فعَّالٍ في الإسهام في تحقيق أهداف التَّنمية المجتمعية المُستدَامَة واحتياجات سوق العمل من خلال تحسين وتطوير القوى العاملة الفنية الماهرة المُدَرَّبَة المُتَخَصِّصَة لتحقيق الآمال في إقامة بناء مجتمعي سليم وتنمية اقتصادية حقيقية؛ مع العناية بتأهيل هذه القوى بالدرجة الواجبة وتسليحها بالمعارف والثقافة الرقمية والتكنولوجية (Pilot, 2020; Gleason, 2018).

كما تُوْجَدُ علاقة وثيقة بين تَطَوُّر التعليم وجودة مُخرجَاته؛ والتَّنمية الشَّاملة المُستدَامَة والتَّقدُّم الحضاري للمجتمعات في ظِلِّ التكامل والتعاون مع مؤسَّسات المجتمع، كما يُعَدُّ الابتكارُ والإبداع نتيجةً مُتَوَقَّعَةً لِتَطَوُّر العمليات التعليمية، وهو حَجَرُ الزاوية لدفعِ المجتمعات نحو التَّنمية والاستقرار، كما إنَّهُ هو العامل الرئيس في إيجاد الطَّرائق المُثْلَى لِلتَّغَلُّب على الأزمات الاقتصادية والاجتماعية التي تُقَوِّضُ تَقَدُّمَ الدُّوَل أو تَحُدُّ مواكبتَها لمُتغيّرات العصر واللِّحَاق بَمَصَافِّ الدُّوَل المتقدّمة (الشربيني، 2019). فالتَّعليمُ ثروةٌ وقيمةٌ ثقافيَّةٌ في حَدِّ ذاتِهِ من ناحية، وركيزةٌ لدفعِ عجلة التَّنمية من ناحية ثانية، ووسيلة لِلْحِرَاك والتَّغيير الاجتماعي ومواجهة تحدّيات المجتمع من ناحية ثالثة؛ ولذلك فإنَّ من الضَّروري تطوير مناهج التعليم وأساليبه ووسائله في ضوء التَّطَوُّرات العلمية وخصائص المجتمع ومُتطلَّبات التَّنمية المُستدَامَة (عبد السلام، 2008).

لذا تهتمُّ معظمُ دُوَل العالم، خاصَّةً المتقدّمة منها؛ ببرامج الدراسات العليا والبحث العلمي، من خلال تخصيص ميزانيات كبيرة في سُبُل تطويرها؛ لِمَا في ذلك من مكاسب ومردودات اقتصادية وتنموية، فتقدُّمُ الأُمَمِ أو تأخُّرُها من الناحية الاقتصادية، والسياسية والاجتماعية والحضارية مَرْهُونٌ بمستوى توظيف برامج الدراسات العليا لتحقيق التَّنمية المُستدَامة؛ فقد أَوْلَتْ هذه الدُّوَلُ عنايةً فائقةً وجَعَلَتْها ضِمْنَ أولويَّاتها واهتماماتها، حتَّى استطاعت أَنْ تَحْصُدَ العديد من المُخرَجات العلمية التي كانت أساسًا لِلتَّنمية المُستدَامَة في مجتمعاتها (شبيب، 2021).

والجديرُ بالذِّكرِ تَعَدُّدُ تعريفات التَّنمية المُستدَامَة، فهناك مَنْ عَرَّفَها أنَّها: صيانة واستدامة الموارد المتعدّدة في البيئة لاحتياجات البشر الحاليّين الاجتماعية والاقتصادية وإدارتها بأرقى التكنولوجيا المُتَاحَة؛ مع ضمان استمرارية الموارد لرفاهية الأجيال التَّالية (الغامدي، 2009). كما تُعَرَّفُ التَّنمية المُستدَامَة أنَّها إشباع الاحتياجات الإنسانية من دُونِ المَسَاس بالموارد الطبيعية التي يحتاجُها الأجيال القادمة، والالتزام بمعايير العدالة والمساواة الاجتماعية والاقتصادية والبيئيَّة بين الأجيال الحاليَّة، والقادمة (Portney,2015). وترتكزُ استراتيجيَّةُ التَّنمية المُستدَامَة إلى ثلاثة أبعاد رئيسة تشمل البُعْدَ الاقتصادي، والبُعْدَ الاجتماعي، والبُعْدَ البيئي؛ بما يُؤَكِّدُ مشاركة الجميع في عملية البناء والتَّنمية، ويَضْمِنُ في الوقتِ ذاتِهِ استفادة الأطراف والأجيال القادمة كافَّةً، ولِلتَّنمية المُستدَامَة أهدافًا يتمُّ السَّعْيُ لتحقيقها لإرساء مفهومها، وهي (برنامج التَّنمية المُستدَامَة، 2015): تحقيق نوعية حياة فُضْلَى لِلسُّكَّان، ورَبْطُ التكنولوجيا الحديثة بأهداف المجتمع، وتحقيق

استثمار عقلاني للموارد، وزيادة وَعْيِ السُّكَّان بالمشكلات البيئية القائمة، وإحداث تغيير مستمر مناسب في المجتمع، واحترام البيئة الطبيعية، وإنَّ السَّبيلَ لتحقيق الاستدامة وأهدافها يرتبط ارتباطًا مباشرًا وغيرَ مباشرٍ بتحقيق الاستدامة في التعليم لأنَّه المسؤول عن إعداد الكفاءات البشرية القادرة على المحافظة على التَّنمية المُستدَامَة في مجالات الحياة (Asongu et al., 2018).

أَمَّا المقصودُ بالاستدامة في التعليم؛ هو أَنْ يُمَكِّنَ التَّعليمُ الطَّلَبَةَ من اكتساب ما يَلْزمُهُم من تِقْنِيَّات ومهارات، لضمان تنمية مُستدَامَة لهم على المُستَوَيَيْن الشخصيّ والمِهْنيّ لتزيدَ وتتضاعفَ قدراتُهم ومهاراتُهم وإمكاناتُهم؛ لذلك نَبَّهَتْ مُنَظَّمَةُ اليونسكو العالمية إلى ضرورة التَّنمية المُستَدَامَة في مجال التعليم، فهي تُطَالِبُ التَّعليمَ بإعداد أفرادٍ يتحمَّلون مسؤوليَّاتهم وممارسة الديمقراطية للأفراد والمجتمعات والتَّمَتُّع بحقوقهم كُلِّها؛ إلى جانب القيام بواجباتِهم جميعِها. (أبو النصر،2017).

وبما إنَّ علاقةَ التعليم بالتَّنمية علاقةٌ وثيقةٌ لا يمكِنُ الفصلُ بينهما؛ فهو يتغذَّى منها ويُغَذِّيها، ويُبْرِزُ دورَ التعليم في إعداد الكفاءات البشرية المُنْتِجَة، وهو عاملٌ جوهريٌّ في التَّنمية؛ لأنَّهُ مفتاح النُّمُوِّ الاقتصادي. فالنَّتائجُ الإيجابية في مجالات الإنتاج والاقتصاد تُعْزَى لعواملَ مختلفةٍ أهمُّها التعليم؛ فبالتَّعليمِ يمكِنُ تنمية قدرات الأفراد وتزويدهم بالقِيَم والاتجاهات والمعارف التي تُمَكِّنُهُم من الابتكار، ولترجمة مفاهيم الحياة العصرية إلى سُلُوكٍ يزيدُ العملَ والإنتاجَ بصورة فعَّالة لِلنُّهوض بالمجتمع اقتصادًا واجتماعًا (سكيك، 2019).

وأيضًا لليونسكو دورٌ تُحَدِّدُهُ المحاورُ الأساسية للتعليم من أجل التَّنمية؛ هو تحسينُ جودة التعليم الأساسي، وإعطاء المناهج التعليمية تَوَجُّهات جديدة، والعمل على تحقيقِ فَهْمِ التَّنمية المُستدَامَة من خلال برامج التوعية للمجتمع، وتوفير أنواع التدريب اللازم، وقد نَفَّذَتْ بلدانٌ عديدةٌ برامج وأنشطةً في مجال التعليم من أجل التَّنمية، يمكِنُ الاستفادة من التجارب السابقة وتقييم نتائجها؛ فالتَّعليمُ سَيُسْهِمُ من أجل التَّنمية المُستدَامَة بإعطاء الطَّلَبَة الوسائل الكفيلة لتحقيق فُرَص العملِ الحُرِّ بشكلٍ واعٍ مُتَفَتِّحٍ من أجل التَّعايُش السِّلمي.(Wens, 2015)

وتأسيسًا إلى ما سَبَقَ، تلعبُ مؤسَّساتُ التعليم العالي، خاصَّةً برامج الدراسات العليا فيها؛ دورًا جوهريًّا في تحقيق التَّنمية المُستدَامَة فيما تُقَدِّمُهُ من خِدْمَات تعليمية أكاديمية وبحثية وخدمية ذات صِلَة بتقدُّم المجتمع وتوجيهه بما يُوَائِمُ الاحتياجات التَّنموية، ومواكبة التَّغَيُّرات المُستَجَدَّة كافَّةً؛ فالدِّراساتُ العليا هي المَعْنِيَّةُ بإعداد كفاءات علمية تِقْنِيَّة ذوات مُؤَهِّلات عالية قادرة على تنمية البيئة وتلبية احتياجات التَّنمية الاقتصادية والاجتماعية المُلِحَّة في المجتمع (السلمي وآخرون،2018; Asongu et al., 2018). فأصبحَ لزامًا بَذْلُ التدابير الناجحة ومشاركة قطاعات المجتمع جميعها لِلدَّفع إلى زيادة كفاءة أداء الجامعات وبرامج الدراسات العليا وتحسين نوعية مُخرجَاتها ومُلَاءَمَتِها لاحتياجات سوق العمل، وتوجيهها نحو الاحتياجات المجتمعية.

وقد أشارتِ العديدُ من الدراسات السابقة (الصيعرية، 2023؛ عون وآخرون، 2016؛ Asongu et al., 2018 ;Acevedo-Duque, et al.,2022) أَنَّهُ كَيْ يتمَّ تعزيزُ دورِ برامج الدراسات العليا في تحقيق التَّنمية المُستدَامَة، ودَفْعِ عجلة التَّطَوُّر في الدُّوَل؛ لا بُدَّ من التركيز على تفعيل جانب الشَّراكة المجتمعية بين برامج الدراسات العليا والقطاعات الأخرى، والعمل على تعزيز دورِها في خدمة المجتمع من خلال ما تُقَدِّمُهُ من أبحاث علمية ودراسات تُسْهِمُ في حَلِّ المشكلات وتقديم الحلول المُبتكَرة، ورَبْط احتياجات المجتمع بالأهداف التعليمية، وزيادة فُرَص تمويل للمشروعات والأفكار التي تخدمُ المجتمع وتُحَقِّقُ أهداف التَّنمية المُستدَامة.

وتأكيدًا إلى ذلك، أشارت رُؤْيَة عُمَان 2040 في مضامينها إلى تحسين الأداء في المُنَظَّمَات التعليمية، وأهمية المراجعة الدورية للإجراءات وتطويرها؛ بهدفِ الوصول إلى مستوًى من الأداء أكثر مرونةً وفاعليَّةً (وزارة الاقتصاد، 2020). ولذلك يتطلَّب في قطاع التعليم العالي بصفة عامة وبرامج الدراسات العليا بصفة خاصة؛ أَنْ تُدَارَ مؤسَّسات وبرامج التعليم العالي في سلطنة عُمَان بِطَرَائق مختلفة تَبَعًا لمستوى التَّغيير الذي تنوي تحقيقُهُ وَوَفْقًا للمرحلة التعليمية، وتُعَدُّ الدِّراساتُ العليا مرحلةً تعليميَّةً ذات طَابَع خاص لها أهدافها الخاصة بالبحث ونَشْر المعرفة وإعداد قُوًى بشرية؛ الأمرُ الذي يتطلَّب تعزيز لبرامج الدراسات العليا نحو المشاركة المجتمعية تحقيقًا لأهداف التَّنمية المُستدَامَة.

يَتَّضِحُ مِمَّا سَبَقَ أَنَّ برامج الدراسات العليا يُعَوَّلُ عليها الإسهام في تحقيق التَّنمية وخدمة المجتمع، فالطَّلَبَةُ الملتحقون ببرامج الدراسات العليا في سلطنة عُمَان يتمُّ إكسابهم المعارفَ والمهاراتِ، وتنمية قدراتهم البحثية، والعمل على تَحَمُّل المسؤولية الجماعية، والتَّعَلُّم الذاتي، والقدرة على الإبداع والابتكار من خلال تعزيز المشاركة المجتمعية، وإجراء البحوث العلمية التي تفيد المجتمع، والاستخدام الأمثل لوسائل التكنولوجيا والتِّقْنِيَّات الحديثة؛ الأمرُ الذي أدَّى إلى ضرورة إلقاء الضوء على دورِ برامج الدراسات العليا في تعزيز الشَّراكة المجتمعية تحقيقًا لأهداف التَّنمية المُستدَامَة.

2. الدراسات السابقة

ناقشتْ بعضُ الدراسات السابقة مُتَغَيِّرات البحث؛ فمن الدراسات التي تناولتْ موضوعَ الدراسات العليا والشَّراكة المجتمعية دراسة ساين (Singh, 2019) التي هَدَفَتْ للكشف عن **دورِ برامج الدراسات العليا والطَّلَبَة الدَّوْلِيِّين في الشَّراكة المجتمعية** من خلال المشاركة في الأنشطة غير الصَّفيَّة في الجامعات الماليزية، واستخدمتِ الدِّراسةُ المنهجَ النَّوعيَّ من خلال إجراء مقابلات مع عيِّنة مُكَوَّنَة من (33) فردًا من طَلَبَة الدراسات العليا الدَّوْلِيِّين، و(10) أفراد من أعضاء هيئة التدريس. وأظهرتِ النَّتائجُ الدَّوْرَ الفعَّالَ لِلطَّلَبَة الدَّولِيِّين في الشَّراكة المجتمعية، وأهميتها في تمكينهم من العديد من المهارات؛ كالتَّواصُل الاجتماعي، والعمل التعاوني، والإدارة، والشعور بالانتماء للمؤسسة، والشعور بالمُواطَنة العالمية والقدرة على العمل في بيئة متعدِّدة الثقافات. واقترحتِ النَّتائجُ العمل على تطوير السياسات في هذا الجانب، وتشجيع المشاركة المجتمعية لدى طَلَبَة الدراسات العليا.

وفي الجانبِ ذاتِهِ، كشفتْ دراسةُ عون وآخرون (2019) مجالات وتحدِّيات ومُتطلَّبات الشَّراكة المجتمعية في قسم الإدارة التربوية بجامعة الملك سعود، واعتمدتِ الدِّراسةُ المنهجَ الوصفيَّ من خلال تطبيق أداة الاستبانة على عيِّنة مُكَوَّنَة من (49) طالبةً من طالبات الدراسات العليا في جامعة الملك سعود. وكشفتْ نتائجُ الدِّراسةِ أهمَّ مجالات الشَّراكة المجتمعية تَمَثَّلَتْ في تقديم البرامج التدريبية المُتَخَصِّصَة، وإجراء البحوث بشأن قضايا المجتمع، ورَبْط البرامج الأكاديمية باحتياجات المجتمع. وأيضًا أظهرتِ النَّتائجُ جملةً من التَّحدِّيات؛ كضعف قنوات الاتصال مع مؤسَّسات المجتمع، ونقصِ البيانات والمعلومات اللازمة لتفعيل برامج الشَّراكة المجتمعية، والمركزية العالية في النظام الإداري الجامعي. أَمَّا فيما يتعلق بمُتطلَّبات تفعيل الشَّراكة المجتمعية في برامج الدراسات العليا؛ كان أَبْرَزُها الخطة الاستراتيجيَّة لِلشَّراكة المجتمعية، وتطوير برامج القسم الدراسية بما يتلاءَم مع مُتطلَّبات سوق العمل والسِّياسات واللَّوائح؛ لتمكين الشَّراكة المجتمعية فيها.

وأيضًا سَعَتْ دراسةُ خليل (2019) إلى تقويم برامج الدراسات العليا للخدمة الاجتماعية وَفْقَ مُؤَشِّرات الجودة والاعتماد. واستخدمتِ الدِّراسةُ المَسْحَ الاجتماعي بطريقة العيِّنة لمجموعة من طَلَبَة الدراسات العليا وأعضاء هيئة التدريس في الخدمة الاجتماعية بمصر، وتَكَوَّنَتِ العيِّنة من 750 طالبًا و89 عضوًا من هيئة التَّدريس. وتوصَّلَتْ نتائجُ الدِّراسة إلى أَنَّ مستوى معايير الجودة والاعتماد في إسهامات برامج الدراسات العليا للخدمة الاجتماعية في خدمة المجتمع جاء

متوسِّطًا؛ سواءٌ وَفْقَ استجابات طَلَبَة الدراسات العليا أو استجابات أعضاء هيئة التدريس. وإنَّهُ لا تُوْجَدُ فروق ذات دلالة إحصائية بين استجابات كُلٍّ من أعضاء هيئة التدريس والطَّلَبة على معايير الجودة والاعتماد لبرامج الدراسات العليا وَفْقَ المُتَغَيِّرَات الشخصية.

أَمَّا الدِّراساتُ التي تناولتْ موضوعَ التَّنمية المُستدَامَة والدراسات العليا؛ جاءتْ دراسةُ العودة (2016) بهدفِ التَّعَرُّف إلى دورِ برامج الدراسات العليا في بناء ثقافة الاستدامة لدى جامعة الملك سعود مُقَارَنَةً بِطَلَبَةِ جامعة الإمام بالمملكة العربية السعودية، واستخدمتِ المنهجَ الوصفيَّ المُقَارَن، وتمَّ تطبيقُ استبانة على (2221) فردًا من طَلَبَة الدراسات العليا بالجامعتَيْن. وأظهرتِ النَّتائجُ أَنَّ برامج الدراسات العليا في الجامعتَيْن تسعى إلى تعزيز القِيَم المُستدَامَة إلى مستوى مقبول بشكل عام، وإنَّ مُجْمَلَ الأخلاقيَّات المُستدَامَة كانت متوفرة بمستوى متقارب لدى طَلَبَة الجامعتَيْن مَحِلَّ الدراسة بدرجة مقبولة. فضلًا عن أَنَّ الجامعتَيْنِ تُرَكِّزانِ على تكوين اتجاهات اجتماعية مُستدَامَة لدى طَلَبَة الدراسات العليا بما يتماشَى مع التَّنمية المجتمعية، وأَوْصَتِ الدراسةُ بضرورة صياغة استراتيجية شاملة لبناء ثقافة التَّنمية المُستدَامَة في برامج الدراسات العليا في الجامعات تحقيقًا لِتَطَلُّعَات رُؤيَة المملكة 2030، وكذلك عَقْد المزيد من ورش العمل والمؤتمرات لتطوير مهارات الطَّلَبَة المُستدَامَة، وتضمين التربية البيئية لتكون مُقَرَّرَاتٍ في برامج الدراسات العليا.

وبالمثل، هَدَفَتْ دراسةُ أوسنجو وآخرون (Asongu et al., 2018) إلى معرفةِ دورِ الدراسات العليا في تحقيق التَّنمية المُستدَامَة والتَّقدُّم الاقتصادي في أفريقيا؛ من خلال مراجعة الأدبيَّات السابقة ذات العلاقة، وتوصَّلتِ النَّتائجُ إلى أَنَّ برامج الدراسات العليا تُسْهِمُ في تحقيق التَّنمية المجتمعية المُستدَامَة من خلال النَّشر العلمي والأبحاث التي تخدم المجتمع. وأَكَّدَتِ النَّتائجُ أيضًا أَنَّهُ لا بُدَّ أَنْ تكون برامج وأبحاث الدراسات العليا مُتَوَائِمَةً مع الأبحاث العلمية المنشورة في مجال تحسين التَّنمية في البلدان النَّامية، وأضافتِ النَّتائجُ الدَّورَ المُهِمَّ لِلشَّراكة بين الدراسات العليا مع القطاعات الصناعية في تحقيق التَّنمية الشاملة؛ من خلال الأبحاث المشتركة، وتحديد الاحتياجات، وزيادة الابتكارات.

أَمَّا دراسةُ شبيب (2021) فَسَعَتْ إلى كَشْفِ المُعَوِّقات التي تُوَاجِهُ برامج الدراسات العليا في كلية التربية جامعة إب اليمنية في تحقيق التَّنمية المُستدَامَة، وقد تَبَنَّتِ الدِّراسةُ المنهجَ الوصفيَّ التَّحليليَّ من خلال عرضِ وتحليل الأدبيَّات النظرية، وتوصَّلَتِ الدراسةُ لنتائجَ عِدَّةٍ؛ أهمُّها: وجود مُعَوِّقَاتٍ عِدَّةٍ كالفجوة بين ما تُقَدِّمُهُ برامج الدراسات العليا في كلية التربية جامعة إب واحتياجات سوق العمل ومُتطَلَّبات التَّنمية المُستدَامَة، وضعف امتلاك الطَّلَبَة للمهارات العلمية والتطبيقية، ونقص في أعداد أعضاء هيئة التدريس المُتَخَصِّصِين، واستخدامهم لطرائق تقليدية في التدريس، وعدم توجيه الأنشطة والبرامج التعليمية لها لخدمة المجتمع في تحقيق التَّنمية المُستدَامَة، بالإضافة إلى ضعف ارتباطها باحتياجات سوق العمل والتَّنمية المُستدَامَة.

وقد رَصَدَتْ دراسةُ اسيفدو دكيو (Acevedo-Duque, et al.,2022) اتِّجَاهاتِ مُقَرَّراتِ الدراسات العليا في تدريب الكفاءات البشرية من أجل تحقيق التَّنمية المُستدَامَة في ضوء النظرية المُجَذِّرة. واستخدمتِ الدراسةُ المنهجَ النَّوعيَّ، وأَجْرَتْ مقابلات مع (20) عميدًا لجامعاتٍ عِدَّةٍ بأمريكا اللَّاتينيَّة وإسبانيا. وتوصَّلَتِ النَّتائجُ إلى أَنَّ برامج الدراسات العليا بحاجة إلى إعادة تصميم برامجها التعليمية للإسهام في التَّنمية المُستدَامَة، ليس فقط على المستوى الأكاديمي ولكنْ أيضًا من خلال المنظومة التَّعليمية كَكُلٍّ. وأضافتِ النَّتائجُ أَنَّ هناك حاجةً اليوم أكثرَ من أَيِّ وقتٍ مَضَى إلى التَّغيير، والحاجة إلى مخرجات دراسات عليا يُسْهِمُون في تحقيق التَّوازن الثلاثي: البيئي والاقتصادي والاجتماعي. وأَوْصَتِ الدراسةُ بضرورة تحديث برامج الدراسات العليا وإكسابهم المهارات اللازمة لِحَلِّ المشكلات التي تَعُوقُ تحقيقَ الاستدامة.

أَمَّا في السِّياق العُمَانِي؛ فَهَدَفَتْ دراسةُ النبهانية (2018) لِلتَّعَرُّف إلى دَوْرِ مؤسَّسات المعلومات في سلطنة عُمَان في تحقيق أهداف التَّنمية المُستدَامَة 2030 من خلال التَّعَرُّف إلى مستوى وَعْيِ العاملين في قطاع المكتبات والمراكز الثقافية بأهداف التَّنمية المُستدَامَة 2030 وسُبُل تحقيقها. واعتمدتِ الدراسةُ لتحقيق أهدافها على المنهج المَزْجِي (Mixed Methods Approach)؛ من خلال تطبيق الاستبانة وتحليل الوثائق والمقابلة شِبْه المُقَنَّنَة. وتَوَصَّلَتِ الدراسةُ إلى نتائجَ عِدَّةٍ؛ منها أَنَّ مؤسَّسات المعلومات تقوم بتنفيذ العديد من الأنشطة والبرامج المُسْهِمَة في تحقيق أهداف التَّنمية المُستدَامَة. كما أظهرتْ نتائجُ الدراسة إسهامَ مؤسَّسات المعلومات عيِّنة الدراسة جميعَها في تحقيق أهداف التَّنمية المُستدَامَة بِنِسَبٍ متفاوتةٍ من وُجُوهِ عدد المؤسَّسات المُسْهِمَة في تحقيق كُلِّ هدفٍ، وعدد الأنشطة المُنَفَّذَة في كُلِّ هدفٍ. كما أشارت إلى وجود بعض المُعَوِّقات؛ كالمُعَوِّقات المالية، وعدم الوعي بماهية أهداف التَّنمية المُستدَامَة، والمُعَوِّقات الإدارية، والمُعَوِّقات البشرية. وأَوْضَحَتِ النَّتائجُ مشاركة مؤسَّسات المعلومات جميعِها في الخُطَط التَّنموية؛ إِمَّا بصورة مباشرة أم من خلال الجهات المُشْرِفَة عليها، كما أَوْضَحَتْ وجودَ وَعْيٍ من قِبَل مُتَّخِذِي القرار بدورِ مؤسَّسات المعلومات في تحقيق الخُطَط التَّنموية وأهداف التَّنمية المُستدَامَة، ووجود اهتمام واضح بتطوير قطاع المعلومات في الخطة الخمسية التاسعة (2016–2020) والرُّؤْيَة المستقبلية (عُمَان 2040).

وفي السِّيَاقِ نفسِهِ؛ هدفت دراسة الهنائي وآخرون (2023) إلى تقييم درجة توافر متطلبات الشراكة المجتمعية في الجامعات العُمانية وفقًا لمعايير الهيئة العُمانية للاعتماد الأكاديمي وضمان جودة التعليم. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي من توزيع استبانة مكونة على عينة مكونة من 286 عضواً من هيئة التدريس بالجامعات العُمانية. وأظهرت النتائج توافرًا كبيرًا لمتطلبات الشراكة المجتمعية بشكل عام، مع وجود فرق ذات دلالة إحصائية لصالح من شاركوا أكثر من ثلاث مرات في خدمة المجتمع، ولا يوجد فروق ذات دلالة إحصائية لصالح الرتبة العلمية.

وجاءتْ دراسةُ الصيعرية وآخرون (2022) لكشفِ دَوْرِ تِقْنِيَّات الثورة الصناعية الرابعة في تحقيق أهداف التَّنمية المُستدَامَة بمؤسَّسات التعليم العالي في سلطنة عُمَان. واستخدمتِ الدِّراسةُ المنهجَ النَّوعيَّ من خلال إجراء المقابلات مع عيِّنة من (10) من قيادات مؤسَّسات التعليم العالي. تَوَصَّلَتْ نتائجُ الدِّراسةِ إلى أهمِّيَّةِ دَوْرِ تِقْنِيَّات الثورة الصناعية الرابعة في تحقيق أهداف التَّنمية المُستدَامَة في مؤسَّسات التعليم العالي، كما أشارتْ نتائجُ الدِّراسةِ إلى أَنَّ مستوى تَوَفُّر تِقْنِيَّات الثورة الصناعية الرابعة كانت بين ممتازة، ومتوسطة؛ حَسَبَ وجهات نظر كُلٍّ منهم. وأَوْضَحَتْ نتائجُ أيضًا وجود عددٍ من التَّحَدِّيات الإدارية والتِّقْنِيَّة والبشرية، وقَدَّمَتِ النَّتائجُ عددًا من الإجراءات المُقترَحة تتمثَّلُ في: بناءِ شراكات مع المجتمع، وجَذْبِ الخبرات، وتدريبِ الكفاءات البشرية، وتحسين البُنْيَة التَّحتيَّة.

وتأسيسًا إلى ما سَبَقَ، يتَّضِحُ من تحليل الدراسات السابقة، إنَّ معظمَها أَكَّدَتِ الدَّوْرَ المُهِمَّ لبرامج الدراسات العليا في موضوع الشَّراكة المجتمعية، وأيضًا دورَها الفعَّال في التَّنمية المُستدَامَة، واعتمدتْ معظمُها المنهجَ الوصفيَّ نظرًا لِمُلَاءَمَتِهِ لهذا النَّوع من الأبحاث. وكذلك استخدمتْ بعضُ الدراسات **أداةَ الاستبانة**؛ منها: دراسة العودة (2016)، ودراسة خليل (2019) ودراسة (الهنائي وآخرون،2023)، بينما بعضُها **استخدمَ أداةَ المقابلات**؛ منها: (دراسة الصيعرية وآخرون، 2022؛ Acevedo–Duque, et al.,2022)، والبعضُ الآخَرُ **اعتمدَ إلى تحليل الأدبيَّات ذات العلاقة**؛ منها: دراسات السابقة (Asongu et al., 2018 ؛ شبيب 2021). وقدِ استفادتِ الدِّراسةُ الحاليَّةُ من الدراسات السابقة في: تأكيد أهمِّيَّة موضوعها، وتحديد مشكلتها، وبناء أداتها (المقابلات)، وفي دَعْمِ نتائج الدراسة الحاليَّة بالدراسات السابقة. وتختلفُ الدِّراسةُ الحاليَّةُ عن الدراسات السابقة في كونِها جَمَعَتْ بين مُتَغَيِّرَيِ الشَّراكة المجتمعية؛ والتَّنمية المُستدَامَة في سياق برامج الدراسات العليا، في حين إنَّ معظم الدراسات السابقة رَكَّزَتْ على مُتَغَيِّر واحد بشكلٍ منفصلٍ؛ إِمَّا الشَّراكة المجتمعية، أم

التَّنمية المُستدَامَة، وتُعَدُّ الدِّراسةُ الحاليَّةُ هي الدراسةَ العربيَّةَ الأولى التي تناولتْ هذه المُتَغَيِّرات مع بعضها في سياق برامج الدراسات العليا؛ حَسَبَ مَسْحِ الأدبيَّات التي قامتْ به الباحثةُ. وكذلك تختلفُ الدِّراسةُ الحاليَّةُ في البيئة التي طُبِّقَتْ فيها، الذي بِدَوْرِهِ يُسْهِمُ في إعطاء نتائج مختلفة عن الدراسات السابقة التي طُبِّقَتْ في بيئات أخرى.

3. مشكلة الدراسة

أَكَّدَتْ رُؤْيَةُ عُمَان 2040 بوضوح أَنَّ سلطنةَ عُمَان لا بُدَّ أَنْ تكونَ ضِمْنَ الدُّوَل المتقدِّمة في السنوات العشرين القادمة، وتكتسبُ الرُّؤْيَةُ أهمِّيَّتَها من كونها خريطة طَرِيقٍ تُحَدِّدُ مسارات المستقبل للقطاعات كافَّةً في سلطنة عُمَان (وزارة الاقتصاد، 2020). وقد عَوَّلَتِ الرُّؤْيَةُ بشكلٍ أساسٍ في تحقيق أهدافها على التعليم والبحث العلمي، والقدرات البشرية، لذا تُعَدُّ برامجُ الدراسات العليا عنصرًا أساسًا في تحقيق تَطَلُّعَات الرُّؤْيَة لأنَّها المسؤولةُ عن إعداد مُخرجَات وطنية قادرة على الابتكارِ ودَفْعِ حركة البحث العلمي، وتحقيقِ التَّقدُّم في مجالاتِ الحياةِ جميعِها. وعلى الرَّغْمِ من ذلك؛ أَكَّدَتْ عددٌ من الأدبيَّات وجودَ جملةٍ من التَّحَدِّيات التي قد تَعُوقُ برامجَ الدراسات العليا عن الإسهام في الحركة التَّنمويَّة في الدولة تَمَثَّلَ في: **ضعف التَّمويل والدَّعْم المادي، ومحدوديَّة إسهامات البحث العلمي، وضيق الوقت المُخَصَّص للبحث، وقِلَّة الحوافز الدَّاعِمَة للبحث العلمي** (كرادشة وآخرون،2019؛ العوفي، 2020)، وضعف مهارات المستقبل، والحاجة لِمُوَاءَمَة البرامج الجامعية بما يُنَاسِبُ مُتطَلَّبات سوق العمل (مجلس التعليم، 2018)، وضعف استخدام التِّقْنِيَّات الناشئة، وندرة التَّخَصُّصَات الأكاديمية في مجالات الذكاء الاصطناعي، وعدم وجود رُؤْيَة واضحة لِلشَّراكة مع القطاع الخاص (الصيعرية وآخرون، 2022).

أيضاً لا بُدَّ من الإشارة الى ما تَمَخَّضَتْ عنه بعض المؤتمرات الدولية التي أُقِيمَتْ في سلطنة عُمَان بغرض تسليط الضوء على التَّنمية المُستدَامَة والتعليم (وزارة التربية والتعليم، 2020؛ جامعة السُّلطان قابوس، 2022)؛ من وجود جملة من التَّحَدِّيات التي قد تَعُوق مسايرة المُؤَسَّسات الجامعيَّة لأهداف التَّنمية المُستدَامَة، التي منها: عدم وجود سياسات وتشريعات واضحة في هذا الجانب، وضَعْف الشَّراكة بين مؤسَّسات التعليم العالي والقطاعات الأخرى لتنفيذ مبادرات تُسْهِمُ في تحقيق الاستدامة، وقِلَّة الاهتمام بتوظيف التِّقْنِيَّات الحديثة في التعليم، وقِلَّة الوَعْي بشأن التَّنمية المُستدَامَة وأهميتها.

ولمزيدٍ من التَّحَقُّق؛ تمَّ إعدادُ دراسة استطلاعية (Pilot Study)؛ من خلال إجراء مقابلات مع عيِّنة مُكَوَّنة من أربعة أفراد من طَلَبَة الدراسات العليا في الجامعات العُمَانِيَّة، وقد تمَّ إجراؤُها خلال شهر يونيو2022، عبرَ الهاتف. ومن أهمِّ ما تَوَصَّلَتْ إليه نتائجُ المقابلات أنَّ هناك إجماعًا بين المشاركين فيما يختصُّ بأهمية الشَّراكة المجتمعية في تطوير برامج الدراسات العليا وتحقيق التَّنمية المُستدَامَة، وأَكَّدُوا جميعُهم الحاجةَ المُلِحَّةَ لأمثال هذه الدِّراسة لمساعدة مؤسَّسات التعليم العالي في تحسين اتخاذ القرارات وتطوير برامجها بما يتناسب مع توجُّهات المستقبل. وأيضًا أَجْمَعَتْ عيِّنةُ المقابلات على أهمية إجرائِها كونُها سَتُسْهِمُ بشكلٍ فعَّالٍ في الكشف عن الواقع الحالي، وتحديد جوانب الضعف ببرامج الدراسات العليا وآليات الشَّراكة، ودورَها في تحقيق التَّنمية المُستدَامَة خاصَّةً، وحَسَبَ قولهم، ومَسْح الأدبيَّات ذات العلاقة الذي قامت به الباحثة؛ لم تتمَّ دراسةُ هذا الموضوع في سياق برامج الدراسات العليا بسلطنة عُمَان من قَبْلُ؛ على الرَّغْمِ من أهمِّيَّتِهِ الكبيرة ودورِهِ الفعَّالِ في تحقيق التَّنمية المُستدَامَة، ورُؤْيَة عُمَان 2040. ومِمَّا سَبَقَ يمكن صياغة مشكلة الدراسة الحاليَّة في الأسئلة التَّالية:

- ما دورُ برامج الدراسات العليا بالجامعات العُمَانِيَّة في تعزيز الشَّراكة المجتمعية؛ في ضوء التَّنمية المُستدَامَة؟"
- ما التَّحَدِّيات التي تُوَاجِهُها برامجُ الدراسات العليا بالجامعات العُمَانِيَّة؛ في جانب تعزيز الشَّراكة المجتمعية؟"

- ما الآليات الفاعلة لتطوير الشَّراكة المجتمعية في برامج الدراسات العليا بالجامعات العُمَانِيَّة؛ تحقيقًا لأهداف التَّنمية المُستدَامَة؟

4. أهداف الدراسة

هَدَفَتِ الدِّراسةُ الحاليَّةُ لتحقيق الأهداف التَّالية:

- التَّعَرُّف إلى دورِ الشَّراكة المجتمعية في برامج الدراسات العليا بالجامعات العُمَانِيَّة؛ في تحقيق أهداف التَّنمية المُستدَامَة.
- كَشْفُ أهمِّ التَّحَدِّيات التي تُوَاجِهُها برامجُ الدراسات العليا بالجامعات العُمَانِيَّة؛ في جانب تعزيز الشَّراكة المجتمعية.
- التَّعَرُّف إلى الآليات الفاعلة لتطوير الشَّراكة المجتمعية في برامج الدراسات العليا بالجامعات العُمَانِيَّة؛ تحقيقًا لأهداف التَّنمية المُستدَامَة.

5. أهمية الدراسة

تتجلَّى أهمية الدراسة الحاليَّة في الجوانب التَّالية:

5.1 الأهمية النظرية

- تُعَدُّ الدراسةُ الحاليَّةُ استجابةً لِمَا أَوْصَتْ به العديدُ من التقارير العالمية والمؤتمرات الدولية من ضرورة تعزيز الشَّراكة بين مؤسَّسات التعليم العالي ببرامجها المختلفة وقطاعات المجتمع وتحقيق آليات التَّنمية المُستدَامَة.
- تُعَدُّ الدراسةُ الحاليَّةُ الأولى من نوعها التي تناولت عن موضوع الشَّراكة المجتمعية والتَّنمية المُستدَامَة معًا في سياق برامج الدراسات العليا؛ حَسَبَ مَسْحِ الأدبيَّات التي قامتْ به الباحثةُ.
- من المُتَوَقَّعِ أَنْ تفِيدَ الدراسةُ الحاليَّةُ المكتباتِ العربيَّةَ بمعلومات عن دَوْرِ الشَّراكة في تحقيق التَّنمية المُستدَامَة.
- من المُرَجَّى أَنْ تُسْهِمَ الدراسةُ الحاليَّةُ في تنويع أساليب البحث المُستخدَمَة في الدراسات العربية من خلال استخدامها للأسلوب النَّوعي وتوظيف تصميم دراسة الحالة.

5.2 الأهمية التطبيقية

من المُرَجَّى أَنْ تُسْهِمَ الدراسةُ الحاليَّةُ وتساعدَ:

- أصحابَ القرار بمؤسَّسات التعليم العالي في تطوير برامج الدراسات العليا؛ نحو تحقيق أهداف التَّنمية المستدَامَة.
- في لَفْتِ انتباه قيادات مؤسَّسات التعليم العالي بشأن التَّحَدِّيات وآليات في تعزيز الشَّراكة المجتمعية؛ نحو تلبية أهداف التَّنمية المُستدَامَة.
- في توجيه الجهات المسؤولة نحو تحديد آليات الشَّراكة المجتمعية في مؤسَّسات التعليم العالي؛ تحقيقًا لِلتَّنمية المُستدَامَة.

6. مصطلحات الدراسة

الدراسات العليا: عَرَّفَها مرسي (1985) أنَّها التَّعلُّم أو الدراسة بغرض الحصول على درجة علمية أعلى من درجة الجامعية الأولى (البكالوريوس)، التي يتمُّ فيها التركيز على البحث العلمي. ويُقْصَدُ بها إجراءً: البرامج التعليمية في الجامعات العُمَانِيَّة التي يُمْنَحُ بها الطَّلَبَةُ شهادةَ ماجستير أم دكتوراه.

الشَّراكة المجتمعية: عَرَّفَها العجمي (2007) أنَّها الأعمالُ والأنشطةُ جميعُها التي يقوم بها أعضاء المجتمع سواءً أكانوا أفرادًا أم جماعاتٍ أم مؤسَّساتٍ؛ بغرض خدمة مجتمعهم في المجالات المختلفة بهدفِ الإسهام في تطويرِ قطاعات المجتمع وحَلِّ مشكلاتِهِ. ويُقْصَدُ بها إجراءً: الشَّراكة بين برامج الدراسات العليا وقطاعات المجتمع المختلفة من خلال إقامة علاقات مُتَبَادَلة لخدمة مصالحهم المُشترَكة وتحقيق التَّنمية المجتمعية الشَّاملة.

التَّنمية المُستدَامَة: عرفه أبو النصر (2017) تمَيكِّنَ الطَّلَبَةَ من اكتساب التِقْنِيَّات والمهارات المطلوبة لضمان تنمية مُستدَامَة لقدراتُهم ومهاراتُهم وإمكاناتُهم؛ وجعلهم أفرادٍ يتحمَّلون مسؤوليَّاتهم والتَّمَتُّع بحقوقِهم كُلِّها؛ إلى جانب القيام بواجباتِهم جميعِها. ويُقْصَدُ بها إجراءً إسهام برامج الدراسات العليا، من خلال شراكاتها مع قطاعات المجتمع، وما يمتلكونه من مهارات ومعارف؛ في تحقيق التَّنمية الاقتصادية والاجتماعية والبيئية، ومواكبة التَّطَوُّرات التكنولوجية، وتحقيق التَّنافُسِيَّة العالمية؛ مع ضمان المحافظة على موارِدِ وثرواتِ سلطنة عُمَان، وعدم إلحاق الضَّرَر بحقوق الأجيال القادمة.

7. حدود الدراسة

تتمثَّلُ حدودُ الدراسة الحاليَّة في التَّالي:

- الحدود الموضوعية: تناولتِ الدراسةُ الحاليَّةُ ثلاثةَ موضوعات أساسية؛ هي: دورُ الدراسات العليا في تعزيز الشَّراكة المجتمعية بسلطنة عُمَان، والتَّحدِّيات التي تُواجِهُها، وأهمُّ الآليات لتطوير هذا الجانب تحقيقًا لأهداف التَّنمية المُستدَامَة.
- الحدود المكانية: طُبِّقَتِ الدِّراسةُ الحاليَّةُ في الجامعات التي تُقَدِّمُ برامج الدراسات العليا في كل من: محافظة مسقط، ومحافظة الداخلية، ومحافظة ظفار.
- الحدود الزمنية: طُبِّقَتِ الدِّراسةُ الحاليَّةُ في المدة الزمنية من مايو 2022 إلى أكتوبر 2022.
- الحدود البشرية: طُبِّقَتِ الدِّراسةُ الحاليَّةُ على عيِّنة مُكَوَّنَة من 25 فردًا من طَلَبَة الدراسات العليا من برنامج الدكتوراه والماجستير.

8. منهجية الدراسة وإجراءاتها

اِتَّبَعَتِ الدِّراسةُ المنهجَ النَّوعيَّ Qualitative Research من خلال تصميم "دراسة الحالة" نَظَرًا لِمُلَاءَمَتِهِ لتحقيق أهداف الدراسة الحاليَّة؛ فَيُمْكِنُ التَّعَمُّق في آراء المشاركين للحصول على فَهْمٍ متكاملٍ دقيقٍ لموضوع الدراسة الحاليَّة من خلال ما يَمْنَحُهُ للباحث من فرصة جيِّدة لِفَهْمِ السياق الذي يتفاعل فيه المشاركون، والتأثير الذي يُمْكِنُ أَنْ يُمَارِسَهُ ذلك السياق على تصرُّفاتهم وخبراتهم (Maxwell, 2005). وهذا يتناسبُ مع الدراسة الحاليَّة التي تهدُفُ لكشفِ وجهة نَظَرِ طَلَبَة الدراسات العليا في الشَّراكة المجتمعية ودورها في التَّنمية المُستدَامَة؛ فقد أشارَ كريسول وبوث (Creswell and

(Poth, 2018 أنَّ البحثَ النَّوعيَّ يتناسب مع الدراسات التي تستهدِفُ جَمْعَ البيانات من الأشخاص ذَوِي العلاقة بمشكلة الدراسة الحاليَّة. وقدِ استخدمتِ الدِّراسةُ الحاليَّةُ التَّصميمَ الاستقرائي (Inductive Design) من خلالِ جَمْعِ الأدِلَّة والبيانات أَوَّلًا ثم تشكيل المعرفة؛ فقد ساعدَ تحليلُ أفكار المشاركين وانطباعاتهم في وَضْعِ تفسيراتٍ لِفَهْمِ موضوع الدراسة الحاليَّة (Creswell, 2009).

8.1 سياق الدراسة

يسهم معرفة سياق الدراسات النوعية في فهم وتفسير سلوكات أفراد العينة، خاصَّةً في المقابلات، وكذلك يساعد الباحثون في الوصول لتحليلات أكثر عمقاً (Roller, et al., 2015)؛ لذا سيتم اختيار سياق مألوف للباحثين وهو الجامعات العمانية في سلطنة عُمان لتطبيق أدوات؛ وخاصةً كون الباحث الرئيس ينتمي إلى مؤسسات التعليم العالي، وعليه سيكونون أكثر عمقاً وفهماً للسياق الذي يدرسوه، وتكون تفسيراتهم أقرب للواقع لأنها مبنية على خبرة واقعية ومعرفة بالسياق نفسه. وقد تمت جمع البيانات من ثلاث جامعات في السلطنة بمحافظة مسقط وظفار والداخلية، وجميعها تحت إشراف وزارة التعليم العالي والبحث العلمي والابتكار.

8.2 عيِّنة الدراسة

وقد تمَّ اختيارُ عددٍ من طَلَبَة الدراسات العليا من جامعة السُّلطان قابوس وجامعة ظفار وجامعة نزوى من التَّخَصُّصات المختلفة في برامج الماجستير والدكتوراه، وقد تمَّ اختيارُ العيِّنة المُكَوَّنَة من 25 طالبًا وطالبةً بطريقة العيِّنة القَصْدِيَّة، وعليه تمَّ اختيارُ (11) فردًا من طَلَبَة الماجستير، و(14) فردًا من طَلَبَة الدكتوراه من كُلِّيَّات التربية، وكلية الآداب، وكلية الهندسة، وكلية العلوم. وقد رُوعِيَ في اختيار العيِّنة معيارَيْن هُمَا: أَوَّلًا: المُلاءَمَة التي يُقْصَدُ بها اختيار أَنْسَب المشاركين، وثانيًا: الكفاية التي يُقْصَدُ بها تَنَوُّع مصادر المعلومات وتَعَدُّدها (Fossey, et al., 2002)، ولتحقيق ذلك تمَّ اختيارُ طَلَبَة الدراسات العليا مِمَّنْ لهم سنتان أم أكثر في برنامج الدراسة الحاليَّة لأنَّهم أكثر خبرة من طَلَبَة السنة الأولى، وأيضًا تمَّ اختيارُ المشاركين من الكُلِّيَّات الإنسانية، والعلمية المختلفة من جامعاتٍ عِدَّةٍ؛ مراعاةً لِلتَّنَوُّع في مصادر البيانات.

8.3 أداة الدراسة

طَبَّقَتِ الدِّراسةُ الحاليَّةُ أداةَ المقابلات شِبْه المهيكلة (Semi-Structure interview)، وهي من الطُّرق الرَّئيسة لِجَمْعِ البيانات في الأسلوب النَّوعي لأنَّها تُمَكِّنُ الباحث من الوصول لمعلومات لا يُمْكِنُ وصولُها بالطُّرَائق الأخرى، واعتمدتِ الباحثةُ هذا النَّوعَ من المقابلات لأنَّهُ يسمح لِلْمُشَارِك التَّحَدُّث بِحُرِّيَّة، وحصول الباحث على معلومات واضحة ومُثْرِيَة (Gray, 2014).

8.4 موثوقية البيانات

ينطلق البحثُ النَّوعيُّ من الفلسفة البنائية (Constructivist Paradigm) (Lincoln & Guba, 2013)؛ فهو يرى أَنَّ الوصول إلى المعرفة والحقائق من خلال التَّشَارُك مع الأفراد، ويلعب الباحث دورًا مُهِمًّا في بناء المعرفة، لذا من الصعب اتِّبَاع أساليب صارمة في التَّحَقُّق من الصدق والثبات كما هو الحال في الأبحاث الكَمِّيَّة. لذا تستخدمُ معظمُ الأبحاث النَّوعيَّة مصطلحَ الموثوقية بَدَلًا من الصدق والثبات لتوضيح الأساليب المُتَّبَعَة في التَّحَقُّق من جودة البحث

والبيانات؛ فَتَبَنَّتِ الدِّراسةُ معاييرَ الموثوقية (Trustworthiness) لينكولن وجوبا (Lincoln & Guba, 1985) لِلتَّحَقُّق من جودة الدِّراسة الحاليَّة وموثوقيَّتها، وَفْقَ التَّالي:

- معيار المصداقيَّة (Credibility): من خلال تسجيل المقابلات صوتًا وتفريغها كتابةً والتَّأكُّد من مطابقة البيانات الصوتية والكتابية، وكذلك أَخْذ مشاركين من جامعات مختلفة، ودَعْم نتائج الدراسة باقتباسات مباشرة للمشاركين.
- معيار القابليَّة للنَّقل (Transferability): على الرَّغْمِ من أَنَّ تعميم النتائج في البحث النَّوعي ليس بالأمر ذِي الأهمية عند الباحث النَّوعي؛ إِلَّا الدراسة الحاليَّة قامت بوصفٍ لإجراءات الدراسة، والمشاركين، والمدة الزمنية لتطبيق الدراسة الحاليَّة؛ لِمَنْحِ القارئ فرصةً لإمكانِ نَقْلِ نتائج الدراسة الحاليَّة لسياقاتٍ أخرى مُشَابِهَة.
- معيار الاعتمادية (Dependability): تمَّ ذلك من خلالِ تقديمِ وَصْفٍ دقيقٍ لمنهجية الدراسة الحاليَّة والإجراءات المُتَّبَعَة فيها، وعيِّنة الدراسة الحاليَّة وطريقة اختيارهم، ووصفٍ لطريقة الجمع وتحليل البيانات.
- معيار القابلية لِلتَّأكيد (Confirmability): فقد تمَّ استعراضُ وجهات النَّظَر كُلِّها بكلِّ موضوعيَّة، فضلًا عن إجراء مقابلات استطلاعيَّة من خارج عيِّنة الدراسة الحاليَّة قبل البدء في المقابلات الفعلية.

8.5 تحليل البيانات:

استخدمتِ الدِّراسةُ الحاليَّةُ أسلوبَ التحليل الموضوعي (Thematic Analysis)، الذي يمكن من خلالِهِ تحليل إجابات المشاركين وتحديد التَّشَابُه والاختلاف بين آرائِهِم (King, 2004)، واستعانتْ ببرنامج أطلس تي (Atlas.ti 9) في تحليل البيانات، وقد تمَّ التَّحليلُ في سِتِّ خطوات (Braun & Clarke, 2006)؛ أَوَّلًا: التَّعَرُّف إلى البيانات من خلال القراءة المكثَّفة للنصوص الكتابية للمقابلات، ومحاولات كتابة أفكار أَوَّليَّة. ثانيًا: التَّرميز؛ فقد تمَّ وَضْعُ علاماتٍ على البيانات المُهِمَّة، وتلخيصُها بكلمةٍ أو كلمتَيْن، وهو ما يُسَمَّى بالتَّرميز الوصفي (Descriptive coding) (Saldaña, 2016)، وتمَّ ترميزُ كُلِّ مقابلة على حِدَة، وساعدتْ خاصِّيَّةُ التَّرميز في برنامج Atlas.ti 9 في تسهيل ذلك، وقد تمَّ تحديدُ الرموز في الدراسة الحاليَّة بما يتناسب مع أسئلتها، ثم بعد ذلك تَمَّتِ الاستعانةُ بفاحصٍ خارجيٍّ لِلتَّحَقُّق من تَوَافُق البيانات مع الرموز. ثالثًا: البحث عن موضوعات؛ فقد تمَّ تحويلُ الرموز إلى موضوعات، وقد تمَّ تحديدُ موضوعات رئيسة تمَّ أَخْذُها من أسئلة الدراسة الحاليَّة والأدب النظري، ورَبْط الموضوعات الرَّئيسة بموضوعات فرعية. رابعًا: مراجعة الموضوعات؛ يتمُّ ذلك من خلال مراجعة مستوى مُلَاءَمَة الموضوعات الرَّئيسة مع الفرعية، والتَّخَلُّص من الموضوعات التي لا تخدمُ موضوعات الدراسة الحاليَّة (Braun & Clarke, 2006). خامسًا: تحديد وتسمية الموضوعات، فعلى سبيل المثال: تمَّتْ تسميةُ موضوع التَّحَدِّيات بهذا الاسم لأَنَّهُ يَتَضَمَّنُ الموضوعات المتعلقة بالصُّعُوبات لتعزيز الشَّراكة المجتمعية. سادسًا: إنتاج التقرير، وقد تَمَّتْ كتابةُ التقرير بصورة عميقة تَتَضَمَّنُ وَصْفَ البيانات، وتحليلها، وتفسيرها، ورَبْطها بالأدب النظري، ويتجلَّى ذلك في كتابة النتائج ومناقشتها.

8.6 إجراءات الدراسة

وقد مرَّتْ الدراسة بعدة إجراءات؛ فيما يلي تفصيل لها:

- تحديد الهدف من إجراء المقابلات بعد الاطِّلاع العميق للأدب النظري، وفَهْم موضوع الدراسة.

- تَمَّتْ صياغة دليل المقابلات، وقد تَضَمَّنَ وثيقةَ موافقة المُستَجِيبِين، وعنوان الدراسة الحاليَّة وأهدافها، وبيانات المستجيبين، وبياناتهم، وأسئلة المقابلة التي تَضَمَّنَتْ (6) أسئلة.
- تمَّ عملُ تجريب أَوَّلِي للمقابلات (Pilot Interview) مع طالبٍ من طَلَبَة الدراسات العليا من خارج أفراد العيّنة بهدفِ التَّأكُّد من سلامةِ الأسئلة وسهولة فَهْمِها.
- تم التَّواصُل مع عيّنة المقابلات لتحديد الوقت المناسب، وتحديد إجراءُ المقابلات في المدة بين شهر مايو 2022 إلى أكتوبر 2022، وقد تمَّ تسجيلُ المقابلاتِ جميعِها بعد أَخْذِ الإذن من المشاركين باستخدام تطبيق في الهاتف الذكي، ثم تفريغها إلى نصوص كتابية استعدادًا للبدء في تحليلها. واستغرقتْ مدة المقابلات بين 30 إلى 45 دقيقة.

8.7 أخلاقيَّات الدراسة

التزمتِ الدِّراسةُ الحاليَّةُ بأخلاقيَّات البحث العلمي (Patton, 2014) كالمحافظة على خصوصية معلومات المشاركين، وعدم الإفصاح عن أسمائِهم، وأيضًا تعريف المشاركين بالهدف من الدِّراسة الحاليَّة، وإعطائِهِم الحُرِّيَّة في اختيار مكان ووقت المقابلة، سواءً أكانت مقابلاتٍ افتراضيَّةً أم مباشرةً. وكذلك إفساح المجال للمشاركين لإبداء آرائِهِم بِكُلِّ حُرِّيَّة، وتوضيح حقوقهم في إمكان الانسحاب أو التَّوَقُّف من إكمال المقابلات، وأيضًا استخدام اقتباسات المشاركين بِدِقَّةٍ من دُونِ تغييرٍ.

8.8 قُيُود الدراسة

يُقْصَدُ بها العوامل الخارجية التي تَحْدُثُ خارجَ تَحَكُّم الباحث، وقد تُؤَثِّرُ في نتائج الدراسة الحاليَّة (Bloomberg & Volpe, 2019)، وأَحَدُ هذه القيود يتمثَّلُ في تَعَذُّر بعض الطَّلَبَة للمشاركة في إجراء المقابلات بسبب اشتغالهم بالدراسة والبحوث، وعدم التزام البعض بالمواعيد المُحَدَّدة نَظَرًا لِلضُّغُوطات الدراسية.

9. نتائج الدراسة ومناقشتها:

نتائج السؤال الأوَّل الذي نَصُّهُ: "ما دَوْرُ برامج الدراسات العليا بالجامعات العُمَانِيَّة في تعزيز الشَّراكة المجتمعية؟" للإجابة عن هذا السؤال تمَّ تحليلُ استجابات المشاركين في المقابلات الفردية بشأنِ دَوْرِ برامج الدراسات العليا بالجامعات العُمَانِيَّة في تعزيز الشَّراكة المجتمعية بطريقة التَّحليل الموضوعي، ثم حساب التَّكرارات والنِّسَب المئوية لرموز الاستجابات، ويوضِّح ذلك جدول1.

جدول 1

نتائج تحليل آراء المُستَجِيبين بشأن دَوْرِ برامج الدراسات العليا بالجامعات العُمَانِيَّة في تعزيز الشَّراكة المجتمعية وخدمة المجتمع (ن=25)

الترتيب	دَوْرُ برامج الدراسات العليا في تعزيز الشَّراكة المجتمعية وخدمة المجتمع	التَّكرار	النسبة المئوية
1	المشاركة الفاعلة في برامج الشَّراكة المجتمعية وخدمة المجتمع	1	35.5
2	تكثيف البحوث بشأن الشَّراكة المجتمعية وخدمة المجتمع	6	19.4
3	تكثيف الفعَّاليَّات التي تُسَلِّطُ الضوء على الحلول لمشكلات المجتمع	6	19.4

4	الشَّراكة المجتمعية في تعزيز المهارات وتحقيق رؤية عمان 2040	4	12.9
5	الاستفادة من التجارب الدولية الناجحة في مجال الشَّراكة المجتمعية	1	3.23
6	تفعيل الزيارات الميدانية لمؤسَّسات المجتمع المختلفة	1	3.23
7	تنظيم شراكات مبتكرة وفاعلة مع مؤسَّسات المجتمع المختلفة	1	3.23
8	رَبْطُ المُقَرَّرات الدراسية ببرامج الشَّراكة المجتمعية وخدمة المجتمع	1	3.23

يُبَيّنُ من الجدول 1، إنَّ برامج الدراسات العليا بالجامعات العُمَانِيَّة لها دورٌ كبيرٌ في تعزيز الشَّراكة المجتمعية وكذلك خدمة المجتمع؛ فقد ذَكَرَ المشاركون ثمانية أدوار أساسية تلعبُها هذه البرامج في تعزيز الشَّراكة المجتمعية، ويُعْزَى ذلك أيضًا إلى أَنَّ خدمةَ المجتمع ومشاركتَهُ هو إحدى المهامِّ الرَّئيسة في التعليم العالي (الربيعي، 2008)؛ لذا تهتمُّ الجامعات بِبَذْلِ الجهود في تعزيز خِدْمَاتها المجتمعية لأنَّها تُدْرِكُ أنَّهُ لا يمكن الارتقاء بالتعليم من دُونِ خدمة المجتمع ومشاركتِهِ في المجالات المختلفة. ويأتي في مقدِّمة تلك الأدوار المُشَارِكَة الفاعلة في تنفيذ برامج الشَّراكة المجتمعية بنسبة (35.5%)، وعلى سبيل المثال ما جاء على لسان المُشَارِكُ (7): *"كما تعلمين الشَّراكة المجتمعية هي الانتماء والشعور باحتياجات المجتمع والمبادرة في توجيه الطاقات والقدرات لخدمة المجتمع، مثلًا هناك برنامج في ماجستير التربية يقدِّم بشكل جيِّد لمعالجة قضية في الميدان التربوي يخرج فيها الطالب للميدان ويحاول البحث في قضية يُبَادِرُ لِحَلِّها"*. أَمَّا المُشَارِكُ رقم (17) فقد قال: *"نعم، تلعبُ دورًا جيِّدًا من خلال مثلًا اعداد الدراسات الاستشرافية للقطاعات الحكومية والخاصة المختلفة، وتقديم برامج الإنماء المهني والتطوير الذاتي للمؤسَّسات المختلفة حَسَبَ احتياجاتهم"*. وهذه النَّتيجةُ مُهِمَّةٌ لأنَّها تُسْهِمُ في تحقيق التَّنمية المُستدَامَة من خلالِ رَبْطِ احتياجات المجتمع التنموية والاقتصادية بالأهداف التَّعليميَّة (Asongu et al., 2018). وتنسجم هذه النتيجة أيضًا مع رُؤْيَة عُمَان 2040 التي تُوَجِّهُ التَّعليمَ نحو مشاركة فعَّالة مع القطاعات جميعِها وتلبية احتياجاتهم (وزارة الاقتصاد، 2020).

وفي المرتبة الثانية؛ جاء دورَانِ هُمَا: تكثيف البحوث بشأن الشَّراكة المجتمعية وخدمة المجتمع، وتكثيف الفعَّاليَّات التي تُسَلِّطُ الضوء على الحلول لمشكلات المجتمع بنسبة (19.4%) لكلٍّ منهما؛ فقد ذَكَرَ المُشَارِكُ (5): "باعتقادي *إِنَّ لها دورًا كبيرًا في تعزيز الشَّراكة المجتمعية من خلال نوعيَّة البحوث التي تُقَدِّمُها وتحديد أهدافها لتخدمَ المجتمعَ وتُشركَهُ في البحوث بشكلٍ مباشرٍ"*، وبالمثل قال المُشَارِكُ (12) فقد قال: "*تُسْهِمُ برامجُ الدراسات العليا في تفعيل هذا الجانب من خلال متابعة تنفيذ التوصيات للبحوث المُنَفَّذَة وتحويل المشروعات البحثيَّة إلى مُنْتَجَات*". وبالمثل قال المُشَارِكُ (14): "*كذلك من خلال تطبيق الدراسات والبحوث على فئات مُعَيَّنَة في المجتمع منها مراكز الطفولة ومراكز المُعَاقِين؛ كدراسة ريادة الأعمال في مراكز الوفاء الاجتماعي*". وقد تُعْزَى هذه النَّتيجةُ لِمَا أَوْضَحَتْهُ الاستراتيجيَّة الوطنية للبحث العلمي والتطوير 2040؛ التي تُرَكِّزُ أهدافُها على تحقيق المُوَاءَمَة بين البحث العلمي وخُطَط التَّنمية، ومشكلات المجتمع من خلالِ دَعْمِ التعاون البحثي بين الجامعات والقطاعات الأخرى (وزارة التعليم والبحث العلمي والابتكار،2020). وهذا ما أَيَّدَتْهُ أيضًا دراسة (عون وآخرون، 2016).

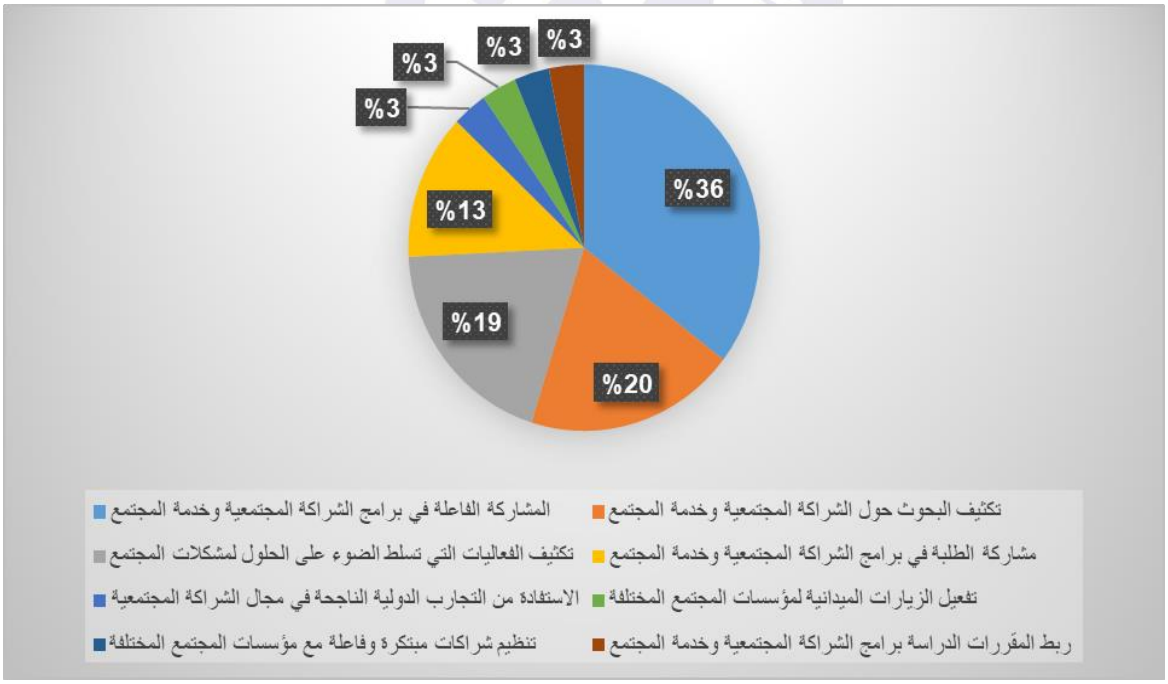
وفي المرتبة الثالثة، جاء دور الشراكة المجتمعية في تعزيز مهارات طلبة الدراسات العليا وتحقيق رؤية عمان 2040 بنسبة (12.9%)، وأَكَّدَ المُشَارِكُ رقم (7) هذا الدَّوْرَ بقولِهِ: "*دورُ البرامج هو صَقْلُ القدرات والتوجيه النفسي للطالب لخدمة المجتمع من خلال تعليمِهِ مبادئ الشَّراكة ورَبْط الانتماء؛ لأنَّ الطالب أساسًا لم يَحْضُرْ للجامعة إِلَّا ليعودَ للميدانِ وتقديمِ خبراتِهِ التي تَعَلَّمَهَا*". وتَتَّفِقُ هذه النَّتيجةُ مع دراسة ساين (Singh,2018) بشأن أهمية الشَّراكة المجتمعية في تمكين الطَّلَبَة من العديد من المهارات كالتَّواصُل الاجتماعي، والعمل التعاوني، والشعور بالانتماء للمؤسسة، وفي هذا السياق، ذَكَرَ

المُشَارِكُ رقم (7) أَنَّ رُؤْيَةَ عُمَانَ 2040 رَكَّزَتْ على تفعيل الشَّراكة المجتمعية؛ نقتبس التَّالي من قولِهِ: "*هذا الجانبُ جِدًّا مُهِمٌّ لأنَّ الرُّؤْيَةَ رَكَّزَتْ على هَدَفِ الشَّراكة المجتمعية بشكلٍ واضحٍ؛ وعلى الجامعة الاستفادة من ذلك من خلال الاستفادة من الخبرات في الشَّراكة المجتمعية بما يُحَقِّقُ جودةَ الخِدْمَات كاحتضان مؤسَّسات صغيرة لِلتَّسويق وتَبَنِّي مشروعات الطَّلَبَة*". وبالمِثْلِ، تَشَابَهَتْ هذه النَّتيجةُ مع دراسة (الصيعرية، 2022)، ودراسة (الجرادي،2021) بشأن دَوْرِ البحوث العلمية في تحقيق أهداف الرُّؤَى الوطنية المستقبلية؛ من خلال إكساب الطَّلَبَة المهاراتِ البحثيَّةَ، وتمويل البحوث، والتعاون البحثي.

وفي المرتبة الرابعة، جاءتْ أربعةُ أدوارٍ بدرجة الأهمية نفسِها ونسبة (3.23%)؛ هي: أَوَّلًا؛ الاستفادة من التجارب الدولية الناجحة في مجال الشَّراكة المجتمعية؛ فعلى سبيل المثال ذَكَرَ المُشَارِكُ رقم (4): "بعضُ البرامج تقوم بعرض تجارب عالمية للاستفادة منها". واتَّفَقَتْ هذه النَّتيجةُ مع ما وَرَدَ في دراسة ساسون (Sasson, 2019) بشأن أهمية التَّوَسُّع في الشَّراكات الدولية لتطوير جودة التعليم وتحقيق التَّنمية المُستدَامَة في التعليم. ثانيًا؛ تفعيل الزيارات الميدانية لمؤسَّسات المجتمع المختلفة، فقد ذَكَرَ المُشَارِكُ رقم (11): "*تفعيل الزيارات الميدانية والتَّعَرُّف إلى طبيعة العمل في أرض الواقع*". ثالثًا؛ تنظيم شراكات مُبتَكَرة فاعلة مع مؤسَّسات المجتمع المختلفة، فعلى سبيل المثال ذَكَرَ المُشَارِكُ رقم (4): "الجامعة *تُنَظِّمُ شراكات مُبتَكَرَة وفاعلة مع مؤسَّسات مدنية والتعاون مع الجامعات المحلية الأخرى، ومعالجة قضايا تربوية عالقة من خلال مشروعات تطبيقية وعمل ميداني لِلطَّلَبَة والأساتذة وليس فقط من خلال أوراق عمل والنشر العلمي*". رابعًا؛ رَبْطُ المُقَرَّرَات الدراسية ببرامج الشَّراكة المجتمعية وخدمة المجتمع، فقد ذَكَرَ المُشَارِكُ (11): "*من تجربتي الشخصية تقوم جامعتُنا باستشارة خبراء من القطاع الخاص والقطاعات الحكومية بشأن البرامج الأكاديمية من خلال مجالس استشارية موجودة في الجامعة*". وهذا ما أَكَّدَتْهُ دراسة (عون وآخرون، 2016) بشأن الحاجة للاستفادة من الخبراء في تحديث البرامج وتطويرها بما يتناسب مع التَّطَوُّرات المعاصرة. ويُلَخِّصُ الشَّكْلُ (1) نتائجَ السؤال الأول:

الشكل 1

مُلَخَّص آراء المُستجِيبين بشأن دَوْرِ برامج الدراسات العليا بالجامعات العُمَانِيَّة في تعزيز الشَّراكة المجتمعية وخدمة المجتمع



ويُمْكِنُ تلخيصُ النتائج السابقة وتفسيرها في ضوء النِّسَب المئوية لأهمية الأدوار التي ذَكَرَها المشاركون لبرامج الدراسات العليا بالجامعات العُمَانِيَّة في تعزيز الشَّراكة المجتمعية؛ كما يُوَضِّحُ ذلك الشكل 1. إِذْ يتَّضِحُ أَنَّ المشاركين قد سَلَّطُوا الضوء على ثمانية أدوار أساسية؛ جاء في مقدِّمتها المشاركة الفاعلة في برامج الشَّراكة المجتمعية وخدمة المجتمع بنسبة (35.5%)، ثم جاء دَوْرُ كُلٍّ من تكثيف البحوث بشأن الشَّراكة المجتمعية، وتكثيف الفعَّاليَّات التي تُسَلِّطُ الضوء على الحلول لمشكلات المجتمع في المرتبة الثانية بنسبة (19.4%) لكلٍّ منهما، وفي المرتبة الثالثة؛ جاءت مشاركة الطَّلَبَة في برامج الشَّراكة المجتمعية بنسبة (12.9%). في المرتبة الرابعة، وجاءت أربعة أدوارٍ بالأهمية نفسها (3.23%) هي: الاستفادة من التجارب الدولية الناجحة في مجال الشَّراكة المجتمعية، وتفعيل الزيارات الميدانية لمؤسَّسات المجتمع المختلفة، وتنظيم شراكات مُبتَكَرة فاعلة مع مؤسَّسات المجتمع المختلفة، ورَبْط المُقَرَّرات الدراسية ببرامج الشَّراكة المجتمعية وخدمة المجتمع. ويُمْكِنُ تفسير تركيز المشاركين على دَوْرِ الدراسات العليا في المشاركة الفاعلة في برامج الشَّراكة المجتمعية نَظَرًا لِمَا تَلْعَبُهُ الجامعات وبرامج الدراسات العليا من دَوْرٍ مِحْوَرِيٍّ في قيادة مسيرة التَّنمية بأبعادها الاقتصادية والاجتماعية والثقافية، ولتوفير ما يحتاجُهُ المجتمع من المُتَخَصِّصِين في مجالات التَّنمية الشَّاملة. كذلك تلعبُ برامجُ الدراسات العليا دَوْرًا مُهِمًّا في إيجاد الحلول العلمية والعملية لمشكلات المجتمع من خلال البحوث العلمية الرصينة، والتَّوصيات الإجرائية التي تُقَدِّمُها للمجتمع وصُنَّاع القرار في الجهات المختلفة. ومن المُحْتَمَل أَنْ تُفَسَّرَ هذه النَّتيجةُ في ضوء تَطَلُّعَات مؤسَّسات التعليم العالي للارتقاء بمستوى التعليم بمراحلِهِ المختلفة، وأَبْرَزُ ما يُؤَيِّدُ ذلك رُؤْيَةُ عُمَان 2040، والاستراتيجية الوطنية للبحث العلمي 2040، والاستراتيجية الوطنية للابتكار 2040؛ التي سَلَّطَتْ جميعُها الضَّوْءَ على تفعيل الشَّراكة بين المؤسَّسات التعليمية والقطاعات المجتمعية لتحقيق التَّنمية الشَّاملة المُستدَامَة، والارتقاء بالدولة لِمَصَافِّ الدُّوَل المتقدِّمة.

نتائج السؤال الثاني الذي نَصُّهُ: "ما التَّحَدِّياتُ التي تُوَاجِهُهَا برامجُ الدراسات العليا بشأن الشَّراكة المجتمعية؟" للإجابة عن هذا السؤال تمَّ تحليلُ استجابات المشاركين في المقابلات الفردية، ثم حساب التَّكرارات والنِّسَب المئوية لاستجاباتِهِم؛ يُوَضِّحُ ذلك جدول2.

جدول 2

نتائج تحليل آراء المُستَجِيبين بشأن التَّحدِّيات التي تُوَاجِهُهَا برامج الدراسات العليا بشأن الشَّراكة المجتمعية (ن= 25)

الترتيب	التَّحَدِّيات	التَّكرار	النسبة المئوية
1	كثرة الأعباء الأكاديمية على الطَّلَبَة والأكاديميِّين	8	18
2	قِلَّة الوعي بأهمية الشَّراكة المجتمعية	7	16
3	محدودية التَّواصُل والتَّنسيق مع مؤسَّسات المجتمع	6	14
4	قِلَّة الدَّعْم المادي لبرامج الشَّراكة المجتمعية	5	11
5	ضعف التخطيط الاستراتيجي لتفعيل الشَّراكة المجتمعية	4	9.1
7	عدم مشاركة الطَّلَبَة في برامج الشَّراكة المجتمعية	4	9.1
8	قِلَّة تَبَنِّي أفكار خدمة المجتمع	4	9.1
9	التركيز على الجانب النظري في برامج الدراسات العليا	3	6.8

10	نقص الخبرة في تقديم برامج الشَّراكة المجتمعية	2	4.5
11	قِلَّة البحوث المُشتركَة مع جهات المجتمع المختلفة	1	2.3

يَتَّضِحُ من خلال الجدول 2، إنَّ المشاركين قد ذَكَرُوا عشرةَ تَحَدِّيات تُوَاجِهُها برامج الدراسات العليا بشأن الشَّراكة المجتمعية؛ جاء في المرتبة الأولى، كثرة الأعباء الأكاديمية على الطَّلَبَة والأكاديميّين بنسبة (18%)؛ فقد ذَكَرَ المشاركون أَنَّ هذه الأعباء تُقَلِّلُ مشاركةَ الطَّلَبَة والأكاديميّين في برامج الشَّراكة المجتمعية، حيث أشارَ المُشَارِكُ رقم (1) لذلك بقولِهِ: *"إضافة لكثرة الأعباء التي يتحمَّلُها طالب الماجستير التي لا تعطيه الفرصة في الشَّراكة المجتمعية؛ لضيق الوقت ومحاولتِهِ تحقيق مُتطلَّبات المُقَرَّرَات الدراسية"*. وأشارَ المُشَارِكُ رقم (22) إلى عدم تفرُّغ الكفاءات البشرية في الجامعة وكثرة الضغوطات عليهم؛ فقال: *"وعدم تفرُّغ الكفاءات البشرية، فالأساتذةُ والطَّلَبَةُ جميعُهم تحت ضغوطات كبيرة"*. وأيضًا بَيَّنَ المُشَارِك رقم (7) كثرةَ الأعباء على الطَّلَبَة؛ نَقْتَبِسُ من كلامِهِ التَّالي: *"التَّحَدِّيات التي أراها أَنَّ الطالبَ مُثْقَلٌ كثيرًا بالأعباء النظرية التي يَدْرُسُها؛ ومن هنا فهو لا يَجِدُ الوقت الكافي أَوَّلًا وهو على مقاعد الدِّراسة لتطبيق ما تَعَلَّمَهُ في الميدان التربوي مثالًا لخدمة مجتمعِهِ وتعزيزِ قدراته المهنية في الميدان، ومن هنا يجب التركيز في البرامج وعدم الإكثار منها"*. وتَتَّفِقُ هذه النَّتيجةُ مع بعض نتائج الدراسات كدراستَي (الجرادي، 2021؛ العوفي 2020).

وفي المرتبة الثانية، وَرَدَ تَحَدٍّ بشأن قِلَّة الوَعْي بأهمية الشَّراكة المجتمعية بنسبة (16%)، ومن الاقتباسات التي تُوَضِّحُ ذلك ما قَالَهُ المُشَارِكُ (25): *"بالإضافة إلى قِلَّة الوَعْي بأهمية هذا الجانب، وعدم وجود الدَّافِع والمبادرة من قِبَل الطَّلَبَة أنفسهم"*، وأيضًا المُشَارِكُ رقم (9)؛ إِذْ قال: *"تركيز أعضاء هيئة التدريس على العمل البحثي لارتباطِهِ بالتَّرقيات أكثر من العمل الاجتماعي"*. وأيضًا بَيَّنَ المُشَارِكُ (17) عدمَ وجود إطار عمل واضح لتفعيل برامج الشَّراكة المجتمعية؛ نقتبس من كلامِهِ التَّالي: *"قِلَّةُ الوعي بأهمية الشَّراكة المجتمعية لعدم وجود إطار عمل واضح في برامج الدراسات العليا لتفعيل الشَّراكة المجتمعية"*. وهذه النَّتيجةُ قد تُعْزَى لِمَا ذَكَرَهُ المشاركون بشأن كثرة الضُّغوطات على الطَّلَبَة والأساتذة؛ ما أَدَّى إلى إهمالِ جانبِ نَشْرِ الوعي بشأنِ الشَّراكةِ المجتمعيَّةِ، ودورِها في التَّنمية المُستدَامَة. ويُؤَيِّدُ ذلك ما أشارت إليه نتائجُ دراسة (الصيعرية، 2022) بشأن ضرورة إيجاد رُؤْيَة واضحة لتعزيز الشَّراكة المجتمعية في مؤسَّسات التعليم العالي؛ خاصَّةً في مجال التِّقَانَة النَّاشئة والابتكارات حتَّى تستجيبَ لأهداف التَّنمية المُستدَامَة.

وفي المرتبة الثالثة، جاء تحدِّي محدودية التَّواصُل والتَّنسيق مع مؤسَّسات المجتمع بنسبة (14%)، ومن الاقتباسات المُوَضَّحَة لهذا التَّحَدِّي ما ذَكَرَهُ المُشَارِكُ (4)؛ فقد قال: *"أيضًا رُبَّمَا لا يُوجَدُ التَّنسيق بين الجامعة ومؤسَّسات القطاع العام والمجتمعي"*، وأيضًا المُشَارِك رقم (11)؛ إِذْ قال: *"لا تُوجَدُ أرضية مُشتركَة تمتاز بالحوارِ الجادِّ بين الجامعة والمؤسَّسات الأخرى، وإِنْ وُجِدَتْ؛ فالإجراءاتُ الشَّكليَّةُ تَغْلِبُ على نوعيَّة هذه الشَّراكة وتغيب الفائدة المرجوَّة منها"*. كذلك وَضَّحَ المُشَارِكُ رقم (15) أَنَّ هناك ضعفًا في التَّواصُل والتَّنسيق؛ فقال: *"ضعف التَّواصُل بين الجامعة ومحيطها الاجتماعي والاقتصادي؛ فلا تُوجَدُ شراكةٌ حقيقيَّةٌ فعليَّةٌ تخدِمُ التَّطَوُّرات المعاصرة وتوجُّهات رُؤْيَة عُمَان"*. واتَّفَقَتْ دراسةُ روني وآخرون (Rony et al., 2021) مع هذه النتيجة؛ فقد بَيَّنَتْ أَنَّهُ لا بُدَّ من معالجة تَحَدِّي قِلَّةِ التَّواصُل والتَّنسيق بين الجامعات والقطاعات الأخرى لأنَّها تُؤَثِّرُ في قدرتها على مواكبة التَّنمية وتحقيق التَّنافُسِيَّة والاستعداد للمستقبل.

وفي المرتبة الرابعة، جاء تَحَدِّي قِلَّة الدَّعْمِ المادي لبرامج الشَّراكة المجتمعية بنسبة (11%)، وَوَضَّحَ ذلك المُشَارِكُ رقم (14)؛ فقد ذَكَرَ: *"أعتقدُ أَبْرَزَ التَّحَدِّيات قد تكون قِلَّة تعاوُن بعض المؤسَّسات المجتمعية، وقِلَّة تمويل الفعَّاليَّات والمُلْتَقَيَات والأنشطة التي تستهدِفُ الأعمال التَّطوُّعية والدراسات والبحوث."* وأيضًا المُشَارِكُ رقم (18)؛ إِذْ قال:

"ضعف حجم الإنفاق على برامج الدراسات العليا ونتاجها من البحوث العلمية وعدم إسهام القطاع الخاص أو مؤسَّسات المجتمع المختلفة في التَّمويل؛ وهذا جانب يُوَضِّحُ ضعف الشَّراكة المجتمعية ويُشَكِّلُ تَحَدِّيًا لبرامج الدراسات العليا في مجال الشَّراكة المجتمعية". ومن المُرَجَّحِ أَنْ يُعْزَى ذلك للصُّعُوبات المرتبطة بالأَزَمة الماليَّة؛ التي عاشَتْها سلطنةُ عُمَان والدُّوَل المُجَاوِرَة خلال السنوات الأخيرة بسببِ انخفاضِ أسعارِ النفط، وتأثيرِهِ الكبير على القطاعاتِ جميعِها، وهذا أيضًا ما أَكَّدَتْهُ دراسةُ (العوفي، 2020) بشأن التَّأثيرات السلبية للأَزَمة الماليَّة في تمويل التعليم والبحث العلمي.

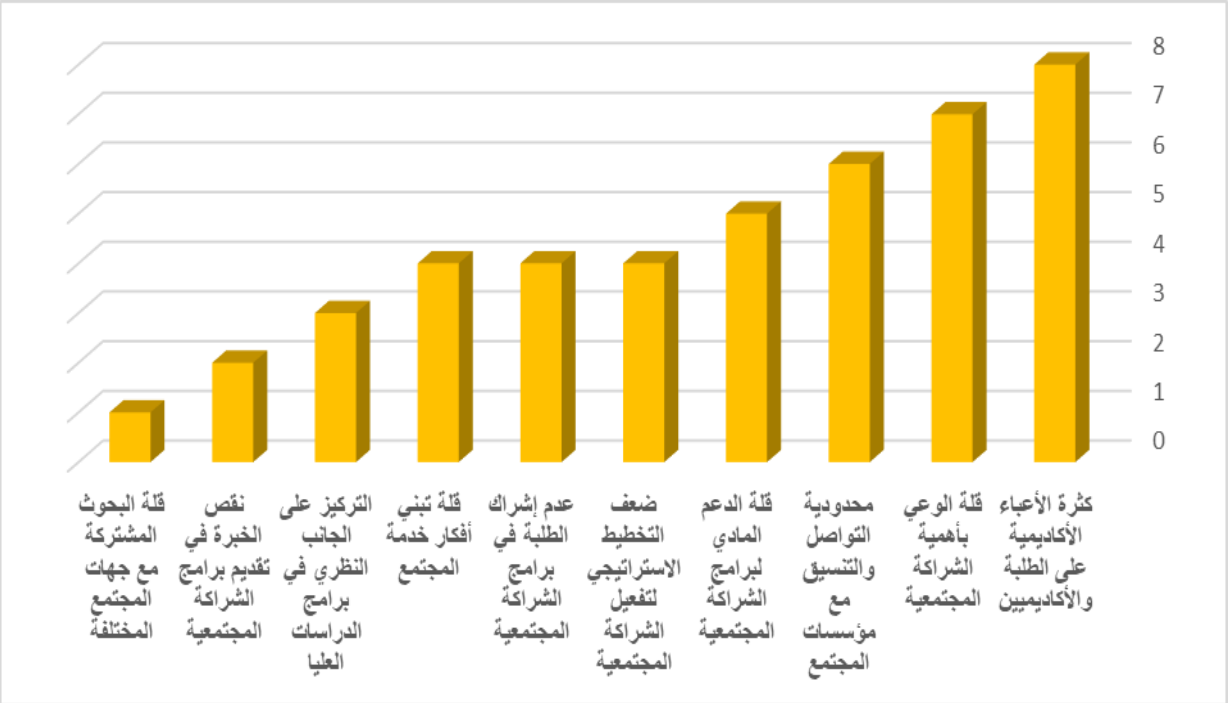
وفي المرتبة الخامسة، جاءت ثلاثة تَحَدِّيَات بنسبة (9.1%) لكلٍّ منها؛ هي: أَوَّلًا، ضعف التخطيط الاستراتيجي لتفعيل الشَّراكة المجتمعية؛ وَضَّحَ ذلك المُشَارِكُ رقم (4) ذاكرًا: *"أَظُنُّ السَّبَبَ الرَّئيسَ هو ضعف التخطيط الاستراتيجي لدور الجامعة في الشَّراكة المجتمعية والشَّراكات البحثية خاصَّةً في مجالات الثورة الصناعية الرابعة وتَطَوُّرات تِقْنِيَّات الذكاء الاصطناعي، وإذا لم نُسْرِعْ في التَّخطيط لتكونَ برامجُ الدكتوراه والماجستير متناسبةً مع هذه التَّطَوُّرات فإنَّنا سوف نتأخَّر كثيرًا لأنَّها سريعة جِدًّا في التَّطَوُّر"*، وقد وَضَّحَ دي كارلويس وآخرون (De Carlois, et al., 2017) أنَّهُ من أهمِّ التَّحَدِّيات هو وجود حالة من عدم اليقين في طرائق إعداد استراتيجيَّات تُسْهِمُ في تَحَوُّلٍ ناجحٍ للجامعات والمؤسَّسات المختلفة بشكل يستجيب لِتَطَوُّرات التِّقَانَة المُتَسَارِعَة. وأيضًا المُشَارِكُ رقم (8)؛ إِذْ قال: "عدم *وجود طريقة لِلشَّراكة المجتمعية*". ثانيًا؛ عدم مشاركة الطَّلَبَة في برامج الشَّراكة المجتمعية، وَوَضَّحَ ذلك المُشَارِكُ رقم (3) حين ذَكَرَ: "*عدم وجود اهتمام حقيقي للأقسام بمشاركة الطَّلَبَة في الشَّراكة المجتمعية*"، وأيضًا المُشَارِكُ رقم (6) أَكَّدَ على ذلك؛ إِذْ قال: "*محدوديَّة الفُرَص أمام طَلَبَة الدراسات العليا للإسهام في أمثال هذه البرامج*". ثالثًا؛ قِلَّة تَبَنِّي أفكار خدمة المجتمع، وقد وَضَّحَ ذلك المُشَارِكُ رقم (1)؛ فقد ذَكَرَ: *"إضافة إلى قِلَّة تَبَنِّي الأكاديميّين لفكرة مشاركة طَلَبَة الدراسات العليا في برامج تتعلق بالشَّراكة المجتمعية"*، وأيضًا اتَّفَقَ معهم المُشَارِكُ رقم (3)؛ إِذْ قال: "*غياب التَّوجيه من الأكاديميّين لِلطَّلَبَة وتَبَنِّيهِم لأفكارهم*". وأَكَّدَتْ ذلك كذلك دراسة (وطفة، 2020) التي ذَكَرَتْ وجودَ جملة من التَّحَدِّيات التي تعاني منها الجامعات الخليجية في التخطيط الاستراتيجي التي قد تَعُوقُ الحركة التنموية والاقتصادية؛ كغياب المبادئ الفلسفية في جانب التخطيط، وضعف أجهزة التخطيط، وعدم رَبْط التخطيط باستشراف المستقبل.

وفي المرتبة السادسة، جاء تَحَدِّي التركيز على الجانب النظري في برامج الدراسات العليا بنسبة (6.8%)، وَقد وَضَّح ذلك المُشَارِكُ رقم (21)؛ فقد ذَكَرَ قائلًا: "*هناك تركيز على العمل الأكاديمي والنظري أكثر من تحقيق الشَّراكة المجتمعية والأبحاث الميدانية*". وتَتَّفِقُ هذه النتيجة مع ما أَيَّدَتْهُ دراسة دوبكير (Doepker, 2019) بشأن الحاجة لإتاحة الفُرَص لِلطَّلَبَة من خلال التَّجربة والمشروعات التطبيقية والبحث العلمي؛ الأَمْرُ الذي يتناسب مع تتطلبه الوظائف الحديثة القائمة على الإبداع والتفكير النقدي، هذا كُلُّهُ يجعلُ الطَّلَبَة يكتسبون المهارات المُستدَامَة اللازمة في التَّنمية المجتمعية. وفي المرتبة السابعة؛ جاء تَحَدِّي نقصِ الخبرة في تقديم برامج الشَّراكة المجتمعية بنسبة (4.5%)، وقد وَضَّحَ ذلك المُشَارِكُ رقم (9)؛ الذي أشار إلى أَحَدِ أمثلةِ نقصِ الخبرة فَذَكَرَ سُوءَ التخطيط لتنفيذ برامج الشَّراكة المجتمعية، واستهدافها لأعداد قليلة من المُستفِيدِين؛ فقال: *"التَّركيز على فعَّاليَّات مُحَدَّدَة دُونَ غيرها في تحقيق الشَّراكة؛ كالورش التي تستهدِفُ أعدادًا قليلةً"*. ومن المُحْتَمَل أَنْ تُعْزَى هذه التَّحَدِّيات التي جاءت في المرتبة السادسة والسابعة إلى سَبَبَيْن أساسَيْن؛ أَوَّلُهُمَا ما ذَكَرَهُ المُشارِكُون من غياب التخطيط والتشريعات المُنَظِّمَة، وثانيهُمَا قد يُعْزَى ذلك، حَسَبَ رَأْيِ الباحثة، وعملِها محاضِرة في مؤسَّسات التعليم العالي؛ إلى قِلَّة الدَّافِعيَّة والحوافز المعنوية والمادية التي تُشَجِّعُ للاهتمام بتطوير الشَّراكة وخدمة المجتمع، وهذا ما أَيَّدَتْهُ الكثيرُ من الأدبيَّات السابقة (الجرادي، 2021؛ العوفي،2020). وفي المرتبة الثامنة، جاء تَحَدِّي قِلَّةِ البحوث المُشتَرَكة مع جهات المجتمع المختلفة بنسبة (2.3%)؛ وَضَّحَ ذلك المُشَارِكُ رقم (2) فَذَكَرَ: "*محدوديَّة*

الأبحاث المُشتَرَكة بين طَلَبَة الدراسات العليا وجهات العمل الخارجي"، وقد يُفَسَّرُ ذلك بِمَا تمَّ ذِكْرُهُ سابقًا بشأن التَّحدِّيات المادية (الصيعرية، 2022) .ويُلَخِّصُ الشكل (2) مقترحات المشاركين لتعزيز الشَّراكة المجتمعية بمؤسَّسات التعليم العالي.

الشكل 2

التَّحدِّيات التي تُواجِهُهَا برامج الدراسات العليا في جانب الشَّراكة المجتمعية بحسب الترتيب



ويُمْكِنُ تلخيصُ النتائج السابقة وتفسيرها في ضوء الشكل 2؛ إِذْ يتَّضِحُ أَنَّ المشاركين قد ذَكَرُوا عشرة تحدِّيات التي تُواجِهُهَا برامجُ الدراسات العليا بشأن الشَّراكة المجتمعية. جاء في المرتبة الأولى؛ كثرةُ الأعباء الأكاديمية على الطَّلَبَة والأكاديميِّين بنسبة (18%)، وفي المرتبة الثانية؛ وَرَدَ تَحَدِّي بشأن قِلَّة الوعي بأهمية الشَّراكة المجتمعية بنسبة (16%)، وفي المرتبة الثالثة؛ جاء تحدِّي محدودية التَّواصُل والتَّنسيق مع مؤسَّسات المجتمع بنسبة (14%)، وفي المرتبة الرابعة؛ جاء تَحَدِّي قِلَّة الدَّعْم المادي لبرامج الشَّراكة المجتمعية بنسبة (11%)، وفي المرتبة الخامسة، جاءت ثلاثة تحدِّيات بنسبة (9.1%) لكلٍّ منها هي التَّالية: ضعف التخطيط الاستراتيجي لتفعيل الشَّراكة المجتمعية، وعدم مشاركة الطَّلَبَة في برامج الشَّراكة المجتمعية، وقِلَّة تَبَنِّي أفكار خدمة المجتمع، وفي المرتبة السادسة؛ جاء تحدِّي التركيز على الجانب النظري في برامج الدراسات العليا بنسبة (6.8%)، وفي المرتبة السابعة؛ جاء تحدِّي نقص الخبرة في تقديم برامج الشَّراكة المجتمعية بنسبة (4.5%)، وفي المرتبة الثامنة، جاء تحدِّي قِلَّة البحوث المُشتَرَكة مع جهات المجتمع المختلفة بنسبة (2.3%). ويمكن تفسير تركيز المشاركين على التَّحدِّيات المتعلقة بكثرة الأعباء الأكاديمية على الطَّلَبَة والأكاديميِّين، التي تَعُوقُ إسهامَهُم بشكلٍ فعَّال في برامج الشَّراكة المجتمعية، فضلًا عن مركزية اتِّخَاذ القرارات، ولذا يجب أَنْ تتبنَّى الجامعاتُ نظامًا يَتَّسِمُ باللَّامركزية؛ ما يساعد في إنجاز الأعمال واتِّخَاذ القرارات وحَلِّ المشكلات على مستوى الوحدات المختلفة بما في ذلك مجالس الكليات والأقسام الأكاديمية، ويُتِيحُ مُرُونَةً واسعةً لهذه الوحدات لِلتَّفاعُل بصورة مباشرة مع حاجات المجتمع

ومؤسَّساته، وتُقَلِّلُ النَّمَطَ البيروقراطي الحالي، وتُيَسِّرُ لمؤسَّسات المجتمع سهولةَ التَّواصُل والتَّبَادُل المعرفي والمعلوماتي؛ الأمرُ الذي يساعد في مواكبة أهداف التَّنمية المُستدَامَة.

نتائج السؤال الثالث الذي نَصُّهُ: "ما الآليات الفاعلة لتطوير الشَّراكة المجتمعية في برامج الدراسات العليا بالجامعات العُمَانِيَّة تحقيقًا لأهداف التَّنمية المُستدَامَة؟" للإجابة عن هذا السؤال تمَّ تحليلُ استجابات المشاركين في المقابلات الفردية بشأن آليات تطوير الشَّراكة المجتمعية في برامج الدراسات العليا بالجامعات العُمَانِيَّة، ثم حساب التَّكرارات والنِّسَب المئوية لاستجابتهم؛ يُوَضِّحُ ذلك جدول3:

جدول 3

نتائج تحليل آراء المُستجِيبين بشأن وآليات تطوير الشَّراكة المجتمعية في برامج الدراسات العليا بالجامعات العُمَانِيَّة (ن=25)

التَّرتيب	الآليات	التَّكرار	النسبة المئوية
1	فَتْح المزيد من قنوات التَّواصُل مع المجتمع	7	13
2	تضمين الشَّراكة المجتمعية ضِمْنَ سياسات واستراتيجيَّات الجامعة	6	11
3	تكثيف أنشطة وفعَّاليَّات خدمة المجتمع	5	9.4
4	تنمية حِسّ المسؤولية المجتمعية لدى الطَّلَبَة	5	9.4
5	رَبْط المُقَرَّرَات بقضايا المجتمع	5	9.4
6	رَفع مستوى المشاركة المجتمعية	5	9.4
7	وجود جهة متخصصة للتنسيق لبرامج الشراكة المجتمعية	5	9.4
8	توفير الدَّعْم المالي وتشجيع المتطوّعين	4	7.5
9	رَفْع الوَعْي بأهمية الشَّراكة المجتمعية	4	7.5
10	تعزيز ثقافة خدمة المجتمع والشَّراكة المجتمعية	3	5.7
11	إتاحة الفرصة للمجتمع؛ للاستفادة من إمكانات الجامعة	1	1.9
12	الاستفادة من تجارب الدُّوَل المتقدِّمة في الشَّراكة المجتمعية	1	1.9
13	الاستفادة من قدرات الطَّلَبَة في تعزيز المشاركة المجتمعية	1	1.9
14	القيام بدراسات بشأن سُبُل تعزيز الشَّراكة المجتمعية	1	1.9

يَظْهَرُ من خلال الجدول 2، إنَّ المشاركين قد ذَكَرُوا (14) آليةً لتطوير الشَّراكة المجتمعية في برامج الدراسات العليا بالجامعات العُمَانِيَّة؛ جاء في المرتبة الأولى، فَتْحُ المزيد من قنوات التَّواصُل مع المجتمع بنسبة (13%)؛ فقد ذَكَرَ المشاركون أَنَّ توفير هذه آليات سوف تُعَزِّزُ الشَّراكة المجتمعية، فعلى سبيل المثال ذَكَرَ المُشَارِكُ رقم (2) أهمِّيَّةَ عَقْدِ شراكات مثمرة لتنمية المجتمع؛ فقال: *استحداث قنوات تَوَاصُل يُشَارِكُ فيها الطَّلَبَةُ مَهَمَّتُها التَّفاعُل مع قطاعات المجتمع وتقديم الخدْمَات بما يَضِمْنُ الاستفادة الكاملة في تنمية المجتمع وعَقْد شراكات مُثْمِرَة*"، وأشارَ المُشَارِكُ (4) إلى عدم ضرورة تنسيق الجهود مع مؤسَّسات المجتمع المختلفة؛ فقال: *"تنسيق جهود الجامعة مع الكُلِّيَات كافَّةً داخلَها ومع مؤسَّسات التعليم العالي الأخرى*"، وأيضًا ذَكَرَ المُشَارِكُ (15) أهمِّيَّةَ إيجادِ نظامٍ تِقْنِيٍّ يُسَهِّلُ التَّواصُلَ مع مؤسَّسات المجتمع

المختلفة؛ نَقْتَبِسُ من كلامِهِ التَّالي: *ثانيًا إيجاد نظام إداري وتِقْنِي يَضْمِنُ الاتِّصَالَ والتَّنسيقَ المُستمر بين الجامعة ومؤسَّسات المجتمع المختلفة؛ ما ينعكِس على بحوث ودراسات طَلَبَة برامج الدراسات العليا*". يَنْسَجِمُ ذلك مع ما أَظْهَرَتْهُ خطة التنمية الخمسية العاشرة في سلطنة عُمَان من تَوَجُّهٍ كبيرٍ نحو الشَّراكة بين القطاع الخاص والجامعات (وزارة الاقتصاد، 2021)؛ الأمرُ الذي يعطي مُؤَشِّرًا أَنَّ مؤسَّسات برامج الدراسات العليا سوف تتوجَّهُ في المدة القادمة إلى التركيز على الشَّراكة المجتمعية وتطويرها بشكل ملحوظ؛ لِمَا لها من دَوْرٍ جوهريٍّ في الإيفاء بخطة التَّنمية بسلطنة عُمَان.

وفي المرتبة الثانية، وَرَدَ آلية تضمين الشَّراكة المجتمعية ضِمْنَ سياسات واستراتيجيَّات الجامعة بنسبة (11%)؛ ومن الاقتباسات التي تُوَضِّحُ ذلك ما قالَهُ المُشَارِكُ رقم (3): "*أقترحُ إدراجَ الشَّراكة المجتمعية ضِمْنَ سياسات واستراتيجيَّات الجامعة، وكذلك لا بُدَّ من إيجاد فريق عمل في كُلِّ كلية مَعْنِيّ بمتابعة ما يتمُّ تحقيقُهُ على مستوى الكلية في هذا المجال*"، وأيضًا وَضَّحَ ذلك المُشَارِكُ رقم (13)؛ إِذْ قال: "*أَنْ تُحَدِّدَ برامجُ الدراسات العليا إطارًا عامًّا لِلشَّراكة المجتمعية مثالًا يكون هناك استراتيجية مختصَّة بذلك*". وأيضًا بَيَّنَ المُشَارِكُ (17) عَدَمَ وجود إطار عمل لتفعيل برامج الشَّراكة المجتمعية ضِمْنَ برامج الدراسات العليا؛ نَقْتَبِسُ من كلامِهِ التَّالي: "*تأطير مبدأ الشَّراكة المجتمعية ضِمْنَ برامج الدراسات العليا*". وهذه النَّتيجةُ مُثْبَتَةٌ في دراسة (آل مسلط ومحمد، 2022) التي أَوْصَتْ بضرورة إيجاد استراتيجيَّات لتحسين القدرة التَّنافُسِيَّة لبرامج الدراسات العليا، وإنشاء حاضنات بحثيَّة لِتُبَنَى الأفكار الإبداعية لِلطَّلَبَة وأعضاء هيئة التدريس وعَقْد اتِّفاقيَّات شراكة مع القطاعات المجتمعية المختلفة.

وفي المرتبة الثالثة، جاءت خمسةُ آليات بنسبة (9.4%) لكلٍّ منها؛ هي: أَوَّلًا؛ تكثيف أنشطة وفعَّاليَّات خدمة المجتمع من خلالِ عَقْدِ الورش والمؤتمرات. ومن الاقتباسات المُوَضِّحَة لهذا المُتَطَلَّب ما ذَكَرَهُ المُشَارِكُ رقم (4)؛ فقد قال: "*إقامة فعَّاليَّات لِلشَّراكة المجتمعية كالنَّدوات والمؤتمرات والمشاركة في فعَّاليَّات إقليمية دولية*"، وأيضًا المُشَارِكُ رقم (9) وَضَّحَ ذلك؛ إِذْ قال: "*تكثيف الفعَّاليَّات مع المجتمع واتخاذها أشكالًا مختلفةً، والعمل على الاستفادة من التَّوصيات والنتائج البحثية بِمَا يُعَزِّزُ هذه الشَّراكةَ ويُسْهِمُ في علاج مشكلات المجتمع*". وهذا ما أَثْبَتَتْهُ الكثيرُ من الأدبيَّات السابقة (الصيعرية، 2022؛ آل مسلط ومحمد، 2022). ثانيًا؛ تنمية حِسِّ المسؤولية المجتمعية لدى الطَّلَبَة، ومن الاقتباسات المُوَضِّحَة لهذا المُتَطَلَّب ما ذَكَرَهُ المُشَارِكُ رقم (1)؛ فقد قال: "*تنمية المسؤولية الاجتماعية لدى طَلَبَة الدراسات العليا*"، وأيضًا المُشَارِكُ (23) أَكَّدَ هذا المُتَطَلَّب؛ إِذْ قال: "*وإعطاء الطالب الجامعي الثِّقَةَ، وإنَّه هو صَانِعُ ومُبْتَكِرُ المعلومة بَدَلًا من تكوين قوالب متجانسة بالفِكْرِ*". وتَتَّفِقُ هذه النَّتيجةُ مع دراسة (الصاعدي، 2021) بشأن ضرورة تفعيل حِسِّ المسؤولية الاجتماعية في برامج الدراسات العليا لأنَّها عاملٌ مُهِمٌّ في الارتقاء بالمجتمع وتلبية احتياجاته. ثالثًا؛ رَبْطُ المُقَرَّرَات بقضايا المجتمع، فقد قال المُشَارِكُ الأول: "*رَبْطُ المُقَرَّرَات بقضايا المجتمع، ومشاركة الطَّلَبَة في أنشطة خدمة المجتمع، والتَّركيز على معالجة القضايا ذات الاهتمام المُشترَك بين الجامعة والمجتمع المحلِّي*". رابعًا؛ رَفْعُ مستوى المشاركة المجتمعية والاستفادة من التِّقَانَة النَّاشئة؛ فقد قال المُشَارِكُ (14): "*توظيف التِّقْنِيَّة في نَشْرِ الوَعْيِ بثقافة الشَّراكة المجتمعية من خلال المُلْصَقات والمنشورات والأَدِلَّة ومقاطع الفيديو، وإنشاء مِنَصَّات اجتماعية لِلشَّراكة المجتمعية*". وأَيَّدَتْ هذه النَّتيجةَ الدِّراسةُ الدَّوليَّةُ الصَّادرة عن الإسكوا (الإسكوا، 2019)؛ التي أَظْهَرَتْ أَنَّ التِّقْنِيَّات الرقمية، والذكاء الاصطناعي، تُعَدُّ عواملَ تمكينيَّةً قويَّةً لتحقيق أهداف التَّنمية المُستدَامَة. خامسًا؛ الحاجةُ إلى وجود جهة متخصِّصة بالتَّنسيق لبرامج الشَّراكة المجتمعية، ومن الاقتباسات المُوَضِّحَة لهذا المُتَطَلَّب ما ذَكَرَهُ المُشَارِكُ رقم (4)؛ فقد قال: "تأسيس *جهة مُتَخَصِّصَة في الشَّراكة المجتمعية وخدمة المجتمع لِطَلَبَة الدراسات العليا*".

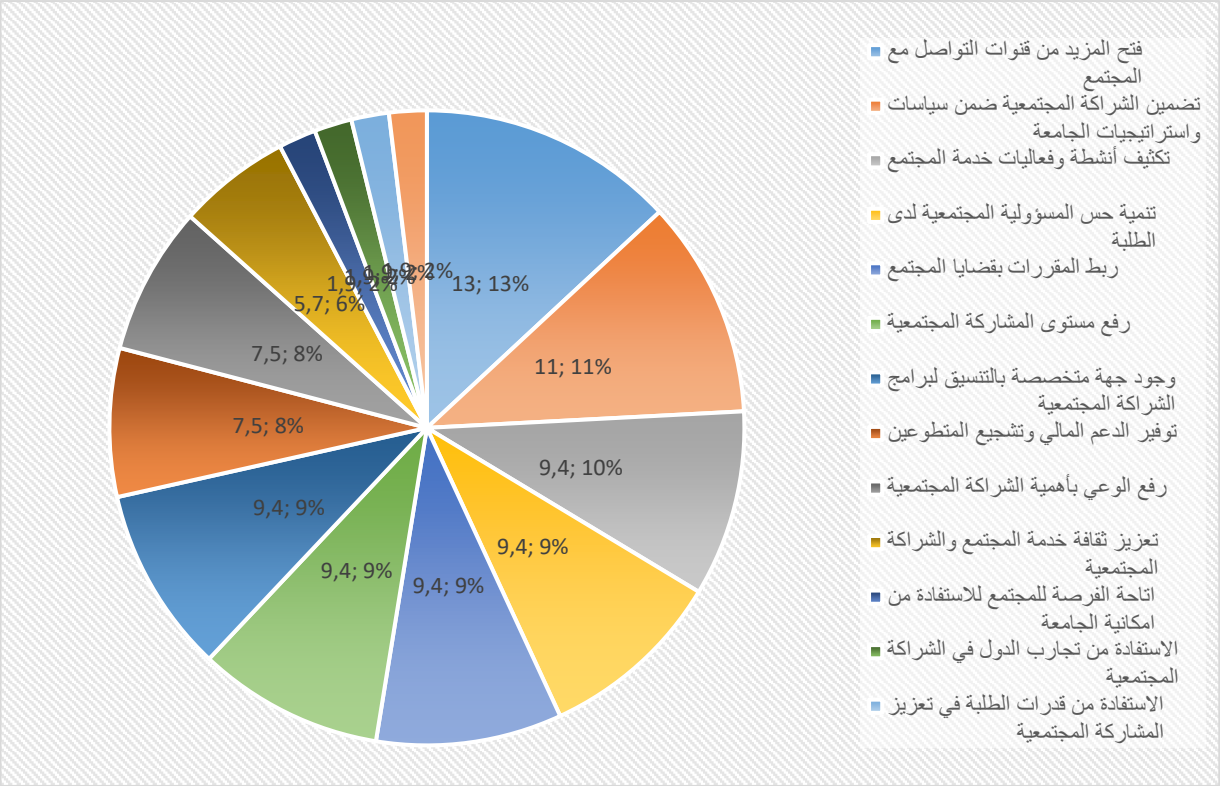
وفي المرتبة الرابعة، جاء آليتان بنسبة (11%) لكلٍّ منهما؛ هُمَا: أَوَّلًا؛ توفير الدَّعْم المالي وتشجيع المتطوّعين، وقد وَضَّحَ ذلك المُشَارِكُ رقم (4)؛ فقد ذَكَرَ: *"توفير الدَّعم المالي وتشجيع التَّطَوُّع، والاستفادة من الأساتذة المتقاعدين لتكوين شبكة من المتطوّعين الأكاديميّين"* وأيضًا المُشَارِكُ (17)؛ إِذْ قال: *"تقديم مُحَفِّزَات للإسهام في تحقيق الشَّراكة المجتمعية"*. واتَّفَقَتْ هذه النَّتيجةُ مع دراسة (بسيوني، 2019) التي أَكَّدَتْ ضرورةَ زيادة حجم الإنفاق على برامج الدراسات العليا والبحث العلمي في الدول العربية بشكل عام حتَّى تتمكَّنَ من تقليص الفجوة بينها والدُّوَل المتقدِّمة، والوصول لمراكز متقدِّمة في التنافسية العالمية. وفي المرتبة الخامسة؛ جاء مُتَطَلَّبُ تعزيز ثقافة خدمة المجتمع والشَّراكة المجتمعية بنسبة (7.5%)، وَوَضَّحَ ذلك المُشَارِكُ رقم (2)؛ فقد ذَكَرَ: *"تعزيز ثقافة تفاعليَّة وتبادُليَّة لمفهوم خدمة المجتمع والشَّراكة المجتمعية"*، وأيضًا المُشَارِكُ رقم (15)؛ إِذْ قال: *"من المُهِمّ زَرْعُ ثقافة المسؤولية المجتمعية من خلال القيام بإنتاج أساليب جديدة تخدم المجتمع وتُفَعِّلُ المفهوم الحقيقي لِلشَّراكة المجتمعية ما يُحَقِّقُ الجوانب التَّنموية في سلطنة عُمَان؛ وذلك بتفعيل الريادة الاستراتيجية بِعَدِّهِ نظامًا إداريًّا فكريًّا بالجامعة، وإدراج البحوث التَّعاقُدِيَّة ضِمْنَ بحوث برامج الدراسات العليا لأنَّها بحوث تخدِمُ أهداف ومنافع خاصة للمؤسَّسات الاجتماعية والاقتصادية في الدولة، وتسعى لِلشَّراكة مع الجامعات لتنفيذ بحوث في أنشطة ومجالات مُعَيَّنَة"*. وفي هذا الشَّأن، أَكَّدَتْ نتائجُ دراسة إسماعيل وآخرون، ودراسة اوجكبا وآخرون (Ismail et al., 2020; Ujakpa) et al., 2021) أَنَّ الخطوة الرَّئيسة لتحقيق التَّنمية المُستدَامَة ومُواكَبَة التَّطَوُّرات العالمية هي العمل على نَشْرِ الوعي والثقافة لدى طَلَبَة الجامعات بأهمية الشَّراكة مع الخاص والسَّعي للاستجابة لِتَطَوُّرات التِّقْنِيَّات النَّاشئة لتحقيقِ النُّمُوّ والتَّقدُّم.

وفي المرتبة السادسة؛ جاءت أربعةُ آليات بنسبة (1.9%) لكلٍّ منها، هي: أَوَّلًا، إتاحة الفرصة للمجتمع للاستفادة من إمكانات الجامعات، وقد وَضَّحَ ذلك المُشَارِكُ (2)؛ فقد ذَكَرَ: *"من المُمْكِنِ توظيف توصيات البحث لِلتَّأكيد على ضرورة إتاحة الفرصة أمام المجتمع المحلّي للاستفادة من إمكانات الجامعة وكفاءاتها، وطَلَبتها – خاصَّةً طَلَبَة الدراسات العليا– لتعزيزِ دورِها الرِّيادي بوصفِها المؤسَّسة التعليمية الكبرى في سلطنة عُمَان التي يُمْكِنُ أَنْ تقود الفِكْرَ والبحثَ والتَّطويرَ والعملَ المجتمعيَّ بما يُسْهِمُ في تحقيق أهداف رُؤْيَة عُمَان 2040"*. وَتَتَّفِقُ هذه النَّتيجةُ مع تطلُّعات الخُطَط الاستراتيجية للجامعات العُمَانِيَّة، فعلى سبيل المثال: خَصَّصَتِ الخطَّةُ الاستراتيجية لجامعة السُّلطان قابوس 2040 أهدافَ استراتيجية تتعلق بالدراسات العليا، التي تَضَمَّنَتْ مبادرات ومشروعات لتعزيز الشَّراكة وتقديم الخِدْمَات البحثية والاستشارية للمجتمع (جامعة السُّلطان قابوس، 2016). ثانيًا؛ الاستفادة من تجارب الدُّوَل في الشَّراكة المجتمعية، ولقد أشارَ بذلك المُشَارِكُ رقم (7)؛ إِذْ قال: *"الاستفادة من تجارب الدُّوَل في الشَّراكة المجتمعية"*. وتتماشَى هذه النَّتيجةُ مع تَطَلُّعَات رُؤْيَة عُمَان 2040 التي تهدُفُ لِلتَّنافُس بمستويات عالمية في مجال البحث العلمي والتعليم (وزارة الاقتصاد، 2020). ثالثًا؛ الاستفادة من قدرات ومهارات الطَّلَبَة في تعزيز المشاركة المجتمعية. وقد وَضَّحَ ذلك المُشَارِكُ رقم (24)؛ فقد قال: *"توفير فُرَص للباحثين من طَلَبَة برامج الدراسات العليا في الجامعة لاكتساب المزيد من الخبرات والمهارات المستقبلية من الباحثين المشاركين في مؤسَّسات المجتمع المختلفة الذين يمتلكون معرفة ودراية بوضعية مؤسَّساتهم من خلال بحوث مُشتركة؛ ما يُؤَدِّي إلى أَنْ تكون هذه الخبرةُ المُكتَسَبَة رصيدًا لِطَلَبَة برامج الدراسات العليا في تنفيذ المشروعات البحثية المستقبلية"*. رابعًا؛ القيام بدراسات مُخْتَصَّة بِسُبُل تعزيز الشَّراكة المجتمعية، ومن الاقتباسات التي تُوَضِّحُ ذلك ما قالَهُ المُشَارِكُ رقم (15): *"قيام الجامعة بدراسات الجدوى الاقتصادية للمشروعات والابتكارات لمؤسَّسات المجتمع المختلفة. وهذا الأَمْرُ لن يتحقَّقَ إِلَّا بوجود خبرات معرفية فكرية ذات استشراف مستقبلي بالجامعة؛ وذلك من خلال البحث عن المواهب الحقيقية لهؤلاء الخبراء والاحتفاظ بهم بِعَدِّ الجامعات بيوت الخبرة في سلطنة عُمَان"*. وتستجيب هذه النَّتائجُ مع الإطار الوطني العُمَانِي لمهارات المستقبل الذي يسعى إلى توفير رُؤْيَة مُوَحَّدَة لتضمين مهارات المستقبل في المنظومة التعليمية، وتطوير المُمَارَسَات

التعليمية بما يتناسب مع المُتَغَيِّرات العالمية والتَّطَوُّرات التكنولوجية (وزارة التعليم العالي والبحث العلمي والابتكار ووزارة التربية والتعليم، 2021). ويُلَخِّصُ الشكل 3 آليات تطوير الشَّراكة المجتمعية في برامج الدراسات العليا بالجامعات العُمَانِيَّة.

الشكل 3

آليات تطوير الشَّراكة المجتمعية في برامج الدراسات العليا بالجامعات العُمَانِيَّة



ويُمْكِنُ تلخيصُ النَّتائج السَّابقة وتفسيرها في ضوء الشكل 3؛ إِذْ يَتَّضِحُ أَنَّ المشاركين قد ذَكَرُوا (14) آليةً لتطوير الشَّراكة المجتمعية في برامج الدراسات العليا بالجامعات العُمَانِيَّة. جاء في المرتبة الأولى؛ فَتْحُ المزيد من قنوات التَّواصُل مع المجتمع بنسبة (13%)، وفي المرتبة الثانية؛ تضمين الشَّراكة المجتمعية ضِمْنَ سياسات واستراتيجيَّات الجامعة بنسبة (11%)، وفي المرتبة الثالثة؛ جاءت خمسة آليات بنسبة (9.4%) لكلٍّ منها؛ هي: تكثيف أنشطة وفعَّاليَّات خدمة المجتمع، وتنمية حِسِّ المسؤولية المجتمعية لدى الطَّلَبَة، ورَبْط المُقَرَّرَات بقضايا المجتمع، ورَفْع مستوى المشاركة المجتمعية، ووجود جهة مُتَخَصِّصَة بالتَّنسيق لبرامج الشَّراكة المجتمعي. في المرتبة الرابعة؛ جاءت آليتان بنسبة (11%) لكلٍّ منهما؛ هُمَا: توفير الدَّعْم المالي وتشجيع المتطوِّعين، ورَفْع الوَعْي بأهمية الشَّراكة المجتمعي. في المرتبة الخامسة؛ جاءت آلية تعزيز ثقافة خدمة المجتمع والشَّراكة المجتمعية بنسبة (7.5%)، وفي المرتبة السادسة؛ جاءت أربعةُ آليات بنسبة (1.9%) هي: إتاحة الفرصة للمجتمع للاستفادة من إمكان الجامعة، والاستفادة من تجارب الدُّوَل في الشَّراكة المجتمعية، والاستفادة من قدرات الطَّلَبَة في تعزيز المشاركة المجتمعية، والقيام بدراسات بشأن سُبُل تعزيز الشَّراكة المجتمعية. ويُمْكِنُ أَنْ يُعْزَى تركيزُ المشاركين على فَتْحِ المزيد من قنوات التَّواصُل بين الجامعة ومؤسَّسات المجتمع إلى

أهميتها في تعزيز الشَّراكة المجتمعية؛ إذْ إنَّ تشجيع التَّواصُل عبرَ فَتْحِ المزيد من الوسائل والقنوات سيُشَجِّعُ مؤسَّسات المجتمع المختلفة على التَّواصُل مع الجامعة لِتَبَادُل الخبرات والاستفادة من إمكانات الجامعة؛ الأَمْرُ الذي سَيُعَزِّزُ مبادئ الشَّراكة المجتمعيَّة المختلفة مُحَقِّقًا أهداف الجامعة وتَوَجُّهاتِها، وفي الوقتِ نفسِهِ سَيُحَقِّقُ ما تسعى إليه رُؤْيَةُ عُمَان 2040.

10. الاستنتاجات والتَّوصيات

تأسيسًا إلى ما سَبَقَ، يُمْكِنُ الاستنتاجُ أَنَّ برامج الدراسات العليا في الجامعات العُمَانِيَّة تسعى لتطوير الشَّراكة المجتمعية تحقيقًا لأهداف التَّنمية المُستدَامَة من خلالِ أدوارٍ عِدَّةٍ؛ أَبْرَزُهَا: المشاركة الفاعلة في برامج الشَّراكة المجتمعية، وتكثيف البحوث بشأن الشَّراكة المجتمعية، وعمل الفعَّاليَّات التي تُسَلِّطُ الضوء على الحلول المجتمعية. وكذلك كَشَفَتِ النَّتائجُ وجودَ صُعُوباتٍ عِدَّةٍ في تطوير الشَّراكة ببرامج الدراسات العليا؛ كالأعباء الأكاديمية على الطَّلَبَة والأكاديميّين، وضعف الوعي بأهمية الشَّراكة المجتمعية، ومحدودية التَّواصُل والتَّنسيق مع مؤسَّسات المجتمع، والتَّحَدِّيات المالية. إضافةً لذلك، أَظْهَرَتِ النَّتائجُ الحاليَّةُ بعض الآليات المُهِمَّة لتفعيل الشَّراكة المجتمعية في برامج الدراسات العليا، وتحقيق التَّنمية المُستدَامَة؛ تَمَثَّلَتْ في تفعيل قنوات التَّواصُل مع القطاعات الأخرى، وتضمين الشَّراكة المجتمعية ضِمْنَ سياسات واستراتيجيَّات الجامعة، وتنمية حِسِّ المسؤولية المجتمعية، ورَبْط المُقَرَّرات بقضايا المجتمع. وفي ضوء النَّتائج الحاليَّة؛ تُوْصِي الدِّراسةُ الحاليَّةُ بالتَّالي:

- مشاركة الجهات المجتمعيَّة كافَّةً في تخطيط وتنفيذ برامج الدراسات العليا، وتقييمها بشكلٍ مستمرٍّ؛ لِرَفْعِ جودة مُخرجَات البرامج والإسهام في تحقيق التَّنمية المُستدَامَة من خلال مشاركتهم في عضوية المجالس الأكاديمية بالجامعات.
- إعداد استراتيجية خاصة بتفعيل الشَّراكة المجتمعية على مستوى الجامعات؛ تَتَضَمَّنُ مشروعات ومبادرات تُعَزِّزُ جوانب الشَّراكة مع القطاعات الخاصة، والحكومية.
- إضافة مُقَرَّرات في الدراسات العليا تتعلق بالتَّنمية المُستَدَامَة وسُبُلِ تحقيقها ورَبْطها بالشَّراكة المجتمعية؛ لِرَفْعِ مستوى الوعي والثقافة بشأن تلك الموضوعات.
- إنشاء وحدة خاصة بالجامعات لِلتَّنسيق بين طَلَبَة الدراسات العليا والمجتمع بالتَّعاون مع القطاع الخاص؛ تهتمُّ بِرَبْطِ موضوعات أبحاثهم باحتياجات المجتمع، وتوفير الدَّعْمِ والتدريب.
- تشجيع طَلَبَة الدراسات العليا بالقيام بأبحاث تطبيقية بالشراكة مع القطاع الخاص في مجالات الابتكار والتَّنمية المُستدَامَة؛ مع تدريبهم على ترجمة نتائج هذه البحوث إلى إجراءات يمكن تطبيقها في الواقع الفعلي.
- زيادة المبالغ المُخَصَّصَة لتمويل أبحاث طَلَبَة الدراسات العليا، خاصَّةً للموضوعات التي ترتبط باحتياجات المجتمع وتُحَقِّقُ أهداف التَّنمية المُستدَامَة.

11. الدراسات المقترحة

- تَصَوُّرات مُشْرِفي طَلَبَة الدراسات العليا بشأن الشَّراكة المجتمعية ودَوْرِهِم في تحقيق التَّنمية المُستدَامَة.
- دراسة مُقَارَنة لتجارب الجامعات العالمية في تفعيل الشَّراكة المجتمعية ببرامج الدراسات العليا فيها.
- تَصَوُّر مُقترَح لتفعيل الشَّراكة المجتمعية في برامج الدراسات العليا؛ في ضوء أهداف التَّنمية المُستدَامَة.

المراجع العربية

الهنائي، خالد، اليحمدي، حمد، والذهلي، ربيع (2023). درجة توافر متطلبات الشراكة المجتمعية في الجامعات العُمانية في ضوء المعايير المؤسسية للهيئة العُمانية للاعتماد الأكاديمي وضمان جودة التعليم. *المجلة الأكاديمية للأبحاث والنشر العلمي*، 53. 46-75. Doi: https://doi.org/10.52132/Ajrsp/v5.53.3

عبدالسلام، عبدالسلام مصطفى. (2008). المناهج الدراسية وإعداد الإنسان العربي لتلبية متطلبات مجتمع المعرفة ومواجهة تحديات عصر العولمة .المؤتمر العلمي السنوي الثالث – تطوير التعليم النوعي في مصر والوطن العربي لمواجهة متطلبات سوق العمل في عصر العولمة . رؤى إستراتيجية، *كلية التربية النوعية* ،1، 36 – 68.

أبو النصر، مدحت. ومدحت، ياسمين. (2017)، *التنمية المستدامة مفهومها- ابعادها- مؤشراتها، الطبعة الأولى*، المجموعة العربية للتدريب والنشر.

الاسكوا (2019). *نشرة التكنولوجيا من أجل التنمية في المنطقة العربية: آفاق عالمية وتوجهات إقليمية*. اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا، الأمم المتحدة.

آل مسلط, محمد و محمد أحمد. (2022). استراتيجية مقترحة لتحسين القدرة التنافسية لبرامج الدراسات العليا بجامعة الملك خالد على ضوء الاعتماد البرامجي .*مجلة كلية التربية بالمنصورة*، *119*(1)، 691-649. **DOI: 10.21608/MAED.2022.269208**

برنامج التنمية المستدامة. (2015)، *17 هدفًا في تحقيق عالم أفضل في أفق 2030*، مكتب الأمم المتحدة.

جامعة السلطان قابوس (2016). *استراتيجية جامعة السلطان قابوس 2040*. جامعة السلطان قابوس

جامعة السلطان قابوس (2022). *مؤتمر التنمية المستدامة والعلوم الاجتماعية*. جامعة السلطان قابوس

الجرادي، أحمد بن سعيد بن علي. (2021). البحث العلمي في سلطنة عمان وإدارة التميز في المؤسسات الجامعية. *مجلة القانون المغربي*، (47)، 133-151.

خليل، أحمد مرعي. (2019). تقويم برامج الدراسات العليا كآلية لتطوير تعليم الخدمة الاجتماعية في مصر .*مجلة كلية الخدمة الاجتماعية للدراسات والبحوث الاجتماعية*، (15)، 472-562

الربيعي، سعيد بن حمد (2008). *التعليم العالي في عصر المعرفة* .(ط1). عمان: دار الشروق.

سكيك، سامية بنت إسماعيل (2019). بدائل مستقبلية مقترحة لتطوير نظم الدراسات العليا في الجامعات الفلسطينية: منظور استشرافي مقارن، *مستقبل التربية العربية: المركز العربي للتعليم والتنمية، 26*(116)، 500-510

بسيوني، آمال ضيف. (2019). إطار مقترح لتطوير برامج الدراسات العليا لتحقيق التنمية الاقتصادية في الدول العربية .*مجلة التجارة والتمويل،39*(3)، 289-342 .

شبيب، ابتهال محمد عبد الله (2021). المعوقات التي تواجه برامج الدراسات العليا بكلية التربية جامعة إب في تحقيق التنمية المستدامة، *مجلة جامعة البيضاء*، 39(3)، 293-320.

الشربيني، غادة بنت حمزة. (2019). المشكلات المتعلقة ببناء وتطوير الخطط الدراسية من وجهة نظر أعضاء لجان الخطط والبرامج الدراسية بجامعة الملك خالد، *المجلة التربوية: جامعة سوهاج ،58*، 301-339.

الصاعدي، فائزة حميدان حمود. (2021). فاعلية برنامج إرشادي من منظور التربية الإسلامية في تعزيز مستوى المسئولية الاجتماعية لدى طلاب الدراسات العليا: دراسة تجريبية .*مجلة كلية التربية، 37*, (12) ، 289-329 .

الصيعرية، مشاعل(2023). *التعليم العالي 4.0: التوجهات المستقبلية للتعليم العالي في عصر الثورة الصناعية الرابعة*. دار البورصة للنشر والتوزيع.

الصيعرية، مشاعل. (2022). مستوى مواكبة البحث العلمي في الجامعات العمانية لعصر الثورة الصناعية الرابعة في ضوء رؤية عمان 2040 وسبل تطويره. *مجلة كلية التربية للبنات. 33*(3). 87-100

الصيعرية، مشاعل؛ العاني، وجيهة، العبري، خلف، الشنفري، عبدالله؛ البراشدية، حفيظة. (2022). دور تقنيات الثورة الصناعية الرابعة في تحقيق التنمية المستدامة بمؤسسات التعليم العالي بسلطنة عمان. *مجلة كلية الآداب والعلوم الاجتماعية*. 13(1)،79-94.

العجمي، محمد حسنين. (2007). *المشاركة المجتمعية والإدارة الذاتية المدرسية*. المكتبة العصرية للنشر والتوزيع.

العوفي، علي سيف (2020). البحث العلمي وتحدياته الراهنة في سلطنة عمان والعالم العربي، *مجلة الإداري، 42*, (160-161)، 9-32.

عون، وفاء. الصعب, منال؛ القحطاني، عبير. (2019). تقويم برامج الدراسات العليا بقسم الإدارة التربوية في كلية التربية بجامعة الملك سعود في ضوء رؤية المملكة العربية السعودية 2030 .*مجلة كلية التربية* (أسيوط-) ,*35*(7) 30-62. DOI: 10.21608/MFES.2019.103133

الغامدي، عبدالله بن جمعان (2009). التنمية المستدامة بين الحق في استغلال الموارد الطبيعية والمسئولية عن حماية البيئة، *مجلة جامعة الملك عبد العزيز*، 23(1)، 177 -226.

كرادشة، منير عبدالله ، الهاشمي، أمل ناصر مسلم، والمعولى، ناصر بن راشد. (2019). المعوقات الاقتصادية والمجتمعية التي تواجه البحث العلمي في مؤسسات التعليم العالي في سلطنة عمان: دراسة كمية تحليلية. *المجلة الأردنية للعلوم الاجتماعية*، *12*(1)،27-1.003.1-001-012-0211/10.35516:DOI

اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا. (1998). *مشاركة المجتمعات المحلية في التنمية الحضرية*. الأمم المتحدة

مجلس التعليم.(2018). *الاستراتيجية الوطنية للتعليم 2040*. مجلس التعليم.

مرسي، محمد عبدالعليم (1985). *التعليم العالي ومسؤلياته في تنمية دول الخليج العربي*. مكتب التربية العربي لدول الخليج.

النبهانية، مروة بنت سليمان بن سالم، و الصقري، محمد بن ناصر بن علي. (2018). *دور مؤسسات المعلومات في سلطنة عمان في تحقيق أهداف التنمية المستدامة 2030* (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة السلطان قابوس.

وزارة الأقتصاد(2020)، *وثيقة عُمان2040*، مسقط، وزارة الاقتصاد.

وزارة الاقتصاد. (2021). *خطة التنمية الخمسية العاشرة*. وزارة الاقتصاد.

وزارة التربية والتعليم (2020). *الملتقى الوطني لإستشراف مستقبل التعليم والذكاء الاصطناعي*. وزارة التربية والتعليم.

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي والابتكار ووزارة التربية والتعليم. (2021). *الإطار الوطني العماني لمهارات المستقبل*. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي والابتكار ووزارة التربية والتعليم.

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي والابتكار(2020). *الاستراتيجية الوطنية للبحث العلمي والتطوير2040*. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي والابتكار.

وطفة، علي أسعد. (2020). *مستقبل التعليم العالي الخليجي في ضوء الثورة الصناعية الرابعة*. مركز دراسات الخليج والجزيرة العربية.

Foreign References

Asongu, S. A., & Nwachukwu, J. C. (2018). PhD by publication as an argument for innovation and technology transfer: With emphasis on Africa. *Higher Education Quarterly*, **72(**1), 15-28.

Saldaña, J. (2016). The Coding Manual for Qualitative Researchers. 3rd edition. SAGE Publications, ISBN-13: 978-1473902497, Review DOI 10.1108/QROM-08-2016-1408

Acevedo-Duque, Á., Prado-Sabido, T., García-Salirrosas, E. E., Fernández Mantilla, M. M., Vera Calmet, V. G., Valle Palomino, N., & Aguilar Armas, H. M. (2022). Postgraduate

trends in the training of human talent for sustainable development. *Sustainability*, *14*(21), 14356. https://doi.org/10.3390/ su142114356.

Bloomberg, L. D., & Volpe, M. (2019). *Completing Your Qualitative Dissertation: A Road Map from Beginning to End* (Fourth Ed.). SAGE Publications, Inc.

Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative research in psychology*, *3*(2), 77-101. ISSN 1478-0887

Creswell, J. W. (2009*). Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approach.* Oaks: Sage Publications. Inc.

Creswell, J.W. and Poth, C.N. (2018). *Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing among Five Approaches* (3rd. ed.). Sage Publications. Inc.

Carlois, A.D, Macchi, M., Negri, E. & Terzi, S. (2017). *A Maturity Model For Assessing The Digital Readiness Of Manufacturing*. International Conference on Advances in Production Management Systems, Hamburg. . DOI:10.1007/978-3-319-66923-6_2

Doepker, M. (16.Jan. 2019). *5 ways students can graduate fully qualified for the Fourth Industrial Revolution.* WEF. https://www.weforum.org/agenda/2019/01/how-students-can-graduate-qualified-for-fourth-industrial-revolution/

Fossey, E., Harvey, C., McDermott, F., & Davidson, L. (2002). Understanding and Evaluating Qualitative Research. *Aust N Z J Psychiatry*; *36*(6):717-32. Doi: 10.1046/j.1440-1614.2002.01100.x. PMID: 12406114.

Gleason, N. W. (2018). *Higher education in the era of the fourth industrial revolution*. Springer Nature.https://www.springernature.com/gp/products/books ;

DOI: 10.1007/978-981-13-0194-0

Gray, D.E. (2014). *Doing Research in the Real World*. Sage Publications. Inc.

Hammad, W. & Hallinger, P. (2017). A systematic review of conceptual models and methods used in research on educational leadership and management in Arab societies. *School Leadership & Management*, *37*(5), 434-456. DOI:10.1080/13632434.2017.1366441

Ismail, Z. Abal Abas, N. Mohd Abbas, S. Ahmad Sabri, S. Ya'acob (March, 2021). *Bridging the gap between government-industry-university collaboration through CEO@ Faculty programme*. In: 15th International Technology, Education and Development Conference. DOI:10.21125/inted.2021.1922

King, N. (2004). *Using Templates in the Thematic Analysis of Text. In Cassell, C., & Symon, G (Eds.), Essential guide to qualitative methods in organizational research*, (pp. 256-271). Sage Publications. Inc

Leavy, P. (2014). Introduction. In P. Leavy (Ed.), *The Oxford Handbook of Qualitative Research* (pp. 1–13). Oxford University Press.

Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (2013). *The constructivist credo*. Left Coast Press.

Lincoln, Y. S.,& Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. Sage Publications. Inc

Maxwell, J. A. (2005). *Qualitative research design (2nd ed.)*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications, Inc

Patton, M. Q. (2014). *Qualitative research & evaluation methods: Integrating theory and practice.* Sage publications, Inc

Pilot, A. (2020). Book review of robot-proof: Higher education in the age of artificial intelligence. *Journal of the European Honors Council, 4*(1), 1-3. https://doi.org/10.31378/jehc.131

Portney, K. E. (2015). *Sustainability*. MIT Press.

Rony, Z. T., Suharjuddin, S., & Silitonga, T. B. (2021). Obstacles build communication and coordination of institution in the university: a qualitative study. *Jurnal Siasat Bisnis*, 79-90. https://doi.org/10.20885/jsb.vol25.iss1.art7

Roller, M. R., & Lavrakas, P. J. (2015). *Applied qualitative research design: A total quality framework approach*. Guilford Publications.

Sasson, I. (2019). Building a sustainable university–community partnership: case study in science education. *Studies in Higher Education, 44*(12), 2318-2332.

http://dx.doi.org/10.1080/03075079.2018.1496410

Singh, J. K. N. (2018). Evidence and benefits of postgraduate international students-staff members partnership in extra-curricular activities: A Malaysian perspective. *Higher Education Research & Development, 38*(7), 1475-1488. http://dx.doi.org/10.1080/07294360.2018.1436527

Ujakpa, M. M., Osakwe, J. O., Iyawa, G. E., Hashiyana, V., & Mutalya, A. N. (2020). *Industry 4.0: University Students' Perception, Awareness and Preparedness - A Case of Namibia*. 2020 IST-Africa Conference, IST-Africa.

Wens, T. L. (2015). *The Role of Academic Departments in Graduate Academic Program Innovation*. doctoral dissertation. Educational Administration and Policy Studies. State Universit of New York. ISBN: 978-1-905824-64-9

علم الجغرافيا والمنصات التعليمية الرقمية:
المزايا والنواقص دراسة نماذج

حسناء طنورجي: أستاذة باحثة، كلية اللغات والفنون والعلوم الإنسانية-أيت ملول، جامعة ابن زهر، أكادير.
نادية عاتقي: أستاذة باحثة، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة عبد المالك السعدي، تطوان.
إبراهيم كيدو: أستاذ باحث، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة ابن زهر، أكادير.
كريمة أسكساي: أستاذة باحثة، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة ابن زهر، أكادير.

Abstract:

Geography is an interdisciplinary science that studies the human being and the earth in the context of complex interactions, intersects with several disciplines on different research issues, and supports other disciplines' methodological tools, such as statistics, mathematics, engineering, and media, and is thus undoubtedly accompanied by scientific and technical developments accompanying scientific progress, in terms of teaching methods, training and research methods. In this context, the geography people of the University of Morocco have found themselves as compelled as they are in the world, in the wake of the Coronavirus pandemic, COVID-19, to engage extensively in the use and adaptation of digital methods to the characteristics of the educational and formative process of geographical specialization.

This was an occasion for many Moroccan university institutions to engage in the use of interactive digital education platforms in order to cover the teaching and training needs of students as the educational process ceased. These platforms include: Google Classroom, Google Meet, and Moodel. They vary in terms of their possibilities for teaching and communicating remotely with different categories of students. Although these electronic platforms have responded to the requirements of the teaching methodology of some units, particularly theory, they still have limited responsiveness and compatibility with the particularities of applied geographical materials, which calls for the search for methods that are more responsive and compatible with the specificities of some subjects that may require special programs and specific tools. Thus, through this research paper, we will undertake a comparative study of these three electronic platforms in the field of distance learning by highlighting some of the practical models tested in geography divisions, highlighting their positive aspects on the one hand, and diagnosing their shortcomings that prevent the achievement of some of the educational objectives at the level of some of the basic units of geographical composition on the other.

Keywords: Moroccan university, curriculum development, methodological tools, digital education platforms, distance learning.

مقدمة البحث:

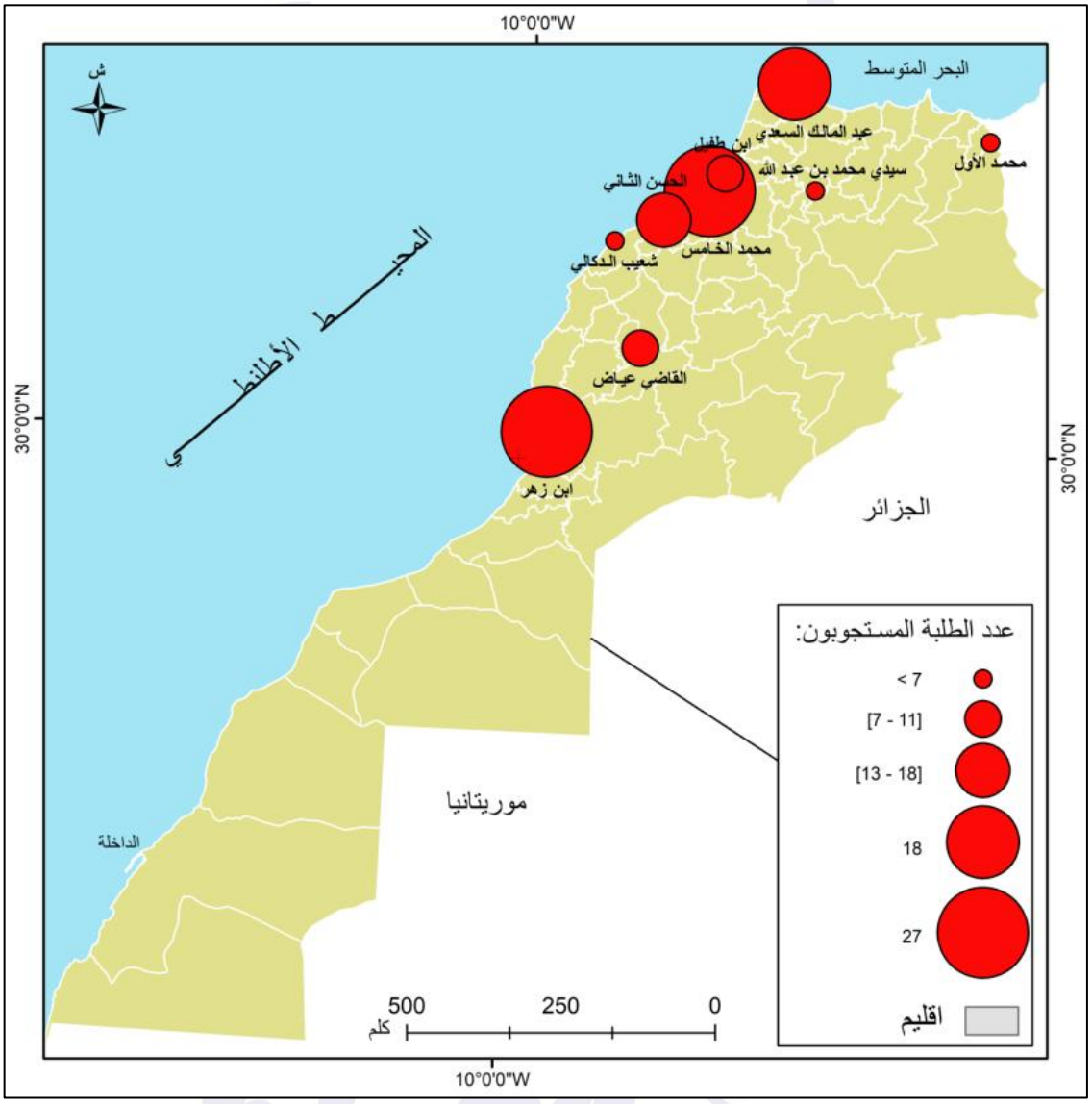
لا شك أن من بين الخصوصيات المميزة للجغرافيا ضمن نسق علوم الأرض والإنسان أنها ذلك العلم التأليفي الذي يدرس الأرض والإنسان والعمران في إطار علاقات تفاعل مركبة، ومن ثم يتقاطع مع عدة تخصصات معرفية حول إشكالات بحثية مختلفة، ويتساند بأدوات منهجية مبتكرة في حقول علمية أخرى؛ مثل علم الإحصاء والرياضيات والهندسة والإعلاميات، ومن ثم فهو تخصص معرفي مواكب لما يحدث من تطورات علمية وتقنية مرافقة للتقدم العلمي والتقني، على مستوى طرق التدريس والتدريب ووسائل البحث. لذلك فإن العامل في الحقل المعرفي الجغرافي سيجد نفسه أمام متعدد علم الفروع، يعمل بطريقة خاصة في إنتاج معرفة دقيقة حول المكان، ويستعين في ذلك بطرق وأدوات منهجية شتى.

في هذا السياق، وجدت شعب الجغرافيا بالجامعة المغربية نفسها مضطرة، كمثيلاتها في العالم، على إثر جائحة فيروس كورونا المستجد COVID-19، للانخراط في استعمال وتكييف الوسائل الرقمية مع خصوصيات ومتطلبات العملية البيداغوجية والتكوينية لفائدة الطلاب والباحثين في هذا الميدان التخصصي. فقد لجأ العديد من المؤسسات الجامعية المغربية إلى استخدام منصات التعليم الرقمية التفاعلية الأكثر تداولا في الأوساط الأكاديمية؛ نذكر على الخصوص منصات: Google Classroom وGoogle Meet وMoodel. والتي تتفاوت فيما بينها من حيث الخصائص والإمكانيات التي توفرها للتدريس والتواصل عن بعد مع فئات الطلاب على اختلاف قدراتهم. غير أن هذه المنصات الالكترونية، وبالرغم من استجابتها لمتطلبات منهجية تدريس بعض الوحدات عن بعد، لاسيما النظرية منها، فإنها لا تزال محدودة الاستجابة والتوافق مع خصوصيات المواد الجغرافية التطبيقية، الأمر الذي خلق تفاوتات في التعامل والاستفادة والمواقف بين عموم المستعملين لهذه التقنيات التواصلية، أساتذة وطلاب، مما يدعو إلى دراسة محاسن ونواقص ومعيقات هذه الوضعية التعليمية الجديدة الخاصة بتدريس الجغرافيا عن بعد، وذلك بغرض استشراف الآفاق وطرح الحلول الممكنة لتحسين أداء العملية البيداغوجية بما يجعلها أكثر توافقا مع خصوصيات بعض المواد، وخصوصا التطبيقية والميدانية منها.

منهجية البحث:

تروم هذه الورقة البحثية تقديم نتائج دراسة استقرائية-مقارنة حول مزايا ونواقص المنصات الرقمية بالنسبة لمهام التدريس والتكوين في شعب الجغرافيا بالجامعات المغربية. من أجل ذلك عمدنا إلى استجواب عينة من أساتذة وطلاب هذه الشعب بعدد من الجامعات المغربية في كل من الرباط والدار البيضاء وأكادير وتطوان ومراكش والقنيطرة ووجْدة والجديدة (خريطة رقم 1)، حيث طرحت الأسئلة حول مدى إقبالهم على المنصات الالكترونية الثلاث الأكثر استعمالا، وذلك أثناء مباشرتهم لعمليات التدريس والتكوين عن بعد، سواء خلال فترة الحجر الصحي أو ما بعدها؛ أي أثناء الموسم الجامعي 2020-2021. مكنت الدراسة من تسليط الضوء على بعض التجارب العملية التي نُفذت في صفوف مسالك شعب الجغرافيا، وأسهمت أيضا في إبراز جوانبها الإيجابية من جهة، وتشخيص نواقصها التي تحول دون تحقيق بعض الأهداف البيداغوجية على مستوى بعض الوحدات الأساسية في التكوين الجغرافي، من جهة أخرى.

خريطة رقم 1: توزيع أفراد العينة المدروسة حسب الجامعات التي ينتمون إليها



المصدر: استمارة رقمية، 05-2021

1. علم الجغرافيا بين التعدد الموضوعي والتطوّر المنهجي:

قبل الحديث عن علاقة الجغرافيا بالتطورات الرقمية الراهنة، يبدو أنه من المفيد بداية أن نتطرق لخصوصيات هذا الميدان المعرفي نفسه؛ أي استكشاف تركيبته ومكوناته وخصوصياته المعرفية. فعلم الجغرافيا يعد بحسب طبيعته وكينونته مثالا لتخصص فريد في العلوم الاجتماعية، تسمح دراسته، بالوقوف على جوانب من مزايا ومعيقات التعليم والتدريب عن بعد في إطار المنظومة البيداغوجية بمؤسسات التعليم العالي بالمغرب. فالجغرافيا علم تركيبي وحلقة وصل بين مشارب عدة من العلوم الصورية والطبيعية والاجتماعية، يستعمل مناهج الأولى ويلتقي مع الأخرى حول موضوعات مشتركة. غايته المركزية هو دراسة علاقات الترابط والتفاعل القائمة بين الإنسان وعناصر البيئة المكانية. فهو على ارتباط دائم بتطورات وتحولات المجتمع من جهة، وبميادين إعداد المجال وعمارة الأرض من جهة أخرى (إبراهيم كيدو، 2010). فالحيز الجغرافي يمثل الإطار المكاني الذي تتجسد فيه معالم الظاهرة الجغرافية وتفاعلات عناصرها، كما يعد الخاصية الرئيسة التي تميز علم الجغرافيا من بين التخصصات المعرفية المهتمة بعلوم الأرض والإنسان. لذا فإن العمل في هذا

الحقل المعرفي يقتضي الإلمام بأنماط العلاقات المتبادلة بين مختلف مكونات المنظومة المكانية، وتحليل الآليات الفاعلة فيها، والأشكال التي ترسمها، والوظائف التي تنبثق عنها. إن تعدد أوجه الترابط بين العناصر الطبيعية والبشرية، وتغيرها في الزمان والمكان، وتأثيراتها المتبادلة، قد أدى إلى اتساع ميادين الدراسات الجغرافية، وإلى تكاثر فروعها، وتنوع مواضيعها، وتعدد مناهج عملها في البحث والتدريس. هذا الأمر استدعى استعمال مفاهيم وأدوات منهجية وتقنيات حديثة متنوعة لتسهيل التواصل البيداغوجي ونقل المعرفة الجغرافية، ومن ثمة العمل على إبراز مفعولها ونفعها في التخطيط المكاني وشتى البرامج التنموية. هذا المنحى تتطلب من الجغرافي، طبعا، الإلمام بتفاصيل خطط الدرس الجغرافي النظري وكفاياته التطبيقية وأبعاده العملية، وذلك بالقدر الذي يمكن الأستاذ من توظيفها بكيفية فعالة في إطار الدروس والتدريبات التي يقدمها لطلابه.

إن طبيعة المواد الجغرافية المدرسة في منظومتنا التعليمية الجامعية تجعلنا نصنفها إلى صنفين رئيسين: الصنف الأول يتعلق بمجموعة من المواد التي تُشكل العمود الفقري للتخصص في الجغرافيا؛ حيث تُلقن من خلالها النظريات والمفاهيم والتصورات اللازمة لدارسة ظواهر المجال الجغرافي. أما الصنف الثاني، فتتمحور مواده حول الجوانب التطبيقية والميدانية في الدراسة والتكوين، الهدف من ورائها اكتساب الحس الاستقرائي-الوصفي-التحليلي من خلال تعلم الكفايات الضرورية في المنهج الجغرافي والتدريب على تنفيذ خطواته والاشتغال بأدواته، مما يُيسر تصنيف الظواهر الجغرافية وتدقيق خصائصها وتبين مدلولاتها. لهذا يمكن القول إن خصوصيات الحقل المعرفي للجغرافيا تتحدد في مجموعة من المعايير والوسائل والتقنيات في التدريس والتكوين والبحث الخاصة به، مما يحتم على المُشتغل بالدرس الجغرافي الجامعي أن يستجيب في خططه التعليمية والتكوينية والتدريبية لما تفرضه تلك المتطلبات.

ولعله من المفيد التأكيد بأن ما بلغه علم الجغرافيا من تطور في شكله المعاصر، على مستوى الموضوع والمنهج، هو وليد تراكم معرفي غني تَحصَّل عبر مراحل امتدت إلى حوالي قرنين من الزمن، طور عبرها الجغرافيون مفاهيمهم وأدواتهم المنهجية، أثناء تناولهم لقضايا الأرض والإنسان والعمران، وذلك عبر مداخل فرعية متشعبة (طبيعية، سكانية، اقتصادية، اجتماعية...)؛ أي أنها تدرس المكونات (composantes) والآليات (mécanismes) والتمظهرات (aspects) والعلاقات (relations). ولقد كان طبيعيا أن يحدث ذلك نقلات نوعية في هذا التخصص المعرفي، موضوعا ومنهجا وفكرا، ويُكسب العاملين فيه تجربة واسعة في استعمال ما استجد أمامهم من أدوات في البحث والتحليل (إبراهيم كيدو، 2021). فقد شكلت سنوات الخمسينات وما بعدها مرحلة الثورة المنهجية باستعانة الجغرافيين بأدوات المنهج الوضعي الذي تبنى أدوات التحليل الإحصائي المبني على القياسات الرياضية المتقدمة والنمذجة (Modélisation) والمحاكاة (simulation)، هذا بالإضافة إلى أن تطور الأنظمة المعلوماتية الجغرافية (GIS) قد أحدثت بدورها وقعا إيجابيا في تقدم وسائل العمل الخرائطي والتحليلي المكاني. في هذا السياق، المتميز بالتحولات السريعة، وجد العاملون في حقل الجغرافيا أنفسهم أمام تطورات جديدة رافقت التقدم المدهش؛ في ميادين الذكاء الاصطناعي، وتقنيات التواصل عن بعد بواسطة المنصات الالكترونية، وشبكات التواصل الاجتماعي، الأمر الذي فرض إعادة النظر في الطرق والوسائل المعتمدة في التدريس والتكوين والبحث، والعمل المستمر للانخراط في هذا المنحى ومواكبة مستجداته بغرض الاستجابة لمتطلبات جودة العملية التعليمية والتكوينية الجامعية، لاسيما بعد ظهور جائحة فيروس كورونا المستجد، والتي حتمت بدون منازع على الجميع الاقبال على تقنيات العالم الرقمي، سواء من طرف المؤسسات الجامعية أو الأطر الأكاديمية أو الطلاب.

2. خصوصيات الدرس الجامعي والتكوين البحثي في الجغرافيا ومتطلباتهما التحديثية:

إذا كانت الجغرافيا هي ذلك العلم الذي يشتغل بطريقته الخاصة، فإن تصريف مخرجاته المعرفية في مدرجات الجامعات لا يمكن أن يتم سوى بنهج طرق بيداغوجية مضبوطة، أيضا، في التدريس والتدريب وبما يفيد تكوين الباحثين. ومن ثم يمكن تناول تطبيقات الدرس الجغرافي الجامعي من خلال مستويين من الاستعمال:

المستوى الأول يهم طبيعة الاشتغال في إطار المسلك الوطني للإجازة العامة في فصوله الستة حيث تُدرس المواد الأساسية المؤسسة للمفاهيم الأولية في الجغرافيا. وموازاة مع ذلك يستعان بالمواد ذات الصبغة المنهجية، لتدريس المناهج واكتساب الكفايات في تناول الظواهر الجغرافية واستكشافها ميدانيا، وفي قراءة ووضع الخرائط والتعبير البياني والإحصاء ومناهج البحث الجغرافي.

المستوى الثاني، ونعني به الإطار الذي تدرس فيه الجغرافيا بوصفها مادة تكميلية في تكوينات مسالك الإجازة العامة والإجازة المهنية و"الماجستير" الجامعية الموازية، خصوصا في مسالك التاريخ والحضارة وعلم الاجتماع وعلم الاقتصاد والتدبير وعلوم الأرض. من كل هذا يتبين أن الدرس الجغرافي الجامعي يمارس خطابا جغرافيا يُقرأ ويشخص ويمارس من خلاله الحيز الجغرافي المحلي والجهوي والوطني والعالمي، من حيث خصائصه، وأشكال تنظيمه، ووظائفه، وانعكاسات استغلاله. ومن ثم فهو في حاجة إلى انتقاء أدوات التعلم البيداغوجي والتواصل المعرفي المناسبة.

ولكي نتبين خصوصيات تدريس الجغرافيا في الجامعة، سنعتمد على تشخيص العملية البيداغوجية بخصوص مستوى مسالك الإجازة في الجغرافيا فقط، لأنها تشكل الإطار الذي يعكس مختلف الجوانب والاعتبارات المحيطة بأشكال وتطبيقات العملية التكوينية للدرس الجغرافي الجامعي. فالتحصيل المعرفي في تكوينات الجغرافيا يُكتسب عبر ثلاثة مداخل أساسية: بالنسبة للمدخل الأول، نتحدث عن الدرس النظري الذي يروم المُدَرس من خلاله تلقين المفاهيم المتداولة لتزويد القاموس الجغرافي لدى المتلقي، بما ينمي تصوره ورؤيته للمكان والإنسان، مما يساعده على تمثل القضايا ذات البعد المكاني وإدراك إشكالياتها. وكل ذلك يتبلور من خلال تدريس عدد من المواد التي تناسب الفروع المتخصصة الكثيرة في ميدان علم الجغرافيا (جغرافيا طبيعية، جغرافيا بشرية، جغرافيا السكان، جغرافيا المدن، جغرافيا الأرياف، جغرافيا المناخ....). أما بخصوص المدخل الثاني في ممارسة العملية التربوية، فالحديث يدور حول الدرس التطبيقي والتوجيهي الذي يُركز فيه على تعلم الكفايات الذهنية والعملية في آن واحد؛ مثل قراءة وتحليل ورسم الخرائط ومعالجة ومسك المعطيات، مع تحليلها وتوظيفها في دراسة الظواهر الجغرافية، وكل ذلك يُعمل به من خلال بالاستعانة بثلة من العلوم المساندة مثل علم الخرائط وعلم الإحصاء وعلم الاستشعار عن بعد والإعلاميات. أما المدخل الثالث للحصول على المعرفة الجغرافية، فيهم الدرس الذي يُركز على تعليم تقنيات وأدوات المشاهدة والملاحظة والوصف. فالطالب يتدرب على مناهج تحديد ووصف معالم الظاهرة الجغرافية في الميدان من خلال الجولات الاستطلاعية والرحلات الدراسية. زيادة على ذلك، يستكمل هذا التكوين بتعلم أدوات ممارسة العمل المخبري؛ حيث يباشر عملية معالجة المعطيات الميدانية اختبارا وتصنيفا ومسكا وتحليلا على أساس أن تستثمر في التحليل الجغرافي للظاهرة المدروسة. وفي كل أطوار العملية البيداغوجية تستعمل أدوات ووسائل متنوعة في أدائها من أجل تحقيق الأهداف المسطرة واكتساب الكفايات المطلوبة حسب مراحل الدراسة الجامعية. ومن ثم فإن للأدوات المنهجية، التي يتعلمها الطلاب بتناسق مع الخطوات المنهجية المتوافقة معها، حضور قوي

وملازم في كل هذه الأطوار التعليمية، الأمر الذي يدفع إلى القول بأن علم الجغرافيا، سواء على مستوى التدريس أو البحث، يظل حقلا معرفيا شديد الارتباط بالتطورات التي تحصل في ميدان الطرق والوسائل البيداغوجية والبحثية.

ففي إطار نقل المعرفة الجغرافية، تدريسا أو تدريبا، يستعمل عدد من الأدوات الحسابية الرقمية والوسائل التعبيرية. يُعمل بهذه الوسائل والأدوات في الدروس التطبيقية والتوجيهية، وتُستعمل في المختبر أثناء معالجة المعطيات الميدانية التي استجمعت حول ظاهرة جغرافية ما، وذلك اعتمادا على العلوم المساندة التي تدخل ضمن المواد المدَرَّسة في الوحدات الأساسية من فصول الإجازة في الجغرافيا. من خلال هذه الدروس يتعلم الطالب مبادئ إنجاز الجداول الإحصائية المفصلة ورسم الأشكال البيانية وإنجاز الخرائط الآلية؛ بدءا بالمعالجة الإحصائية واستخراج القيم المعبرة، ثم وضع العناوين المناسبة ومصدر المعطيات وعناوين المتغيرات وأسماء أنماطها ورسم الأشكال الخرائطية.

من كل ما تقدم يتبين أن تجربة تدريس الجغرافيا قد ظلت محصورة في نسقها الحضوري، تتم في القسم أو المدرج، ووفق المناهج البيداغوجية التي ذكرت سابقا، غير أن ظروف الحجر الصحي بسبب جائحة كورونا، قد حتمت على الأساتذة التكيف مع الوضعية والانخراط في التجربة الجديدة بمختلف شعب الجغرافيا بالمغرب. فكيف إذن دبروا العمليات التعليمية في ظل الوضع القائم؟ ووفق أي خطط نقلوا بها المعارف الجغرافية ودربوا الطلاب على اكتساب المهارات المسطرة في خطط الدروس والتدريب والبحث؟ وما هي الإمكانيات التي تمنحها تقنيات المنصات الإلكترونية للقيام بمهام التدريس والتكوين عن بعد؟ وماهي العراقيل التي صادفت الأساتذة والطلاب إزاء التعامل مع وسائل العالم الافتراضي في إطار العملية البيداغوجية بشكل عام؟ ذلك ما سنعرض له بالتفصيل خلال المحور الآتي.

3. الجغرافيا والجغرافيون والولوج إلى العالم الرقمي عبر استعمال منصات التواصل الالكترونية:

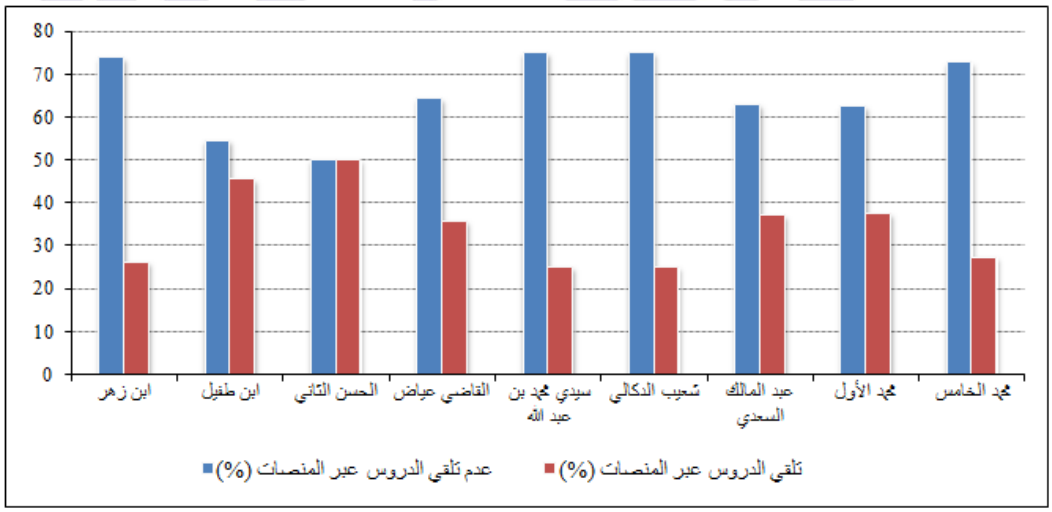
لقد فرض على الجامعات المغربية أن تعمل على رقمنة نظامها التعليمي بسبب ظروف جائحة فيروس كورونا المستجد؛ بحيث اعتمدت في ذلك على مجموعة من المنصات الالكترونية، تعويضا للتدريس الحضوري وأحيانا تدعيما له. فبالرغم من توفر هذه الجامعات على منصات رقمية إلا أنها ظلت ضعيفة المفعول وقليلة الارتداد من طرف الأساتذة والطلبة على حد سواء، لتظهر أهميتها الملحة خلال أزمة كورونا مُبينة بذلك عن أماكن الخلل التي تتضمنها وصعوبة تعويضها للدروس الحضورية. فتعدد المنصات الرقمية وتنوعها بين منصات مجانية وأخرى مؤدى عليها أتاح لأطر التعليم العالي إمكانية برمجة دروسهم عن بُعد وتعويض الحصص الحضورية ولو بشكل جزئي. غير أن المشاكل التي تعتري هذه المنصات لا من قبل الأستاذ أو الطالب أبانت عن ضعفها في التحصيل العلمي وتبنيها كوسيلة بديلة للدرس الحضوري، لا سيما إذا تعلق الأمر بشعبة الجغرافيا. فنظرا لخصوصيات هذه الشعبة المنهجية والبيداغوجية المذكورة سابقا يستعصي على الطلبة استيعاب وفهم مضامين بعض الوحدات هذا بالإضافة إلى عوائق أخرى سيأتي التفصيل فيها في العناوين الآتية.

1.3. المنصات التعليمية الرقمية المعتمدة في التدريس عن بعد:

لقد وضعت جميع الجامعات المغربية رهن إشارة الأساتذة منصات تعليمية رقمية مختلفة لبث دروسهم عن بعد كوسيلة لتدعيم الدروس الحضورية. إلا نسبة ارتدادها قبل جائحة فيروس كورونا المستجد كانت جد متباينة كما هو الشأن بالنسبة لطلبة شعبة الجغرافيا المستجوبون. فقد تبين أن نسبة الطلبة الذين لم يتلقوا الدروس عبر المنصات الرقمية جد مرتفعة بمختلف الجامعات ولا سيما بجامعات ابن زهر وشعيب الدكالي وسيدي محمد بن عبد الله ومحمد الخامس مقارنة بجامعة الحسن الثاني التي ترتفع فيها نسبة الطلبة الذين تلقوا بعض الدروس عبر المنصات. ولكن على العموم يبقى

استعمال هذه الأخيرة قبل الجائحة جد محدود، إذ اقتصر دورها فقط في وضع الوثائق والمطبوعات الرقمية للدروس الحضورية أو تسجيلها على شكل فيديوهات ونشر الإعلانات.

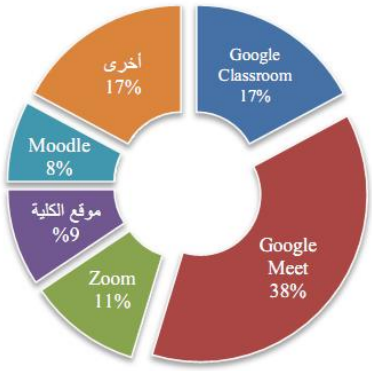
شكل رقم 1: تباين نسبة الطلبة الذين تلقوا الدروس عبر منصات التعليم الرقمية قبل جائحة كورونا المستجد Covid-10 حسب الجامعات



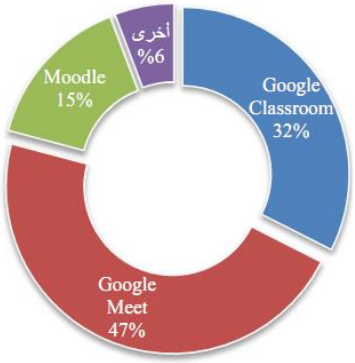
المصدر: استمارة رقمية، 05-2021

ومن سمات هذه المنصات أنها كانت جد متنوّعة وغير موحدة بين الجامعات، فداخل جامعة واحدة يستعمل الأستاذ المنصة المناسبة له، فمثلا بجامعة محمد الخامس تُستعمل منصات Google Meet وGoogle Classroom وZoom بينما تُستعمل بجامعة الحسن الثاني منصتي Moodle وGoogle Meet وموقع الكلية بجامعة ابن زهر. ولكن في فترة الجائحة وخلال موسم 2020-2021 تبين أن هناك اعتمادٌ شبه عام بين جميع الكليات في اعتماد المنصات التعليمية الالكترونية الثلاث: Google Meet وGoogle Classroom وMoodle بنسب تقدر على التوالي بـ 47 و32 و15%. وهذا راجع بالأساس إلى المميزات التي تتيحها هذه المنصات مقارنة بالمنصات الأخرى.

شكل رقم 2: المنصات التعليمية الرقمية المعتمدة في التدريس قبل جائحة كورونا



شكل رقم 3: المنصات التعليمية الرقمية المعتمدة في التدريس خلال موسم 2020-2021



المصدر: استمارة رقمية، 05-2021

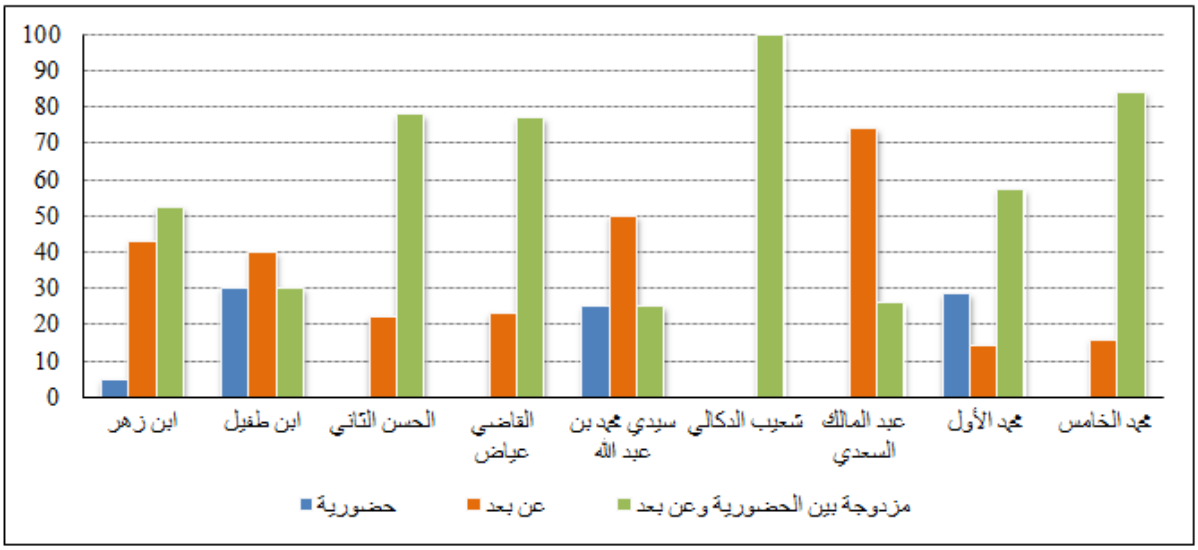
من أبرز مميزات هذه المنصات الرقمية أنها سهلة الاستعمال والتعلم. فهي تمكن الطلبة من التواصل مع بعضهم البعض وأيضا من تواصل الأساتذة فيما بينهم عن طريق منتديات الحوار الطلابية وغرف الدردشة المتزامنة، ومتابعة

الواجبات والمهام الدراسية، حيث تتيح هذه المنصات للطلبة ميزة تمكنهم من تكليف الطلاب بواجبات ومهام وتوزيعها وتصحيحها إلكترونياً، كما تُمكّنهم من القيام بأداء هذه الواجبات. كذلك فللأستاذ عدة خيارات لوضع الاختبارات الالكترونية ليس الموضوعية فقط وإنما يوجد تقريبا نظام لجميع أنواع الأسئلة (مقالية، شفوية، اختيار من متعدد، صح وخطأ...الخ)، وكذا إضافة روابط ومستندات وملفات وفيديوهات أو روابط لمساعدة الطلاب في مراجعة دروسهم وحل واجباتهم. وعلاوة على ذلك فهذه التطبيقات تمكن الأستاذ من التقييم المستمر للطلاب حسب الأنشطة كما يمكن للطلاب بدورهم التعرف على مستوى تحصيلهم في كل فصل.

2.3. ضعف إقبال الطلبة على المنصات التعليمية الرقمية

فبالرغم من الجهود التي بذلها بعض الأساتذة الجامعيون في التشجيع على التدريس عن بعد كوسيلة لتعويض الدروس الحضورية خلال الموسم الجامعي 2020-2021، إلا أن ذلك لم يعط نتائج مرضية لا بالنسبة للطلبة ولا بالنسبة للأساتذة. لذلك اضطرت الجامعات إلى المزاوجة بين الدروس الحضورية والافتراضية. فقد تبين أن 59% من الطلبة تلقوا دروسهم بصفة مزدوجة بين الحضوري وعن بعد، في حين أن 36% منهم اقتصرت فقط على التدريس عن بعد و5% على التدريس الحضوري. علما أن هذا الأخير لم تعتمده إلا بعض الكليات التي لا تستقطب إلا عددا ضئيلا من الطلبة في شعبة الجغرافيا كما هو الشأن مثلا بكلية الآداب والعلوم الانسانية بجامعة ابن طفيل وكلية اللغات والفنون والعلوم الانسانية بابن زهر وذلك احتراما للإجراءات المتبعة في محاربة تنقل عدوى كورونا المستجد (شكل رقم 4).

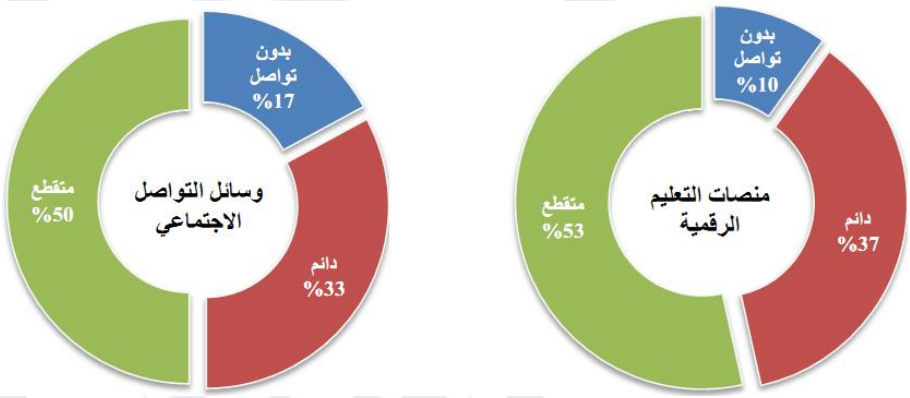
شكل رقم 4: طبيعة الدروس التي تلاقاها الطلبة حسب الجامعات خلال الموسم الجامعي 2020-2021



المصدر: استمارة رقمية، 05-2021

وبناءً على نتائج الدراسة الميدانية، فقد اتضح لنا أيضا أن هناك ضعف كبير على مستوى متابعة الدروس المبرمجة عن بعد، بحيث أن أكثر من نصف الطلبة المستجوبون (63%) لا يواكبون جميع الدروس لأسباب متعددة، في حين تبقى فقط 37% منهم هي المداومة على حضور الدروس بالمنصات الرقمية (شكل رقم 5). ولتغطية هذا النقص يستعين العديد من الأساتذة (57%) بوسائل التواصل الاجتماعي التي يلجها جل الطلبة، لا سيما منها موقع WhatsApp بنسبة تصل إلى 66% وموقع Facebook الذي تصل نسبة اعتماده حسب العينة المدروسة إلى 18%، إما لوضع المطبوعات الرقمية للدروس أو لوضع فيديوهات تسجيلية للدروس أو أحيانا لمتابعة تطور أعمال الطلبة فيما يخص مشاريع البحث.

شكل رقم 5: ضعف تفاعل الطلبة المستجوبون مع منصات التعليم الرقمية ووسائل التواصل الاجتماعي



المصدر: استمارة رقمية، 05-2021

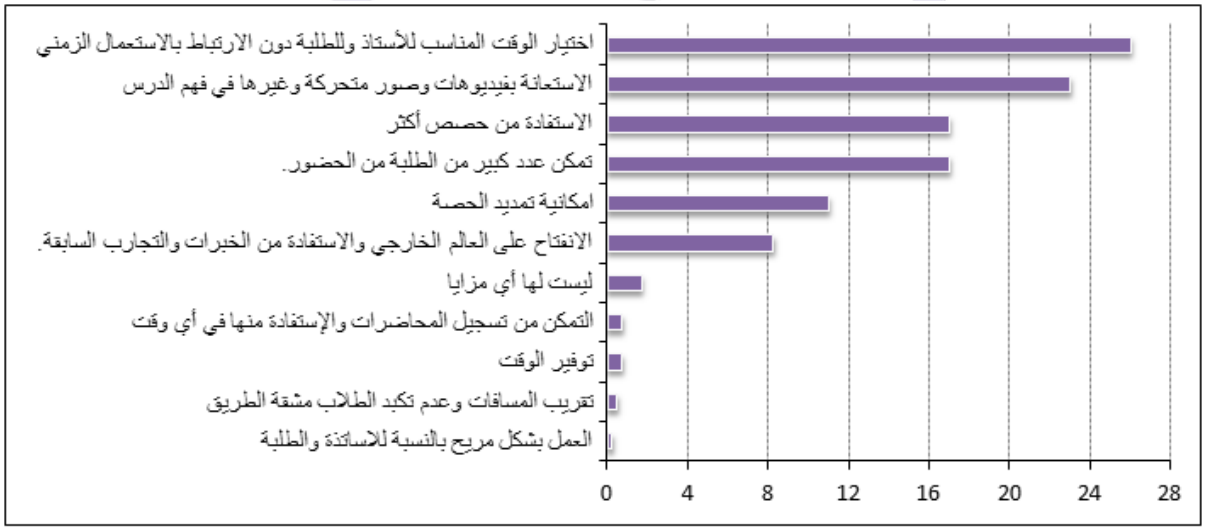
4. مزايا ومشكلات استعمال منصات التواصل الالكترونية

1.4. مزايا منصات التعليم الرقمية وإمكانية تطويرها

تتميز المنصات التعليمية الرقمية بالعديد من المزايا والإيجابيات. فإلى جانب ضمان الاستمرارية البيداغوجية، أسهمت تجربة التعليم عن بعد خلال فترة جائحة كورونا بتشخيص واقع الجامعة المغربية ووضعية نظام التعليم العالي. كما أسهم العديد من المتدخلين باقتراح مجموعة من البدائل والتعديلات القائمة على الرقمنة عبر دمج الموارد الرقمية في المناهج الدراسية، والاستثمار في العنصر البشري بتسخير تقنيين يسهرون على نجاعة هذه المنصات، ناهيك عن الرفع من مهارات الأطقم التعلمية بالجامعة المغربية عبر تنظيم دورات تكوينية لفائدة الأساتذة لمواكبة الطرق المستحدثة في التواصل مع الطلبة عبر المنصات الرقمية المختلفة.

صرح العديد من الأطر التربوية والطلبة المستجوبون أنهم استفادوا من منصات رقمية في عملية التعليم عن بعد خلال الجائحة، حيث تمكنوا من ضبط مختلف منصات التي سبقت الإشارة إليها سلفا. ونجمل أهم مزايا هذه منصات الرقمية حسب العينة المدروسة في الشكل رقم 6. فبالإضافة إلى هذه المزايا فقد استفاد كل من الطلبة والأساتذة من مكتبات دولية، أتاحت لهم إمكانية الولوج إلى مواقعها وتحميل الكتب والمقالات العلمية التي لها علاقة بالمواد الدراسية أو بالنسبة لأساتذة التعليم العالي في إنجاز أبحاثهم العلمية الأكاديمية. وللإشارة فهذه المواقع لم تكن متاحة الاستعمال المجاني قبل الجائحة.

شكل رقم 6 : تعدد المزايا التي تتيحها منصات التعليم الرقمية حسب العينة المدروسة

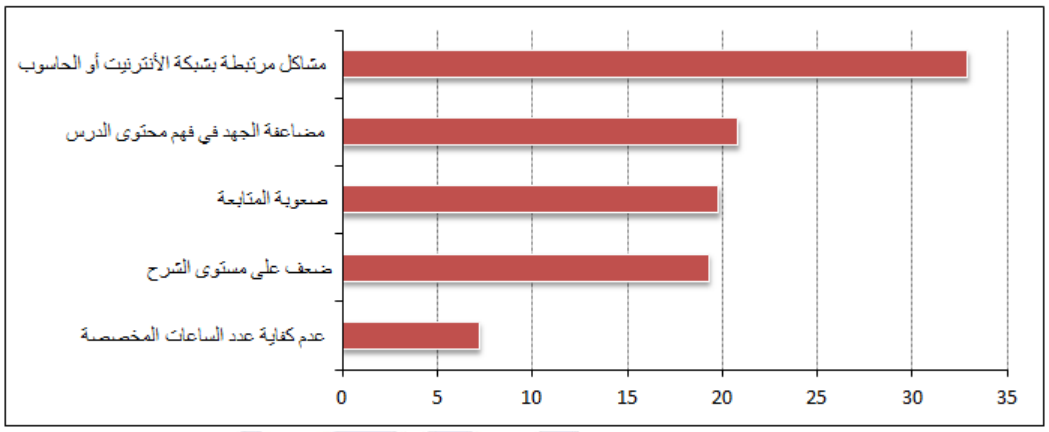


المصدر: استمارة رقمية، 2021-05

2.4. نواقص منصات التعليم الرقمية وإكراهات تحد من نجاح التجربة

فإلى جانب المزايا التي توفرها منصات التعليم الرقمية فقد واجهت عدة إكراهات والتحديات، أدت إلى ضعف مردوديتها بمختلف الجامعات المغربية، وحالت دون تحقيق النتائج المرجوة والأهداف المسطرة. ونجمل أهم هذه الاكراهات في الشكل رقم 7، والتي يأتي في مقدمتها عدم توفر أغلب طلبة سلك الإجازة على الحاسوب وضعف شبكة الأنترنيت مما يتسبب في عدم المواكبة المستمرة للدروس وأحيانا الشعور بالملل في المتابعة.

شكل رقم 7 : محدودية التدريس عبر منصات التعليم الرقمية لأسباب مختلفة



المصدر: استمارة رقمية، 2021-05

لقد كشفت نتائج الدراسة أن 14% فقط من الطلبة المستجوبون هم الذين صرحوا بإمكانية تدريس الوحدات الجغرافية عبر منصات التعليم الرقمية، في حين أن ما يقارب 86% أكدوا أن أغلب الوحدات غير قابلة للتدريس عن بعد. ويعزى ذلك إلى خصوصية هذا التكوين في ارتباط جزء منه بالجانب التطبيقي أكثر من النظري، الأمر الذي يستوجب التدريس الحضوري بدل الاعتماد على المنصات الرقمية التي يغيب فيها هذا الجانب التعليمي. إن ارتباط الجغرافيا بالتحليل المخبري والعمل الميداني والخرائطي يفترض توفير طرق وأدوات بيداغوجية مناسبة لمثل هذا النوع من الدروس.

وبهذا فإن درجة رضى العينة المدروسة بواقع التعليم عبر هذه المنصات ضعيف. فقد صرح ما يقارب 43% بأن التدريس عن بعد ذو جودة متوسطة، و21% منهم أكدوا أنها ذات جودة رديئة. بينما لم تتعد هذه النسبة 12% ممن صنفوها بانها ذات جودة جيدة. الشيء الذي يوضح أن جل الطلبة لم يندمجوا مع الطرق التعليمية المستحدثة بواسطة المنصات التعليمية.

لا جرم أن منصات التعليم الرقمية قد شكلت فرصة كبيرة لمواصلة التعليم في ظل الجائحة، كما أنها فتحت الباب أمام الجامعة المغربية لانفتاحها على العالم الخارجي، وتنمية قدرات التعلم الذاتي لدى الطلبة والأساتذة. إلا أن نتائجها ظلت محدودة الآفاق بشعبة الجغرافيا، لاسيما على مستوى تدريس المواد التطبيقية (قراءة الخرائط الطبوغرافية، والتطبيقات المورفوبنيوية، والخرائط الآلية...) كذا على مستوى بعض المواد الطبيعية (الجيومورفلوجيا، المورفوبنيوية، المناخ، ...). وعليه، وجب التفكير في مشروع مستقبلي لتطوير المنصات التعليمية الرقمية والاستعانة بها في عملية التعليم عن بعد مع حفظ خصوصية بعض الوحدات التي تستلزم التطبيق لأجل ضمان المتابعة الجيدة والاستيعاب الكامل.

5. تطوير البحث العلمي في العصر الرقمي رهين بوضع استراتيجية مندمجة تتماشى وواقع المؤسسات التعليمية والركب الرقمي التكنولوجي

مما لا شك فيه، أن تجربة التعليم عبر المنصات الرقمية في ظل جائحة كوفيد 19 داخل المؤسسات التعليمية الجامعية المغربية أبانت عن مجموعة من الإكراهات والمعيقات التي حالت دون سهولة اعتماد التعليم عن بعد كحل بديل وفعال زمن الجائحة. هذا ما استدعى الأخذ بالأسباب من جهة واقتراح الحلول المناسبة من جهة أخرى. فحسب النتائج المحصل عليها خلال هذه الدراسة، تم تسجيل ملاحظة أولية مفادها تقاسم نفس الاقتراحات والرؤى من طرف العينة المدروسة من طلبة تخصص جغرافيا بخصوص توفير الشروط الكفيلة لضمان تلقين الدرس الجامعي عبر المنصات الرقمية نظريا كان أو تطبيقيا بشكل علمي سليم.

كما يتضح من خلال الحلول المقترحة من لدن الطلبة، تمتعهم بقناعة تامة على أن التعليم عن بعد لا يمكن أي يعوض بأي حال أو يوازن التعليم الحضوري. ولربما يمكن الاعتماد على التكوين عبر المنصات الرقمية كوسيلة داعمة ومكملة للدرس الحضوري في حالة توفر الظروف والشروط الملائمة لذلك. ومن أبرز هذه الشروط تجهيز المؤسسات الجامعية بالإمكانيات اللوجيستيكية والتقنية لضمان تحصيل علمي سليم ومشرف مع ضرورة تنظيم دورات تكوينية لفائدة الطلبة والأساتذة لتمكينهم من استعمال هذه الوسائل والتقنيات. وهنا، تجدر الاشارة الى أن المستوى المادي والاجتماعي للطالب الجامعي يعتبر عاملا مهما -لا يجب اغفاله- لإنجاح عملية التكوين عن بعد التي تتطلب سلسلة من الأدوات والتقنيات. وفي هذا السياق، نخص بالذكر تحسين صبيب شبكة الانترنيت وجعله مجانيا رهن اشارة الطلبة مع امدادهم بحواسب مجانية أو تقديمها بأثمنة تحفيزية.

في ظل هذه السلسلة من الاقتراحات، لا بد من الوقوف أيضا على الجهود المبذولة من طرف الجامعات المغربية في تدبير سير المنظومة التعليمية مباشرة بعد اعلان الجائحة وتوقف الدروس الحضورية كان لها دور لا يستهان به في استمرار الدراسة وانهاء الموسم الجامعي. حيث سارعت في عقد مجموعة من اللقاءات والاجتماعات الطارئة والاستعجالية مع مجالس المؤسسات الجامعية لاتخاذ القرارات والتوجهات بخصوص هذا الشأن لضمان سير عادي للدروس الجامعية دون توقفها. فباشرت في خلق منصات رقمية تواصلية بين الاساتذة والطلبة وبث دروس لكل المستويات والتخصصات التعليمية عبر القنوات التلفزية لتسهيل وتيسير هذه العملية التعليمية الجديدة. وهنا نخص بالذكر تجربة جامعة ابن زهر التي

قامت بإنشاء استوديو مخصصا لإلقاء وتصوير الدرس الجامعي لتخفيف الضغط على الأساتذة وتفاديا لأي طارئ أثناء إلقاء الدرس الجامعي عن بعد الحديث العهد.

لكن يبقى السؤال المطروح هل التدريس عبر المنصات الرقمية لبعض العلوم والتخصصات كما هو الشأن بالنسبة لعلم الجغرافيا -الذي يحتاج لأدوات منهجية بحثية وتواصل دائم ومباشر بين الاستاذ والطالب أو بالأحرى بين المعلم والمتعلم- يضمن تحصيلا علميا مرضيا؟ وهل التعليم عن بعد له تداعيات على تطور ومستقبل العلوم على اختلافها؟ إن تأهيل الجامعات المغربية تبقى ضرورة ملحة لمواكبة الرقمنة التعليمية العالمية لأن الاقبال على التعليم الرقمي المتطور أو المزاوجة بينه وبين التعليم الحضوري له شروط ومعايير يجب احترامها، ويأتي احترام مبدأ تكافؤ الفرص بين الطلبة من أهم هذه المعايير لإنجاح هذه التجربة التعليمية الحديثة وذلك بتأهيل الطالب على كافة المستويات.

خاتمة:

وفي الختام نؤكد أن اعتماد الجامعات المغربية على منصات التعليم الرقمية في عملية التعليم عن بعد كان ضرورة فرضتها جائحة كورونا المستجد لأجل ضمان الاستمرارية البيداغوجية، حيث كانت هذه التجربة فرصة سانحة لاكتساب مناهج وطرق حديثة في التعليم عن بعد، واكتشاف الغنى المعرفي والعلمي لمواقع التواصل الحديث، وكانت أيضا محطة هامة لتنمية قدرات التعلم الذاتي لدى الطلبة والأساتذة.

لكن تبين من خلال نتائج الاستمارة الرقمية محدودية تحقق الأهداف المرجوة من منصات التعليم عن بعد، رغم المجهودات المبذولة من طرف جميع مكونات المنظومة التربوية، من أجل تعويض التعليم الحضوري أو تدعيما له، نظرا لاتسام بعض المواد بأهمية الجانب التطبيقي الذي يفرض ضرورة التواصل المباشر بين الأستاذ والطالب.

وعليه، فإن أي مشروع مستقبلي لإنجاح عملية التعليم عن بعد، يتطلب اعتماد مقاربة تشاركية بين جميع مكونات المنظومة التعليمية من خلال التنسيق وفتح باب الحوار بين جميع الفاعلين التربويين لمعرفة هل هناك توازنات أم اختلالات تعرقل سير ونجاح هذه المنظومة التعليمية المتجددة والحديثة.

المراجع:

- **إبراهيم كيدو (2008):** "رصد لبعض شروط التكامل بين التخصصات في العلوم الإنسانية بالجامعة المغربية: حالة علم الجغرافيا"، أعمال الأيام البيداغوجية الوطنية السادسة، 13-14 ماي 2008، جامعة القاضي سيدي محمد بن عبد الله بفاس، منشورات المنتدى الوطني للتعليم العالي والبحث العلمي، ص.ص. 203-2011.
- **إبراهيم كيدو وآخرون (2010):** "إشكالية استعمال المصطلح في تدريس الجغرافيا بالمؤسسات الجامعية"، أعمال الأيام البيداغوجية الوطنية العاشرة، 24-25 نوفمبر 2010، جامعة القاضي عياض بمراكش، منشورات المنتدى الوطني للتعليم العالي والبحث العلمي، ص.ص. 121-133.
- **إبراهيم كيدو (2021):** "الجغرافيا والجغرافيون: الهوية المتأرجحة بين قضايا الإنسان والمكان"، مجلة التحدي الإلكترونية، عدد 6/ 9-23 أبريل 2021، متوفر بموقع: https://emag.challenge.ma/Attahadi06/، ص.ص. 58-63.

- **تامر الملاح (2021):** "التسرب الالكتروني بين الرغبة في التعليم والملل من الالتزام"، متوفر بموقع: https://www.new-educ.com/?p=31638 :
- **محمد بلفقيه (1991)**: "الجغرافيا: القول فيها والقول عنها، 1- البحث عن الهوية"، النشر العربي الإفريقي، 201ص.، الرباط.
- **محمد بلفقيه (2002):** "الجغرافيا: القول فيها والقول عنها، -المقومات الابستملوجية"، مطبعة المعارف الجديدة، 898ص.، الرباط.

تقييم دور الفاعل السياسي في تدبير الإكراهات البيئية بالأوساط الحضرية شمال شرق شبه الجزيرة الطنجية

رشيد أزكاغ، طالب باحث، شعبة الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة عبد المالك السعدي، تطوان.

الملخص:

تعد الفنيدق، والمضيق، ومرتيل، وواد لو، مجالات ساحلية مستقطبة للسكان، تبرز بها إكراهات بيئية متنوعة من قبيل: ارتفاع حدة التسحل، وتزايد انتاج النفايات، وتدهور الموارد المائية، وتردد خطر الفيضانات، وتراجع الغطاء النباتي...، وهذا راجع لعاملين أساسيين، يتمثل الأول في هشاشة المجال الطبيعي، أما الثاني فيتجلى في تزايد الاستغلال البشري غير المنظم للموارد في كثير من الأحيان. ورغم إقرار ذلك من طرف الفاعل السياسي المحلي، إلا أن الحضور البيئي في برامجه التنموية لم يكن مشرفا، وهذا ما لمسناه عند افتحاص برامج الأحزاب السياسية، ومخططات عمل المجالس الجماعية، وأكدته الساكنة من خلال عدم رضاها بمردودية التدبير البيئي.

الكلمات المفتاحية: الفاعل السياسي، التدبير، الإكراهات البيئية، الأوساط الحضرية.

Abstract:

Coastal areas such as Fnidek, M'dik, Martil, and Oued laou are becoming increasingly populated. However, they are facing several environmental constraints like coastal degradation, excessive waste production, depletion of water, increased flood risk, and plante degradation. These issues are the result of two factors: The first is the fragility of environment, and the second is the misuse of natural resources by humans. Although the local political actors are aware of these problems, they have not given enough attention to environmental concerns in their development programs. This lack of attention was evident when examining the political parties' programs or communal councils' action plans. Residents have also expressed their dissatisfaction with the mismanagement of the environmental issue and have raised concerns about the critical situation.

Keywords: Political actors, management, environmental constraints, urban areas.

مقدمة

تعرف المدن المغربية توسعا كبيرا عددا ومساحة، أفرز متاعب بيئية تتحول في كثير من الحالات إلى كوارث، و"...إذا كانت الإشكالات الراهنة للتمدد الحضري، والتغيرات البيئية المصاحبة لها باتت تتصدر اهتمامات الرأي العام وكثير من التيارات الفكرية...فإنه لا يجب أن يغيب عنا أن المدينة لم تعد ذلك المكان الآمن..."[1]. وتشهد السواحل المتوسطية الشمالية دينامية حضرية كبيرة على هذا المستوى، من خلال تركز سكاني مهم، وما يرافق ذلك من استغلال المجال، من خلال إقامة أنشطة اقتصادية متنوعة. وتؤثر السياحة بشكل فعال على البيئة الساحلية وتتأثر بها، فتساهم إيجابيا في الحفاظ

[1]- بلفقيه (محمد)،2022، المدينة المسار والمصير، دار نشر المعرفة، الرباط، المغرب، ص101.

على بعض ملامحها وصيانتها، كما تؤثر سلبا على بعض جوانبها[1]. وللملوثات الصناعية نصيب كبير في تدهور المجال الساحلي، فعلى الرغم من أن البيئة قادرة على التخلص من بعض الملوثات وتحليلها، بيد أن تلك القدرة ليست مطلقة، فإذا ما تجاوز التلوث حدا معينا، تعجز البيئة عن التعامل معه وتظهر عليه أعراض التدهور[2]. كما تساهم إقامة بعض المنشآت كالسدود مثلا، في الرفع من حدة التعرية الشاطئية خصوصا عند مصبات الأودية، إذ تتراوح ما بين 1,5متر و2 متر كل سنة[3]، علما أن لمصبات الأودية النافذة والمفتوحة أدوارا طبيعية مهمة في الحفاظ على التوازنات البيئية الساحلية بالإرسابات والمواد الصلبة[4].

ومما لا شك فيه أن الفنيدق، والمضيق، ومرتيل، وواد لو، كأجزاء من الساحل المتوسطي، تشهد توسعا عمرانيا سريعا، أفرز العديد من المخاطر والإكراهات البيئية، من أبرزها التلوث بسبب ارتباط شبكة الصرف الصحي مباشرة بالبحر دون معالجة، خصوصا وأن المركبات السياحية المستقرة على الساحل تتخلص من نفاياتها السائلة في كثير من الأحيان مباشرة في البحر، ونفاياتها الصلبة برمتها في المناطق الخلفية المجاورة[5]. هذه المشاكل البيئية وغيرها، تفرض على الفاعل المحلي الوعي بخطورتها من أجل تدبير محكم لها.

إن تدبير قطاع البيئة بالأوساط المدروسة، مسؤولية متداخلة بين مجموعة من الأطراف، ويعد الفاعل السياسي أحد أبرزها، فالحزب السياسي ملزم بوضع برنامج ذو أبعاد بيئية واضحة، وتنزيله على أرض الواقع، خصوصا عند تحمل مسؤولية تدبير الشأن العام بالمجالس الجماعية، وهذا ما سنحاول عرضه في هذا المقال.

1- الإشكالية

إن الوعي بالإكراهات البيئية مسؤولية مشتركة بين مختلف الفاعلين، وهنا لابد من التساؤل عن مدى إدراج المؤسسات السياسية لقضايا البيئة في برامجها، وفي أولوياتها عند تحمل مسؤولية تدبير الشأن العام. ومن هذا المنظور سنحاول في هذا المقال، معرفة أبرز التحديات البيئية، وحجم حضورها لدى الفاعل السياسي المحلي، ومستوى وعيه بها، مع التركيز على الأوساط الحضرية الساحلية بالشمال الشرقي لشبه الجزيرة الطنجية (واد لو، ومرتيل، والمضيق، والفنيدق). كما سنسعى أيضا إلى التعرف على انعكاس البرامج الانتخابية الحزبية في شقها البيئي، على مخططات عمل المجالس المنتخبة، مع ضرورة إبراز نظرة المواطن لهذه المؤسسات في تعاملها مع البيئة.

2- المنهج والأدوات

يقع المجال المدروس في أقصى الشمال الغربي للمغرب، ينتمي إداريا لجهة طنجة تطوان الحسيمة في غرب السواحل المتوسطية، جزء منه في إقليم تطوان (واد لو) والجزء الآخر بعمالة المضيق الفنيدق (مرتيل، والمضيق،

---

[1] - السعيدي (جميلة)، اعبيدو(جواد)، لبدوي (عبد الحق)، 2023، المشاريع السياحية وأثرها على البيئة الساحلية: نموذج شاطئ المضيق الفنيدق، مختبر دينامية المجالات والمجتمعات، منشور كلية الآداب والعلوم الإنسانية بالمحمدية، ص328.

[2] - مفتاح (عادل)، اجليين (حنان)، 2021، التأثيرات البيئية للقطاع الصناعي بضواحي المدن المغربية: حالة ضواحي تطوان، التأثير البيئي للتصنيع وتحديات التهيئة المجالية بالمغرب، كتاب جماعي محكم، المركز الديموقراطي العربي، برلين، ألمانيا، ص115.

[3] - مقطيط (عبد الرحيم)، 2022، دراسة دينامية خط الساحل بهوامش ميناء طنجة المتوسط بتطبيق نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، مجلة العلوم الإنسانية والطبيعية، المجلد 3، العدد3، ص 413.

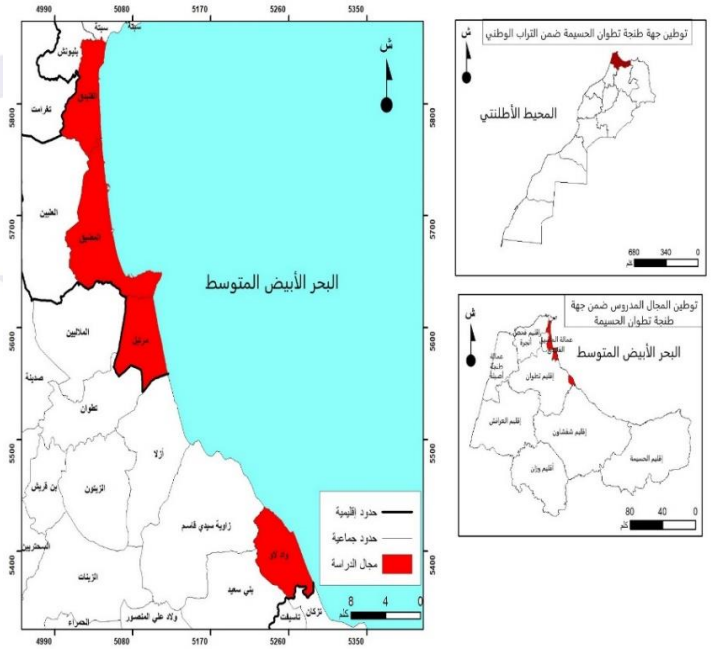
[4] - الحنفي (محمد)، مدود (إبراهيم)، الكاهية (سعيد)، 2023، دراسة تطور خط الساحل بمصب واد سوس (الواجهة الأطلنتية الوسطى-المغرب): مقاربة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، مجلة تراب وبيئة وتنمية، ص81.

[5] - الشيخي (نور الدين)،2005، دراسة جغرافية للمجموعة الحضرية التطوانية، أطروحة لنيل الدكتوراه في الجغرافيا البشرية، الرباط، المغرب، ص 411.

والفنيدق)، تفصلهما جماعتا أزلا وزاوية سيدي قاسم. ويتميز بسيادة السهول مع بعض المرتفعات. ويتسم بمناخ متوسطي رطب شتاء، وجاف صيفا، ومعتدل الحرارة، مع رياح تهب من الشرق في غالب أشهر السنة (الخريطة 1).

اعتمدنا في تحليل الإشكالية على المنهج الاستقرائي، من خلال الانطلاق من الملاحظة للوصول إلى نتائج يمكن تعميمها، والمنهج الاستنباطي بالانتقال من مقدمات عامة للوصول إلى نتائج بعينها. وعززناهما بالمقاربتين الإحصائية والنقدية. ودعمنا هذا التصور المنهجي بخطوات عملية؛ من خلال الاطلاع على المراجع، خصوصا ما يتعلق بالتقارير الرسمية الخاصة بالمؤسسات السياسية المدروسة، والتدريب الميداني بقسم المساحات الخضراء بالجماعة الترابية مرتيل، واستثمار معطيات العمل الميداني الذي أنجزناه خلال الفترة الممتدة من نوبر 2022 إلى مارس 2023، والمتمثلة في الاستمارات، من خلال استجواب الساكنة التي يفوق عمرها 18 سنة، بحيث حددنا عدد وحدات العينة في 345 وحدة، واستمارات خاصة بالمستشارين الجماعيين، إذ استجوبنا 72 مستشارا من أصل 111. كما نظمنا مقابلات مع ممثلي الأحزاب السياسية بلغ عددها 41 مقابلة، كما قمنا باستغلال صور الأقمار الصناعية. واستثمرنا كل ما سبق من أجل إنجاز دعامات لتحليل الظاهرة المدروسة من خلال المقارنة والتفسير والاستنتاج.

الخريطة رقم 1: توطين مجال الدراسة



المصدر: إنجاز شخصي اعتمادا على اللجنة الاستشارية الجهوية، 2015، مشروع التقطيع الجهوي، أطلس التقطيع الجهوي المقترح.

3- نتائج الدراسة

3-1- تنامي ملحوظ للإكراهات البيئية بمجال الدراسة

تعرف الأوساط الحضرية المدروسة (الفنيدق، والمضيق، ومرتيل، وواد لو) تنامي مجموعة من الإكراهات البيئية (لوحة صور رقم 1)، بسبب تداخل عوامل طبيعية وأخرى بشرية، وسنحاول التركيز على أهمها:

- **تزايد حدة التسحل**، من خلال تراجع خط الساحل وتناقص موارده، فبجماعة واد لو مثلا، تراجع بمعدل 170 متراً في الفترة الممتدة من سنة 1937إلى 1994، وبمتوسط سنوي بلغ حوالي 3 أمتار في السنة، ومن المتوقع بحلول

سنة 2048 أن يتراجع عرض الشواطئ حتى الاختفاء في بعض الحالات بسبب الانجراف والتعرية، مما سيؤدي إلى خسائر على مستوى التنمية الاقتصادية خصوصا في شقها السياحي؛

- **ارتفاع إنتاج النفايات**، بحيث تُنْتِجُ الأوساط المدروسة كميات كبيرة من النفايات الصلبة، تبلغ ذروتها خلال فصل الصيف، فجماعة مرتيل بمفردها تُنْتِجُ حوالي 27000 طن سنويا بنصيب 0,41 طن لكل فرد. أما قطاع النفايات السائلة، فلازال يتخبط في العديد من المشاكل، رغم المشاريع الكبرى للتطهير السائل المنجزة من طرف شركة أمانديس، مما يطرح العديد من المشاكل أهمها تلوث الموارد المائية؛
- **تدهور الموارد المائية**، من خلال تراجع حجمها (السطحية والجوفية)، بالإضافة إلى تلوثها وتدني جودتها، خصوصا على مستوى واد مرتيل وذراعه الميت، إذ يُستخدم كوعاء للنفايات والمياه الصناعية، مما يؤدي أيضا إلى تفاقم مشكلة تلوث المياه الجوفية في المنطقة. وهذا ما أكدت إحدى الدراسات 2011، حيث كشفت عن التلوث الكبير للمياه الجوفية بواسطة مواد ميكروبية، وأبانت التحليلات أيضا أن ما بين% 92 و 96% منها تتميز بالارتفاع الكبير للبكتيريا خصوصا بحي الديزا. نفس الوضعية تعيشها أودية أخرى، كواد المالح وواد سمير وواد النيكرو وواد كونديسة...، باستثناء واد لو والذي يعد محظوظا نسبيا، حيث بينت التحاليل المنجزة بأن مياهه ذات نوعية جيدة وصالحة للري، مع تملح متوسط وبمخاطر منخفضة، لكن كلما اقتربنا من الشريط الساحلي يزداد التملح نسبيا؛
- **تردد خطر الفيضانات**، خصوصا بالجزء الشمالي من المجال المدروس، إذ شهد حدوث العديد من الفيضانات بعضها كان مدمرا، بحيث خلف خسائر فادحة على مستوى البنية التحتية والمنشآت الاقتصادية. وبينت نتائج تحليل صور القمرين الاصطناعيين Ssentinel (10م) و Modis(500م) خلال الفترة الممتدة من 01-03-2021 إلى 14-03-2021.، أن المجال المدروس عرف فيضان بعض الأودية، وغمر أراضي واسعة بسبب قوة التساقطات، وخَلَّفَ تضرر 3250 هكتاراً من الأحياء الحضرية، و41403 نسمة، خصوصا جنوب واد لو، وجنوب مرتيل، ووسط المضيق، في المقابل لم تتعرض الأراضي الزراعية لأي ضرر؛
- **تدهور التربة**، من خلال بروز مشاهد من قبيل اختلاط البنايات مع المزروعات، وظهور أحياء تجمع بين مشاهد من المجال الريفي، حيث ممارسة أنشطة الزراعة وتربية الماشية، وأخرى لحياة حضرية يغزوها السكن العصري، والمجمعات السياحية، والمراكز التجارية...، الشيء الذي يؤدي إلى تراجع نفاذية التربة، وبالتالي ارتفاع خطر الفيضانات، هذا دون أن ننسى مشكل الانجراف وتزايد حدة التعرية؛
- **تدهور المواقع ذات الأهمية البيولوجية والبيئية**، كالمواقع الرطبة، فهور اسمير ونتيجة للتدخلات غير المسؤولة، تحول إلى نقطة سوداء خصوصا بعد تراجع مساحته بحوالي 50%، إضافة إلى زيادة ملوحة منسوب المياه الجوفية. نفس الوضعية تهدد مصب واد لو، بعدما كان يحتضن 90 نوعا من الطيور، مع انخفاض التكوينات النباتية مقارنة بعالية ووسط الواد التي تقدر ب 88 نوعاً. كما يعرف الغطاء الغابي تراجعا، بفعل الاجتثاث والحرائق، وفي هذا الإطار شهد المجال المدروس خمسة حرائق متفاوتة الخطورة ما بين 27 يوليوز إلى 7 شتنبر من سنة 2022، كان أعنفها حريق 15 غشت 2022، إذ تجاوزت المساحة الغابية المفقودة أزيد من 125 هكتاراً حسب المديرية الجهوية للوكالة الوطنية للمياه والغابات بتطوان؛
- **ندرة المساحات الخضراء المهيأة**، إذ تتوفر الأوساط المدروسة على 552936 مترا مربعا، وتأتي مرتيل أولا ب 44% حيث تحتضن 240830 متراً مربعاً، في حيت تأتي واد لو متأخرة ب 15800 متر مربع فقط أي ما يمثل

3% من المجموع. لكن، تبقى هذه الأرقام ضعيفة، علما أن نصيب الفرد منها لا يتجاوز مترين مربعين، وهو أقل من الرقم الذي اشترطته الأمم المتحدة والمحدد في 15 متراً مربعاً لكل فرد.

عموما، يتضح أن المجال المدروس يتسم بإكراهات بيئية متنوعة، تختلف حدتها من وسط حضري لآخر. لكن، يبقى السؤال المطروح: ما مدى حضورها في تصورات الفاعل السياسي المحلي؟ وكيف يسعى لتدبير هذا الواقع؟

لوحة صور رقم 1: جوانب لبعض الإكراهات البيئية بالمجال المعني بالدراسة

1

عدسة الطالب رشيد أزكاغ، بتاريخ 8 دجنبر 2022.

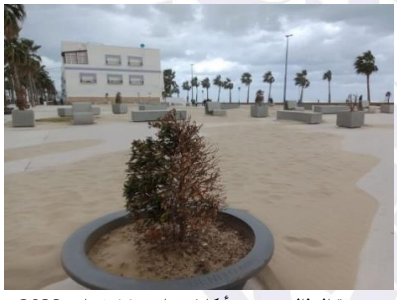
2

عدسة الطالب رشيد أزكاغ، بتاريخ 15 دجنبر 2022.

3

عدسة الطالب رشيد أزكاغ، بتاريخ 22 مارس 2023.

4



عدسة الطالب رشيد أزكاغ، بتاريخ 11 فبراير 2023.

5

عدسة الطالب رشيد أزكاغ، بتاريخ 8 مارس 2023.

6

عدسة الطالب رشيد أزكاغ، بتاريخ 4 أبريل 2023.

تمثل الصور جوانب من الإكراهات البيئية التي يعرفها مجال الدراسة، من الترامي على الثروة الغابية كما تبين الصورة 1 الملتقطة من غابة كدية الطيفور، وتراجع خط الساحل كما توضح الصورة 2 بالفنيدق، ومشكل النفايات الصلبة كما تمثل الصورة 3 بمدخل واد لو. إلى جانب زحف رمال الشاطئ خصوصا بمرتيل (الصورة 4)، وانجراف التربة كما في الصورة 5 بجماعة واد لو. كما تعرف بعض المواقع الرطبة خصوصا هور اسمير (الصورة 6) تدهورا بيئيا خطيرا بسبب المنشآت السياحية التي شيدت على أطرافه.

3-2-تصورات بيئية محدودة للفاعل السياسي تنعكس سلبا على التدبير

أقر جميع ممثلي الأحزاب السياسية الذين التقينا بهم خلال العمل الميداني، بوجود مشاكل بيئية بجماعاتهم، وعلى رأسها تفاقم إكراه النفايات حسب رأي 60% منهم، ثم تدهور الموارد المائية وتلوث المياه البحرية. وهو ما أكد عليه 52% من أعضاء المجالس الجماعية، وفي ذلك تعبير على إجماع جزء مهم من الفاعلين المحليين على خطورة هذا المشكل. لكن هذا الاعتراف، لم نلمسه على مستوى برامجهم السياسية.

نظراً لأهمية البرنامج الانتخابي كآلية للممارسة الديموقراطية، قمنا بقراءة نقدية، لمجموعة من برامج الأحزاب السياسية مركزيا ومحليا، مُرَكزين على الأحزاب الكبرى التي لها تجربة على مستوى التسيير والمعارضة، واختيار بعض الأحزاب الصغرى، مع استنباط حضور القضايا البيئية ضمن أولوياتها. فمركزيا، وجدنا أن أغلب البرامج الحزبية نادرا ما تستند عند صياغة وعودها البيئية على التوجهات الاستراتيجية الكبرى للبلاد، من قبيل الاستراتيجية الوطنية للتنمية المستديمة 2016-2030، والقانون الإطار 99.12، والاستراتيجية الوطنية للنجاعة الطاقية 2009، والمخطط الوطني للماء 2030، وتركيزها على قضايا بيئية محدودة أهمها: الطاقة المتجددة، التهيئة وإعداد التراب، وندرة الموارد المائية، والنفايات الصلبة. كما أن الوعود البيئية التي سطرتها كانت فضفاضة، ولم تقترح أرقام معينة تلتزم بتحقيقها عند الوصول إلى السلطة. أما محليا، أجمع سكان الجماعات المدروسة على التراجع الكبير، الذي تسجله الأحزاب السياسية على مستوى توظيف البعد البيئي في برامجها وأنشطتها. فحسب معطيات البحث الميداني اعتبر 64.81% منهم أن الجانب البيئي غائب تماما في البرامج الانتخابية، و23.15% رأوا أن توظيف ذلك يتم بشكل ضعيف لا يرقى لمستوى تطلعاتهم، كما أكد 12.04%فقط أن الأحزاب السياسية تُقحم القضايا البيئية في برامجها بشكل مشرف. ويختلف هذ التوجه مع رأي المستشارين الجماعيين، إذ صرحوا لنا أن البرامج الانتخابية الخاصة بالأحزاب التي ينتمون إليها، تبقى مقبولة على مستوى الحضور البيئي، حيث يرى 41.67% منهم بأنه مشرف، و 33.33% لا بأس به. لكن دراسة تلك البرامج بنوع من الحياد والمصداقية، أبانت بأن الفاعل السياسي لا زال يركز في برامجه على القضايا التقليدية ذات الطابع الاجتماعي فقط، كتدبير النفايات، والاهتمام بالأحياء الناقصة التجهيز، ومعالجة مشكل تلوث المجاري المائية.

لا يقتصر دور الأحزاب في وضع البرامج بشكل موسمي عند اقتراب كل انتخابات، وإنما في مواكبة مصالح المواطنين وانشغالاتهم والتواصل معهم. وفي هذا الإطار، كنا قد استفسرنا زعماء الأحزاب السياسية بالجماعات المدروسة خلال العمل الميداني، عن مدى انخراطهم الفعلي في تنظيم أنشطة ذات بعد بيئي، لكن 66,67% منهم صرحوا بعدم انخراطهم في أي نشاط من هذا النوع، والباقي أي 33.33% أكدوا تنظيم أنشطة ذات صلة بالموضوع عن طريق ندوات علمية وأيام دراسية، دون إشراك الساكنة بشكل فعلي، الأمر الذي أكده 55% منهم، مما سينعكس على جودة تدبير القطاع البيئي من طرف المجالس الجماعية، لكونها امتدادا للنخبة السياسية المحلية.

يخضع التدبير الجماعي بالمغرب لمجموعة من القوانين أهمها القانون التنظيمي رقم 113.14، الذي خول اختصاصات بيئية واسعة للجماعة الترابية، حيث أكدت المواد 83 و85 و90 على: توزيع الماء، وتدبير قطاع التطهير الصلب والسائل، وحفظ الصحة العمومية، وإقامة وإنشاء المنتزهات، والحفاظ على المواقع الطبيعية، وإحداث وإنشاء التجهيزات المائية الصغيرة والمتوسطة، وهذا ما لم نلمسه في تدخلات المجالس المحلية المدروسة، وجعل أغلب السكان غير راضين على أداءها البيئي.

عَبَّرَ أغلب السكان عن عدم رضاهم بالتدبير الجماعي لقطاع البيئة، وفي هذا الإطار قَيَّمَ 97% من سكان المجال المدروس أداء المجالس السابقة (2015-2021) من منعدم إلى متوسط، فيما عَبَّر أقل من 3% على أن الأداء كان جيدا.

ويمكن تعميم هذه الآراء على المجالس الجماعية الحالية (2021-2027)، حيث لم يلمس 85.13% منهم أي تدخل من طرفها، لكن في المقابل يرى 14.87% فقط أن هناك تدخلات في المجال البيئي، مست مجموعة من القطاعات أبرزها النظافة وتدبير مشكل النفايات، وخلق المساحات الخضراء ومواكبتها، رغم طابعها الموسمي[1](لوحة الأشكال رقم 1).

يتجلى دور المجالس الجماعية في السهر على تدبير قضايا المواطن، لكن بالمجال المدروس، سجلنا شبه غياب للقضايا البيئية، فبرامج عمل الجماعات، ركزت على تدخلات بيئية محدودة، من خلال معالجة النفايات الصلبة والسائلة، والرفع من المساحات الخضراء (تحسين المشهد العام للمدينة)، فمثلا بجماعة الفنيدق، جاء برنامج عملها لفترة 2022-2017 بأربعة محاور رئيسة، من أجل تنزيل 40 مشروعاً بتكلفة مالية تتجاوز 122 مليون درهم، وكان الحضور البيئي في المحور الثاني من خلال برمجة 14 مشروعا. وهذا ما سجلناه أيضا على مستوى برامج العمل لكل من مرتيل والمضيق وواد لو لنفس الفترة، وبرامج عمل الجماعات الأربع لفترة 2022-2027. أما على مستوى محاضر الجلسات (المضيق نموذجا) لم تتجاوز النقط البيئية، 11 نقطة فقط من أصل 358 خلال الفترة الممتدة من سنة 2016 إلى سنة 2022، أغلبها ناقشت مواضيع مرتبطة بالنفايات، كقطاع ذو أولوية حسب رأي المستشارين.

4- المناقشة

4-1-هشاشة المجال، وتزايد الاستغلال البشري، عاملان يفسران تنامي الإكراهات البيئية

تتأثر سواحل المجال المدروس بالعديد من الظواهر الطبيعية، حيث تساهم في تزايد حدة الإكراهات البيئية، أهمها؛ هيمنة التيارات المائية البحرية، الناتجة عن قوى الدفع الآتية من الاتجاه الشرقي، وارتفاع مستوى سطح البحر- حيث يبلغ معدل ارتفاعه ب 2.5 ملم في السنة اعتمادا على محطة قياس المد والجزر بسبتة[2]-والتفاعلات الناتجة عند التقاء مجاري الأودية بالبحر، مما يؤدي إلى تراجع خط الساحل، وارتفاع كمية التبخر إذ فاقت 500 ملم، بسبب ارتفاع حدة التطرف المناخي، والمتمثل في تزايد درجة الحرارة رغم اختلاف توزيعها، بحيث بلغ متوسطها اليومي خلال سنة 2022 ما بين 21 درجة و30 درجة[3]، وما لذلك من تأثير مباشر على تراجع كمية الموارد المائية السطحية، وعدم انتظام النظام الهيدرولوجي بسبب تعاقب فترات جافة وأخرى مطيرة (تساقطات عنيفة ومركزة في الزمن والمكان)، وفي عدم الاستقرار الجيولوجي والتضاريسي خصوصا في عالية الأحواض التي ينتمي لها المجال المدروس، ما يساهم في تزايد حدة التعرية المائية وانجراف التربة.

ويعد تزايد الاستغلال البشري وتعدد أشكال التعمير، أحد أهم أسباب ارتفاع حدة الضغوط على المدينة، فارتفاع الكثافة السكانية يرتبط "ارتباطا وثيقا بفكرة الخطر الطبيعي، أي احتمال وقوع ضرر ما في مكان مهدد يحتشد فيه الناس، ومعنى هذا أن المخاطر الطبيعية، من فيضانات، وزلازل، وانفجارات بركانية، وعواصف، وانزلاقات للتربة، تزداد شدة مع الكثافة. فالمدن كثيرا ما تستقر في مواضع مهددة، مثل ضفاف الأنهار والشواطئ".[4]

---

[1] - استغلال نتائج العمل الميداني من أكتوبر (2022) إلى مارس (2023).

[2] - NIAZI (SAIDA) , 2007, Evaluation des impacts des changements climatiques et de l'élévation du niveau de la mer sur le littoral de Tétouan (Méditerranée occidentale du Maroc): Vulnérabilité et adaptation, thèse de doctorat d'état, faculté des sciences Rabat, Maroc, p 62.

[3]- استغلال لصور القمر الصناعي Modis-061-Mod11A2 250mلسنة 2022.

[4] - بلفقيه (محمد)، 2022، مرجع مذكور، ص 121.

عرف المجال المدروس تزايدا سريعا على مستوى معدل الكثافة السكانية، إذ انتقلت من 701 نسمة/كلم مربع سنة 1994، إلى734ن/كلم مربع سنة 2004، ثم 1116 ن/كلم مربع سنة2014، وسجلت الفنيدق أعلى معدل ب 2497 ن/كلم مربع سنة2014. في حين لم تتجاوز واد لو 150 نسمة /كلم مربع. هذا التزايد وما رافقه من تعمير سريع، أدى إلى تفاقم مشاكل، كالتلوث من خلال انتشار النفايات، والتأثير على جودة المياه نظرا لارتفاع كمية الملوثات السائلة بأكثر من9247 طنا/السنة[1]. كما أفرز التوسع العمراني المتسارع العديد من الإكراهات أبرزها تلوث المياه البحرية. لكن، هذا الوضع عرف تغيرا ملحوظا، حيث قامت شركة أمانديس، بإنشاء محطات لمعالجة المياه المستعملة، فرغم محدوديتها وتراجع كفاءة بعض تجهيزاتها، فإنها ساهمت في التخفيف من الطلب على الماء الصالح للشرب لسقي المساحات الخضراء، وتعويضه بالمياه المعالجة، بالإضافة إلى تراجع حجم النفايات السائلة ببعض الأودية، وبالتالي ارتقاء شواطئ المجال المدروس إلى قائمة الأفضل من حيث جودة المياه، مقارنة بالسابق. ورغم ذلك، لازالت النفايات الصلبة بمختلف أنواعها، تهدد سلامة البيئة البحرية، وفي هذا الإطار سجل شاطئ الرأس الأسود، أعلى معدل للنفايات البحرية بالواجهة المتوسطية، وذلك ب 3705عناصر/100م، علما أن المتوسط بلغ 551عنصرا/100م[2]. كما برزت قلاقل أخرى من قبيل الترامي على الغطاء النباتي والرفع من حدة التعرية، وارتفاع خطر الفيضانات، وغيرها من الإكراهات البيئية التي لا ترتبط بهشاشة المجال الطبيعي وتزايد الاستغلال البشري فقط، بل بتدني جودة التدبير من قبل الفاعل السياسي المحلي أيضا.

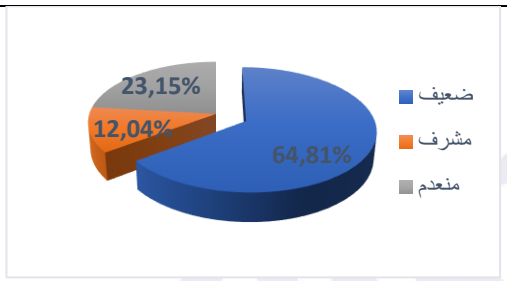
4-2-وعي محدود بالقضايا البيئية من طرف الفاعل السياسي من عوامل تدني جودة التدبير البيئي

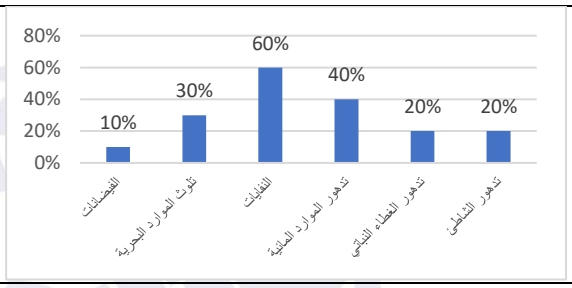
بينت نتائج المقابلات الميدانية، أن 37.50% من ممثلي الأحزاب لم يستطيعوا تقديم تعريف للإكراهات البيئية، وهي نسبة مرتفعة، خصوصا إذا علمنا أن المستوى الدراسي لأغلبهم جامعي بنسبة 71.43%، وهو ما يُفترض أن يؤهلهم للإلمام أكثر بمثل هذه المواضيع. كما بينت نتائج العمل الميداني، أن % 54 من المستشارين الجماعيين بالجماعات الحضرية المدروسة، غير قادرين على تحديد تعريف للإكراهات البيئية، رغم مستواهم التعليمي العالي، إذ أن 63.33% منهم لهم مستوى دراسي جامعي، وهذا ما يفسر ضعف تعامل المجالس الجماعية مع القضايا البيئية، إلى جانب عقبات أخرى من قبيل غياب الموارد المالية حسب رأي 65% من المستشارين الجماعيين. خصوصا وأن 81% منهم أكدوا أن الرصيد المالي المخصص في هذا الإطار غير كاف، واقترحوا بعض الإجراءات لتجاوز هذا المشكل، فحوالي نصفهم رأوا أن المجالس الجماعية مُلْزَمَة بالرفع من ميزانية البيئة، بغض النظر عن مجموع الميزانية العامة، في حين اقترح آخرون، أن رفع مستوى الدعم الحكومي المخصص للجماعات، وإلزامية البحث عن شراكات من طرف الجماعة، والتخلص من الديون، من أهم حلول ذلك (لوحة الأشكال رقم 1).

لوحة الأشكال رقم 1: الحضور البيئي لدى الفاعل السياسي المحلي	
الشكل رقم 1: أهم الإكراهات البيئية حسب رأي ممثلي الأحزاب (%)	الشكل رقم 2: حضور البعد البيئي في برامج الأحزاب حسب رأي الساكنة(%)

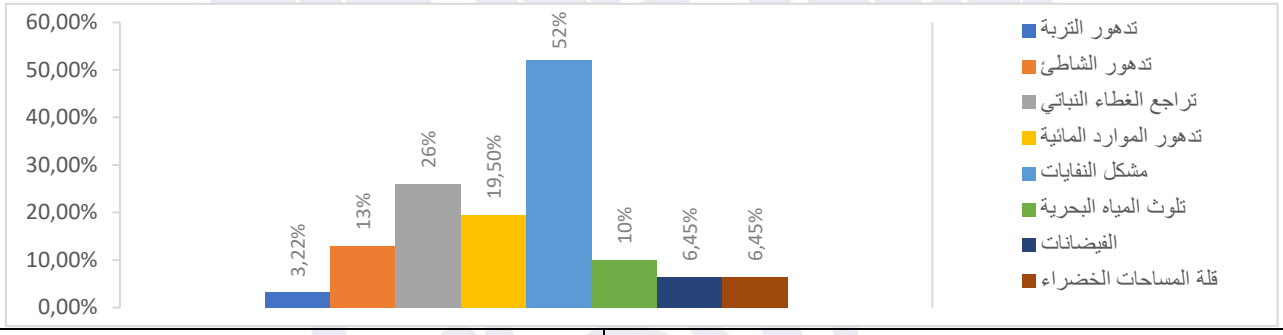
[1] - بوعياد(الوازنة)، 2022، تدبير الموارد المائية بحوضي اسمير والنيكرو، أطروحة لنيل شهادة الدكتوراه في الجغرافيا، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، مرتيل، المغرب، ص 266، عن وكالة الحوض المائي اللكوس.

[2] - المملكة المغربية، وزارة الانتقال الطاقي والتنمية المستدامة، قطاع التنمية المستدامة، رصد جودة مياه الاستحمام ورمال شواطئ المملكة، طبعة 2023. ص13.

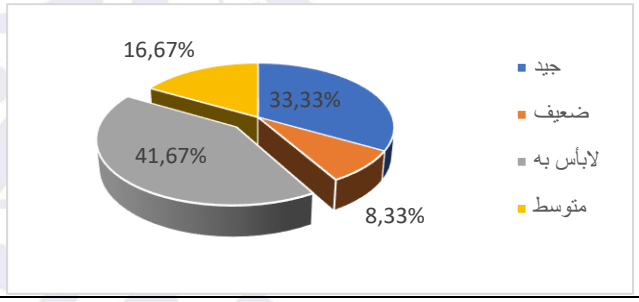




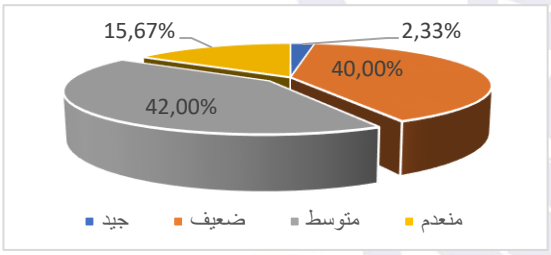
الشكل رقم3: أهم الإكراهات البيئية حسب رأي المستشارين (%)



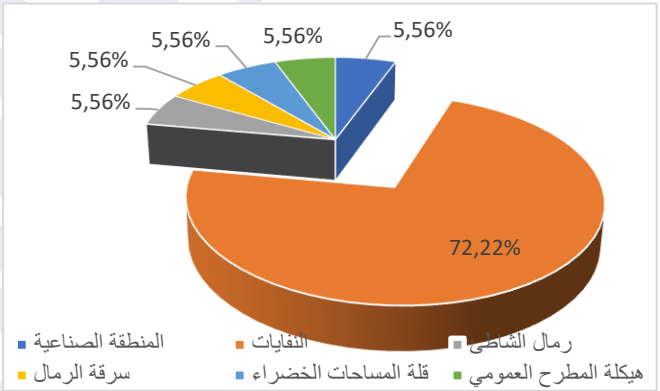
الشكل 4: آراء المستشارين حول حضور البعد البيئي في برامج أحزابهم (%)



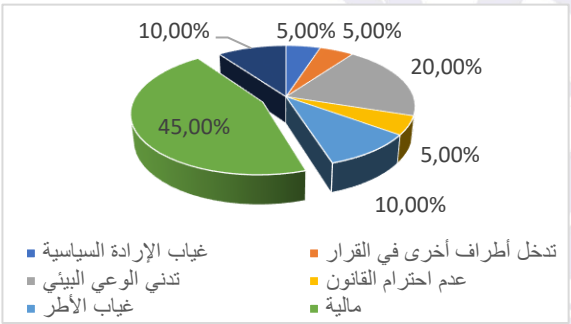
الشكل5: تقييم أداء المجالس الجماعية السابقة (2015-2021) حسب آراء الساكنة (%)



الشكل رقم6القضايا البيئية ذات الأولوية حسب رأي المستشارين (%)



الشكل 7: عوامل فشل تنزيل المحور البيئي من طرف الجماعة حسب رأي المستشارين (%)



المصدر: استغلال نتائج العمل الميداني من أكتوبر (2022) إلى مارس (2023).

خلاصة

إن الهدف من وجود المؤسسات السياسية هو تأطير المواطنين، والدفاع عن مصالحهم، وتدبير قضاياهم الاقتصادية والاجتماعية والبيئية حسب دستور 2011، في حال الوصول إلى السلطة. لكن، الفاعل السياسي المحلي بالأوساط الحضرية المدروسة، لم يقتنع لحد الآن بهذه المسؤولية، حيث استنتجنا من خلال هذا المقال، أن هناك اهتمام ضعيف من قبل الأحزاب السياسية بقضايا البيئة في برامجها وأنشطتها، مع وجود تدبير جماعي لا يعطي الأولوية لإيجاد حلول للإكراهات البيئية، وعدم رضا الساكنة بذلك، الشيء الذي يجعل الوضع البيئي في تدهور مستمر.

لائحة المراجع

-أردة (إلياس)، 2020، التدبير الجماعي ومسألة التنمية بالجماعات الترابية التابعة لنفوذ عمالة المضيق-الفنيدق، أطروحة لنيل شهادة الدكتوراه في الجغرافيا، كلية الآداب العلوم الإنسانية، مرتيل، المغرب،605ص.
- أزكاغ (رشيد)، 2023، البعد البيئي لدى الأحزاب السياسية بالأوساط الحضرية شمال شرق شبه الجزيرة الطنجية، بحث لنيل شهادة الماستر في الجغرافيا، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، مرتيل، المغرب، 182ص.
-بلفقيه (محمد)،2022، المدينة المسار والمصير، دار نشر المعرفة، الرباط، المغرب،1286ص.
- بو عياد(الوازنة)، 2022، تدبير الموارد المائية بحوضي اسمير والنيكرو، أطروحة لنيل شهادة الدكتوراه في الجغرافيا، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، مرتيل، المغرب، 474ص.
-الحنفي (محمد)، مدود (إبراهيم)، الكاهية (سعيد)، 2023، دراسة تطور خط الساحل بمصب واد سوس (الواجهة الأطلنتية الوسطى-المغرب): مقاربة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية،مجلة تراب وبيئة وتنمية،80ص -89ص.
-الرهوني(سمية)،2021، جماعتا واد لاو وبني سعيد: الخيارات التنموية ومشاريع التأهيل الترابي وإشكالية بناء الحكامة المجالية، أطروحة لنيل شهادة الدكتوراه في الجغرافيا، كلية الآداب العلوم الإنسانية، مرتيل، المغرب، 636 ص.
-السعيدي (جميلة)، اعبيدو(جواد)، لبدوي (عبد الحق)، 2023، المشاريع السياحية وأثرها على البيئة الساحلية: نموذج شاطئ المصيق الفنيدق، مختبر دينامية المجالات والمجتمعات، منشوراتكلية الاداب والعلوم الإنسانية بالمحمدية، 327ص-328ص.
-الشيخي (نور الدين)،2005، دراسة جغرافية للمجموعة الحضرية التطوانية، أطروحة لنيل الدكتوراه في الجغرافيا البشرية، الرباط، 720 ص.
-مفتاح (عادل)، اجليين (حنان)، 2021، التأثيرات البيئية للقطاع الصناعي بضواحي المدن المغربية: حالة ضواحي تطوان،التأثيرالبيئيى للتصنيع وتحديات التهيئة المجالية بالمغرب، كتاب جماعي محكم، المركز الديموقراطي العربي، برلين، ألمانيا، 108ص-134ص.
-مقطيط (عبد الرحيم)، 2022، دراسة دينامية خط الساحل بهوامش ميناء طنجة المتوسط بتطبيق نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، مجلة العلوم الإنسانية والطبيعية، المجلد 3، العدد3، 412ص -418ص.
- المملكة المغربية، وزارة الانتقال الطاقي والتنمية المستدامة، قطاع التنمية المستدامة، رصد جودة مياه الاستحمام ورمال شواطئ المملكة، طبعة 2023، 20ص.

-ATER (Mohammed) et autres, 2008, Structure et diversité de l’avifaune des ripisylves du bassin versant de l’Oued Laou, Du bassin versant vers la mer: Analyse multidisciplinaire pour une gestion durable, Travaux de l’Institut Scientifique, Rabat, série générale, n°5,p p27-35.

-BENAGIBA (Mohamed Hassen) et autres, 2013, évaluation de la qualité microbienne des eaux de la nappe phréatique de martil au Maroc, Revue des sciences de l’eau / Journal of Water Science, vol. 26, n° 3, pp223-233.

-EL M’RINI(Abdelmounim) et autres, 2015, Contribution à la gestion durable du tourisme côtier au Maroc à travers l’évaluation du coût de dégradation des services écosystémiques du littoral Cas du littoral de Tétouan, 32p.

-NIAZI (saida), 2007, Evaluation des impacts des changements climatiques et de l'élévation du niveau de la mer sur le littoral de Tétouan (méditerranée occidentale du Maroc): Vulnérabilité et Adaptation, thèse de doctorat d'état, fac sciences Rabat, , 295p.

-SALHI(Adil), 2018, Approche hydrogéologique de la Zone d'Oued Laou du projet wadi « Water Demand Intégration » de l'Union Européenne », 40p.

Recent Advances in Arabic Text Classification: A Survey on the Use of Convolutional Neural Networks (CNNs)

Amal O.Saad

أ.أمال سعد

Programming Department / College of Computer Technology Tripoli (Tripoli – Libya)

Libyan Academy, Information Technology Division, Tripoli, Libya

SOUAD LARABI-MARIE-SAINTE College of Computer and Information Sciences, Prince Sultan University, Riyadh, Saudi Arabia- **second author**

Khaled Abdo-alghder, Higher Institute of Science and Technology - Libya - **third Author**

Abstract

Text classification automates the categorization of documents based on their textual content, often involving the exploration of large datasets. While English text classification techniques have demonstrated efficiency and validity with high accuracy, applying the same methods to Arabic text presented challenges due to the language's complexity, including morphology, prefix, suffix, “el-hamzash”, “el-modod”, and other linguistic nuances. Convolutional neural networks have been investigated in recent publications as a potential solution to these problems in Arabic text classification. While some studies integrated machine learning methods like Support Vector Machines, others included optimization strategies like Genetic Algorithms. Accuracy was improved by the Ensemble technique, which included several models; the Convolutional Neural Networks achieved an impressive accuracy of 99.9%. This study, however, examines the topic of whether this precision is achievable. Additionally, the paper delves into specific challenges unique to Arabic language processing and examines advancements in Convolutional Neural Network models designed for Arabic text categorization from 2018 to 2023. It explores the impact of pre-trained techniques, transfer learning, and ensemble approaches on performance enhancement. The study concludes by proposing potential research directions in classification for Arabic text using Convolutional Neural Networks.

Keywords: Arabic Natural Language Processing, Arabic Text Classification, Convolutional Neural Network.

الملخص: يتم تصنيف النص Text classification ألياً بناءً على محتواه وغالباً ما يحتاج هذا إلى مجموعة بيانات كبيرة الحجم large datasets، ففي حين أثبتت تقنيات تصنيف النصوص الإنجليزية كفاءتها وصلاحيتها بدقة عالية، فإن تطبيق نفس الأساليب على النص العربي يمثل تحدياً بسبب قلة الموارد العربية بجانب تعقيد اللغة، بما في ذلك الصرف morphology والبادئة (السوابق) prefix واللاحقة (اللاحقات) suffix و"الهمزات" والمدود "el-modod"، والفروق اللغوية الأخرى. لقد تمت دراسة الشبكات العصبية التلافيفية Convolutional Neural Networks في المنشورات الحديثة كحل محتمل لهذه المشكلات في تصنيف النص العربي. في حين قامت بعض الدراسات بدمج أساليب التعلم الآلي مثل آلات المتجهات الداعمة Support Vector Machines، فقد شملت دراسات أخرى استراتيجيات التحسين مثل الخوارزميات الجينيةGenetic Algorithms. تم تحسين الدقة من خلال تقنية المجموعة Ensemble technique، والتي تضمنت عدة نماذج؛ حققت الشبكات العصبية التلافيفية دقة مذهلة بلغت 99.9%. ومع ذلك، تبحث هذه الدراسة في موضوع ما إذا كانت هذه الدقة قابلة للتّحقّق فعليًّا. بالإضافة إلى ذلك، تتطرق الورقة إلى تحديات محددة فريدة من نوعها لمعالجة اللغة العربية وتفحص التطورات في نماذج الشبكة العصبية التلافيفية المصممة لتصنيف النص العربي من عام 2018 إلى عام 2023. وتستكشف تأثير استخدام تقنيات النماذج المدربة مسبقًا Per-trained، نقل التعلم transfer learning، وأساليب التجميع ensemble approaches على تحسين الأداء. وتختتم الدراسة باقتراح اتجاهات بحثية محتملة في تصنيف النص العربي باستخدام الشبكات العصبية التلافيفية.

1. Introduction

Text classification is known as the set of steps to organizing documents into categories or classes according to the content of documents. These steps are becoming increasingly significant due to the abundance of textual material available online. Improving classification accuracy is the primary challenge in text classification. This problem has been solved in English by several suggested and realized algorithms. However, limited successful research has been done on Arabic text classification and categorization, that's due to the difficulties in text preprocessing. Technically, text classification is divided into two parts (Biniz et al., 2018; Boukil et al., 2018). The first part involves applying feature selection, feature reduction, and feature weighting algorithms to select several unique features from among all the features present in the text. The selected features are subjected to classification algorithms in the next step. Despite the significance of the Arabic language, there is still a gap in Arabic natural language processing (ANLP) due to its difficulty, complexity, and many dialects, strong derivative character, and ambiguity brought on by diacritical marks increase this complexity (Badaro et al., 2009). ANLP (Mohamed et al., 2020) is becoming an important technique in many fields, including classification, translation, named entity recognition, handwritten recognition, extract information, summarization, etc. The initial study employing the convolutional neural network (CNN) for Arabic text classification (ATC) was different compared to English

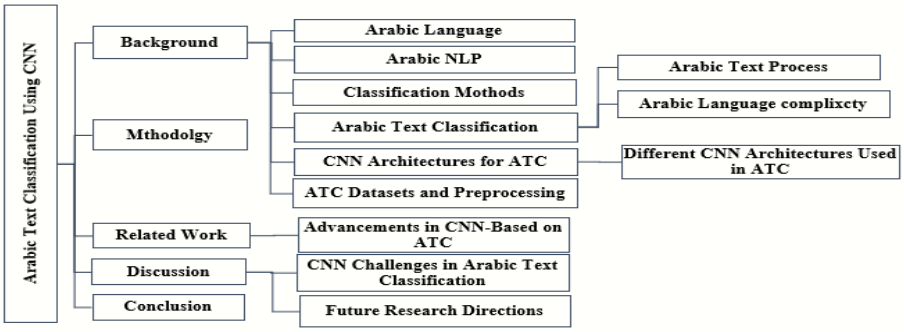
because of the particular context of the Arabic language. Research conducted by Wahdan and Hamed (2015) represented a pioneering effort in the utilization of Convolutional Neural Networks (CNN) for the purpose of Arabic text categorization. Two distinct methods that were used for text classification were CNN and Support Vector Machines (SVM). SVM is useful for categorizing the data, whereas CNN appears to be good at extracting features from the input. Moreover, the normalization applied to Arabic text may change the meaning, several deep learning (DL) algorithms have been developed to build specific models for ATC, including CNNs and Recurrent Neural Networks (RNNs) by applying machine learning (ML) techniques, and domain expertise, and utilizing a combination of linguistic analysis, it can be improving the accuracy of ATC and addressing these limitations. The main motivation of this paper is to provide a comprehensive survey to classify Arabic text using CNNs. To the best of my knowledge there have not been any surveys conducted regarding the CNN investigation on Arabic Text Classification within the preceding five years. Furthermore, there are also many recent studies that needed to be studied and organized according to a specific taxonomy, as the last survey study was in the year 2020 by the Iraqi researcher and His colleagues classified Arabic text using machine learning and deep learning. The contribution of this survey paper can bring:

1. A complete literature review of recent studies that use CNNs to categorize Arabic text in the last five years.
2. Analyzing and identifying challenges specific to text classification in Arabic language processing.
3. Highlighting CNN Architectures for ATC and comparing various CNN-based models and techniques to assess their performance.
4. Analyzing the widely used datasets for ATC research from 2011 to 2022.
5. Identifying the unresolved research questions and prospects in the field.

The sections of the paper are organizing as follows: Section 2 background. Section 3 methodology Section 4, related work. Section 5 discussion, limitations, and future research directions are explained. In Section 6, the conclusion is presented. The organization of this paper's sections is shown in Figure 1.

Figure 1

Organization Paper Design



2. Background

Text classification methods are categorized into two types, including manual techniques and machine learning techniques. The manual techniques known as the statistical and queries needed to be set manually to classify the text (define the features rules), but this technique is limited to single documents and small texts (Abdeen et al., 2019). In recent years, the mass of data has increased and traditional classification methods become invalid. Machine learning algorithms replaced the previous methods to overcome this issue, and ML algorithms classified into two types which are supervised and un-supervised. Supervised learning techniques use labeled data. An example of a supervised learning technique such as a Deep Neural Network (DNN). A DNN is a neural network set in several layers including input, hidden, and output layers. In hidden layers can added perform more calculations or optimize algorithm to enhance and perform complex problems. There are many types of DNN available with the different connections between the neurons (Abdeen et al., 2019). On the other hand, un-supervised learning is a type of ML method that utilizes algorithms to learn patterns from data that is not labeled (Kim et al., 2020), unsupervised learning uses unlabeled data. The use of unsupervised learning in NLP has enabled the development of systems that can process language with human-like nuance and complexity. The development of systems that can translate between thousands of languages has been made possible by approaches such as word embeddings, neural machine translation, topic modeling, and language generation.

2.1 Arabic Language and Complexity

Arabic is one of the famous spoken languages, Arabic is the sixth spoken language in the world, and the fourth spoken on the internet. Furthermore, Arabic is expected to be used by more than 372 million people in 2023 (Lingua Language Center; Berlitz, 2023). Arabic has special spellings. Unlike English, French, and all other Western languages. Arabic writing is from right to left, and Arabic letters do not have lowercase or uppercase character. Arabic letters have no vowels. Instead, diacritics are a sited above or below the characters. Modern writers have abandoned these phonetic symbols. in this case, readers will be understanding the missing diacritics based on their knowledge of the language. This feature leads to ambiguity in Arabic texts for both structural and lexical, as different phonetic symbols can lead to different meanings (Sahu et al., 2013). Most letter shapes can change according based on their position in the word, such as the letter **" خ**" can be written in four different format based on its position within the word: at the beginning " sheep, **خ: خروف",** in the middle "special, **ـخـ: الخاص**" and at the end "history, **خ: تاريخ** | peach, **خ: خوخ"** of the word**.** The Arabic language is including a rich morphology, complex syntax, and difficult semantics. Arabic language categorized into types Modern Standard Arabic (MSA) and various regional Arabic dialects, each written differently and using different words.

Additionally, Arabic letters change shape depending on dots position within a word, which makes the analysis and automated processing extremely difficult and complex. The use of dots for characters in Arabic adds a layer of complexity. Due to many letters have similar structures, letters are distinguished by the dots num, and place. That is the letters (b-ب, n-ن, t-ت, th-ث) all have the same structure but differ in the position and dots num. Arabic also uses certain inflections. Typically, terms can be specified as a combination of prefixes (such as articles, prepositions, and conjunctions), lemmas, and suffixes (such as objects and personal/possessive anaphors).

2.2 Arabic Natural Language Processing

Arabic Natural Language Processing (ANLP) are set of tools and techniques for developing and analyzing Arabic in written and spoken formats. ANLP is important contributions to amount of development applications and, provides Arabic and non-Arabic speakers with useful and practical tools which used in different fields. DL algorithms are increasingly being used in NLP these days due to their high accuracy and ease of implementation. Data must be carefully organized. Generally, several techniques are used to improve the application of NLP including statistical methods, word embeddings, and graph representations. (Luo, 2021). ANLP is part of NLP that analyzes and processes the Arabic

language. Therefore, NLP tools developed for other languages are difficult to use for the Arabic language (Farghaly & Shaalan, 2009).

2.3 Classification Methods

A classification method (Bouchiha et al., 2022) is defined as a technique that set pre-defined classes or labels to input data based on character. This is used to model new hidden instances of ML predefined classes. There are several ML techniques used for text classification, such as Naive Bayes (NBs) (Qu et al., 2018; Biniz et al., 2018). These are support vector machines (SVMs), probabilistic models that use Bayes' theorem, which assumes independence between features. (Bouchiha et al., 2022; Kowsari et al., 2019) is a famous ML algorithm for text classification. SVMs search for best hyper-plane that separates different classes in the feature space. Decision trees (DTs) are hierarchical structures that can be used for ATC by learning decision rules from labeled training data, and random forests are ensemble learning methods that combine multiple DTs to make predictions (Kowsari et al., 2019). Overfitting is reduced and classification accuracy is improved. Other methods for text classification are DL techniques, CNNs are gaining popularity in text classification because they can capture local and global context information through convolutional layers. CNNs looking for relationships and patterns between data elements based on their main positions. CNN has been used for the classification of image data (unstructured data) (Kim, 2014), and sequential data modeling (data changes over time), and RNN is the most popular architecture in NLP (Liu et al., 2016). RNNs process information bidirectionally, learning information from both the previous and next states. CRNN is a model by Elnagar et al. (2020), that combines CNN and the RNN to improve real-time text classification.

The final model is a Transformer-based model. For example, the BERT model (Bidirectional Encoder Representation of Transformers) effectively preserves context information (Harrag et al., 2020).

2.4 Arabic Text Classification (Categorization)

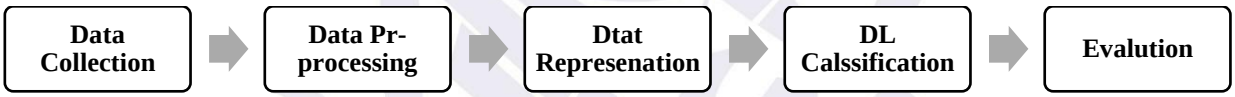
Arabic text classification (ATC) is a main section in an ANLP which used to understand user comments or classify different articles and news predefined. This process involves assigning predefined labels or classes to text documents (El-Alami & El Alaoui, 2018). Creating and sharing information exposes communities to a flow of content, requiring automated text classification algorithms. Automatic classification systems for Arabic documents have gained great importance in the fields of health, education, and information sciences. Building text classification (TC) systems face major challenges, such as the high-

dimensional of the feature space, and the presence of redundant and noisy features that get low accuracy result. Various feature representation methods have been proposed to address these issues. The most common representations are word embeddings, doc2vec, and Bag-of-Words (BoW). An example of this field is the hadith classifier that classifies the speeches of the Al-Rasowal Muhammad "ﷺ" (Belkebir and Guessoum, 2013). The preprocessing and feature selection steps for Arabic web-based document are very important to improve the classification process. Although the preprocessing phase is implemented, it has little effect on the document. The selection of features used in some recent studies was based on the term frequency-inverse document frequency (TF-IDF) algorithm. This algorithm has little impact on the classification process compared to another advance algorithm (Ghareb et al., 2018).

2.4.1 **Arabic Text Classification Process:** The following figure (Figure 2) illustrates the main steps in the text classification process.

Figure 2

ANLP Text Classification Process



Note: Adopted from Deem Alsaleh & Marie-Sainte (2021).

1. **Data Collection:** The text documents collected from different sources.
2. **Data Preprocessing:** There are some steps to prepare the data for processing by the classifier:
    a. ***Cleaning:*** Remove or correct missing data.
    b. ***Normalization*****:** Transform the text in basic form.
    c. ***Tokenization:*** The main process that break down the statement into some word (token). The word boundary sets based on a white space character for most languages (Webster and Kit, 1992).
    d. ***Stemming:*** The prefixes and suffixes from the words are removed, and each word returns to the base-form (stem/ root).
3. **Data Representation:** All words on the document converted to vectors, to use in classifier, each vector will be represented words in the same meaning.
4. **Classification:** The ML or DL classifier can assign class to text based on content of documents.

5. **Evaluation:** the output of classifier or result evaluated by using one or some of the measures that **are** shown in Table 1.

Table 1

Predictive Performance Evaluation methods for text classification

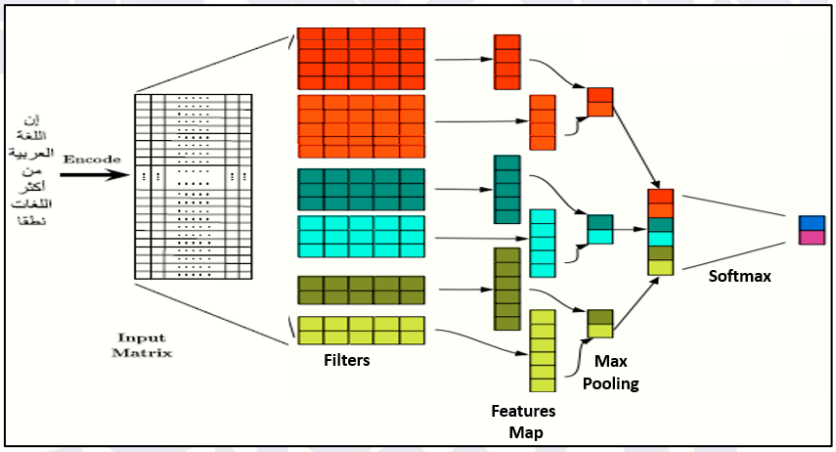
Evaluation Method	Description	Equation
Accuracy	The correct classified rate to the overall datasets.	$accuracy = \frac{a+d}{a+b+c+d}$ *(1)*
Precision	The true positive rate results from overall the total rate of positive results.	$precision = \frac{a}{a+b}$ *(2)*
Recall	the num of correctly classified rates from a class divided by the total num of rates in that class.	$recall = \frac{a}{a+c}$ *(3)*
F1-Score	The test accuracy measuring, F1-Score using the recall result and the precision result. The higher F1-Score means the model is good.	$F_{measure} = \frac{2*precision*recall}{precision+recall}$ *(4)*
Note:	– a is a num of doc correctly assigned to this class. – b is the num of doc incorrectly assigned to this class. – c is the num of doc incorrectly rejected from this class. – d is the num of correctly rejected doc from this class.	

2.5 CNN Architectures for Arabic Text Classification

CNN architecture for text classification (Alhawarat & Aseeri, 2020) involves encoding a text document into a real-valued matrix and applying convolutional, pooling, and fully connected layers for classification.

Figure 3

The Basic architecture of CNN



Note: Adopted from (Alhawarat & Aseeri, 2020)

Figure 3 shows the basic architecture of CNN. The process begins by encoding the document into a matrix representation. Feature maps are generated by applying filters to the matrix that is passed through convolutional layers. Pooling layers are utilized to decrease the number of parameters and regulate overfitting. To speed up training, use a non-linear activation such as a rectified linear unit (ReLU) to loop over the out-put of the pooling layer. The feature map is then transmitted through fully connected layers that have a SoftMax activation layer for classification. The process begins by encoding the document into a matrix representation. Feature maps are generated by applying filters to the matrix that is passed through convolutional layers. Pooling layers are utilized to decrease the number of parameters and regulate overfitting. To speed up training, use a nonlinear activation layer such as a rectified linear unit (ReLU) to loop over the output of the pooling layer. The feature map is then transmitted through fully-connected layers that have a Soft-Max activation layer for classification.

2.5.1 Different CNN Architectures Used in Arabic Text Classification: There are many CNN architectures employed in Arabic text classification, each with its unique approach and performance. The following are some of the CNN architectures employed in ATC:

1. **Narrow CNN:** The purpose of this CNN architecture is to categorize sentiment in Arabic dialects. This structure includes three convolutional layers, where every layer

followed by a max-pooling layer. This model was able to achieve high recall rates by using the SemEval-2017 Arabic dialect Twitter dataset (ALALI et al., 2020).

2. **Multi-Kernel CNN**: Superior Arabic text categorization deep model (SATCDM) has been developed applying CNN, N-gram, and word embedding as a multi-Kernel. The goal of this architecture is to improve representation of the words and employ word embedding techniques for Arabic text.

   This model was able to achieve a classification accuracy of 97.58% to 99.9% after being tested on 15 public datasets (original and stemmed text) (Alhawarat & Aseeri, 2020).

3. **Genetic Algorithm-based CNN:** A hybrid classification model for ATC created by optimizing a CNN parameter with the help of Genetic Algorithms. When tested on two large datasets, the model showed a 4-5% improvement in classification accuracy (Alsaleh & Marie-Sainte, 2021).
4. **Recurrent Convolutional Neural Networks (RCNNs):** The model combines the CNN with recurrent neural network (RNN) for tasks of text classification. This model is called Ensemble model, RCNN allowing to capture of both local and global context and has an accuracy rate of 99.84% (Al-Niazi et al., 2023).
5. **Convolutional Neural Network with Recurrent Neural Network (CRNN):** An ensemble model that can be effectively using CNN and RNN architecture, to capture and incorporate the input text's spatial features and sequential dependencies, the CRNN model has an accuracy rate of 98.92% (Al-Oazi et al., 2023).
6. **Hierarchical Convolutional Neural Network (HCNN):** The ability of HCNNs to handle hierarchical structures in text data can be advantageous for specific types of Arabic text classification tasks, HCNN was proposed based on two hierarchical levels, HCNN is two classifiers worked at the same time for training the model.

   The HCNN evaluated three case studies and has achieved outperforms results, the HCNN accuracy is 99.82% (Wen et al., 2020).

7. **Hyperparameter Tuned Hybrid Deep Learning for an Automated Arabic Text Classification (AATC-HTHDL) model:** An ensemble model that that using a combination of CNN and LSTM models for manage ATC. The AATC-HTHDL model was successful in achieving an average accuracy of 98.37%. This model achieved outperforms results compared to five ML and DL models (Al-Onazi et al., 2023).

2.6 Arabic Text Classification Datasets and Preprocessing

The study of ATC is a popular one, and several datasets are available for it. Table 2 listing some datasets available in ATC.

Table 2

Datasets available in Arabic text classification

Dataset Name	Size	Description	Ref
ArSenTD	4,000 tweets	Arabic Sentiment Twitter Dataset (positive & Negative and neutral sentiment labels)	Baly et al. (2019)
AraVec	1.6-million-word embeddings	Arabic Word Embedding Models	Mourad et al. (2017)
Aljazeera Dataset	111,728 docs and 319,254,124 words	News articles from Aljazeera website	Badaro et al. (2019)
Arabic News Categorization	4,000 docs	Arabic news articles	Hmeidi et al. (2015)
Saudi Press Agency	3,000 docs	A collection of news articles from the Saudi Press Agency	Al-Twairesh et al. (2015)
Arabic Wikipedia Corpus	Varies	Arabic Corpus extracted from Wikipedia	Zaidan & Callison-Burch (2011)
Hadith Texts	4072	Collections of Hadith texts and Quran-verse	Mazlin, et al. (2021)

Dataset Name	Size	Description	Ref
Masrawi	451,230 docs	News	Abdulghani & Abdullah, (2022)
Moroccan News-papers Articles Dataset (MNAD)	111,728 docs	News	Jbene et al (2021)
Saudi News - papers Articles Dataset (SNAD)	45,935 docs	News	Alsaleh & Larabi-Marie-Sainte (2021)

These datasets still have some challenges like morphological complexity, dialectal variation, lack of standardization, limited labeled data, and data sparsity.

Preprocessing techniques for Arabic text, such as tokenization and normalization, are crucial steps in NLP tasks. There are several approaches and techniques used to organize text datasets, the table 3 explains some of them as examples.

Table3 *Tokenization and segmentation approach and tools*

linguistic Feature	Handling Approach	Example				Ref
Affix	Rule-based methods (prefix, suffix)	"المدينة" **(Al-Madinah)**	→ **Root**	" مدينة " **(Madinah)**	Remove prefix where "ال" (al-)	Habash (2010)
	Morphological analyzers	"كتابهما" (kitābuhumā)	Means →		Their book	
		- Stanford Arabic Morphological Analyzer (SAMA) analyzer as: - Root: "كتب" (katab) (meaning "to write") - Prefix: "هم" (hum) (indicating "their") - Suffix: "ا" (ā) (indicating "dual" in this case)				
Clitics	Lexical resources	For example, lexicons or dictionaries for words or characters.				Darwish et al. (2014)
		Clitic "ك" (ka) "أسرع ك" (aqsar ka)	Means →	"Like" "Faster than"	adjectives or nouns	
	Contextual clues	Use the clitic's surrounding context in a sentence or discourse to infer its proper connection to the host word.				
		"أعطيته الكتاب" (A'taytuhu al-kitab) Clitic "ه"→ (hu) - verb "أعطيت" (A'tayt)		Means →	"I gave him the book" "him" - "I gave"	
Diacritics	Diacritic removal	"كَتَبْتُ رِسالَةً" (katabtu risālah)	→	"كتبت رسالة" (katabtu risālah)	"I wrote a letter"	Darwish et al. (2014)
		short vowels and other phonetic information		ambiguity and loss of information		
	Diacritic restoration	Restores the original vowel sounds, pronunciation, and grammatical features of Arabic text by adding diacritic marks.				

3. Methodology

In this paper, the researcher uses the descriptive analytical method to study and analyze techniques related to the subject of the study. The paper investigates the effectiveness of CNNs in classifying Arabic text, we collected about 44 research papers online, and we took about 23 papers from them that can be divided into groups. The main group explains the researchers' work on models, including 7 studies, and the rest of the papers discussed the steps for processing Arabic text, extracting features, and the ML and DL algorithms used to get the contributions of this paper.

4. Related Work

Convolutional neural networks (CNNs) are one of the most popular DL algorithms that have been applied in many fields, including ANLP. Biniz et al. (2018) advanced an innovative method for classifying Arabic texts. They used the word root algorithm to extract, select, and reduce the required features. Then, as a feature weighting method, they use the TF-IDF method. Finally, in the classification step, CNN was used along with the hyperparameter tuning process, and the model achieved excellent results on several benchmarks. The dataset is a Modern Arabic (MAD) collection. The text consists of alphabets, symbol words, and numbers. The dataset has 319,254,124 words and 111,728 docs structured in text files from three Arabic online newspapers. The choice of hyperparameters for a CNN model can affect the classification performance. In their experiments, the authors used Stochastic gradient descent (SGD) to train the network and used a back-propagation algorithm to compute the gradients. The researchers choose two important parameters are filter size and feature map. They found that as the num of feature maps increases, it takes longer to train the model. To test the effect of dataset size, the researchers trained a model in datasets on different sizes. The highest accuracy was achieved for CNN, SVM, and linear regression (LR) when the dataset size was large. The CNN model achieved the best results at all sizes. Moreover, compared with traditional methods based on BoW models, CNN models can effectively create semantic representations of texts and obtain more context information about features. Training and testing data come from different sources, and documents are often divided into multiple classes. Considering these difficult cross-domain classification tasks, an accuracy of over 92% is satisfactory. In 2020, Superior Arabic Text Categorization Deep Model (SATCDM) was employed to categorize Arabic text docs by applying multi-kernel CNN and word embedding (Alhawarat & Aseeri, 2020). SATCDM used Arabic news text documents in MSA format. Among these datasets were small and medium original text datasets, root text datasets, and large original text datasets. The model is evaluated using datasets that covered different text document sizes, unique terms, and preprocessing methods. High accuracy ranging between 97.58% and 99.90% are achieved by the model, the SATCDM model has superior performance over traditional machine learning algorithms such as Naive Bayes (NB), stochastic gradient descent (SGD), and SVMs. This model is stable for Arabic text docs, regardless of preprocessing, normalization, and

rooting algorithms. The limitation of this model is that it may not have been tested on diverse Arabic text genres or domains. (Alhawarat & Aseeri, 2020).

In another study, Alsaleh & Marie-Sainte (2021) demonstrated the improved accuracy of a new classification model network technique by proposing a new hybrid Arabic classification model based on CNN and genetic algorithm (GA). Genetic algorithms are the most famous optimizations algorithms which have been proven their efficiency in many fields. The researchers used GA to optimize the CNN weight vector to improve the classification accuracy. The proposed model is validated on two large datasets derived from the MSA format. The newly released Saudi Arabian Newspaper Articles Dataset (SNAD) consists of 45,935 documents and the Moroccan Newspaper Articles Dataset (MNAD) consists of 111,728 documents. The study combining CNN and GA is the first in ATC. In this model, Glove technique is used for data representation. They achieved a 4-5% improvement in classification accuracy compared to the CNN model without Gloves and the CNN model with Glove. However, the combination of CNN and GA was validated to improve the classification accuracy and RMSE. GA-CNN performs GA in the training/validation phase, so it requires more computation time than the baseline to generate optimal weights.

El Alami et al. (2020) investigated the combination of CNN and long short-term memory (LSTM) for ATC. Furthermore, this study covers the morphological diversity of Arabic by examining word embedding models using positional weights and sub-word information. Word embedding technology can capture the contextual information within the text and fill in the gaps related to missing semantic issues. By incorporating postfixes as a post-processing step to improve word representation, they have the advantage of combining implicit and explicit semantics. Experiments on the OSAC dataset show that the CNN model with 128 filters and retrofit achieves good performance, achieving an F-score of up to 99%. These results tend to suggest that retrofitting improves overall text classification performance by bringing semantically similar words closer to the representation space, promoting the proximity of similarity vectors. Additionally, the combination of CNN and LSTM affects both the CNN's ability to define local patterns and the LSTM's ability to order content. However, the layer order plays an important role in the model performance, as the LSTM-CNN model achieves 7% accuracy and 1% lower accuracy than CNN-LSTM and LSTM models. Likewise, Wahdan et al. (2021) aimed to solve the challenges faced in ATC and study the impact of using CNN. they also aimed to get the most efficient DL

algorithm to classifying and categorizing the Arabic text. Researchers ask research questions to create a qualitative search. Generally, in this study the uses three methods to answer questions. Therefore, every question requires a specific method.

Furthermore, training the model requires a powerful computing device because the training process in CNN is complex and time-consuming. The research also includes plans to conduct experiments to deploy an ATC model using DL. In the analysis part, the researcher explained in detail the sub-steps that need to be implemented to build the model. Besides that, Getting the most efficient neural network requires preprocessing and model building that covers all types of neural networks. In a similar research field, Al-Onazi et al. (2022) proposed the AATC-HTHDL model. The importance objective in the study is to identify different class labels for Arabic texts. The researchers faced two challenges in the ATC process, low accuracy and high feature dimensionality. The AATC-HTHDL model effectively identified different class labels in Arabic text. The model includes various operating phases. First, data preprocessing is performed to transform the input data into a useful format, the datasets consist of 5,690 documents from Single-label Arabic News Articles Dataset (SANAD) and News Articles Dataset in Arabic for Multi-Label (NADiA). Next, apply the TF-IDF model to extract the feature vector. Next, the CRNN model is utilized for Arabic text classification. Finally, the researcher used the Crow Search Algorithm (CSA) to fine-tune the hyperparameters included in the CRNN model.

The proposed AATC-HTHDL model was experimentally verified and the results were discussed from various aspects. The results of the comparative study highlight that the performance of the model is promising compared to other models, with accuracy of the model up to 98.95%.

4.1 Advancements in CNN-based Arabic Text Classification

1. **Handling Language Models and Transfer Learning:** By using large Arabic text corpora as training grounds, language models can be tuned to capture the morphological nuances and contextual information specific to Arabic. Generative Pre-trained Transformers (GPTs) and Bidirectional Encoder Representations from Transformers (BERTs) can effectively learn to encode and use morphological features for Arabic text classification tasks (Harrag et al., 2020; Lan et al., 2019).

2. **Handling Unbalanced Data:** There are multiple techniques for handling unbalanced data in Arabic text classification using CNN. To balance the class distribution in the training data, it is commonly used to use oversampling or under-sampling. Oversampling

reproduces instances of the minority class, while under-sampling reduces the instances num of the majority class. Furthermore, the researchers addressed unbalanced data for the class distribution of the datasets by using the Synthetic minority over-sampling technique (SMOTE) to balance the class. SMOTE includes generating synthetic samples for the minority class to get a more balanced distribution of classes that can improve the performance of the classification model (Alsaleh & Larabi-Marie-Sainte, 2021).

3. **Ensemble Techniques:** The combination of multiple classifiers or models that use different approaches to handle morphological complexity can often result in improved performance. Using ensemble techniques like voting, stacking, or bagging (Bootstrap Aggregating), multiple models can be combined for improved classification accuracy. There are two ways to achieve diversity in ensemble methods which are either by using diverse training algorithms or different training data (Alsaleh & Larabi-Marie-Sainte, 2021; Abdulghani & Abdullah, 2022).

5. Discussion

Recent studies proposed new hybrid classification modules that are tested using large datasets. Expanding on the previous works, all studies worked tuning with 3 or 4 parameters such as batch size, filter number, kernel size, and rate of learning. based on that, the hyper-parameter selection and tuning need to be investigated in future studies.

Furthermore, CNNs lack interpretation and explanation of the output results because are generally like black-box and extract features automatically. In general, Following describes to CNNs challenges and future work for ATC:

5.1 CNN Challenges in Arabic Text Classification

Text classification tasks are commonly performed using CNNs as they can learn hierarchical representations of input data. However, the use of CNNs for Arabic text classification presents several challenges and limitations such as the absence of annotated data, non-standard orthography, and ambiguity of certain words are present. In addition, the process of classifying Arabic texts is confronted with challenges such as a lack of standardization in the language, multiple dialects, a comprehensive list of Arabic stop-words, and cultural and contextual sensitivities.

5.2 Future Research Directions

The future research for ATC, the absence of generally available preprocessing and tools of selection features and re-usable libraries for Arabic text documents is a big problem. To

achieve a high accuracy level, Researchers need to build preprocessing steps from scratch, which takes a significant amount of time and effort.

In the future direction, Arabic text classification in NLP can be improved by using various approaches:

1. **Engineering of Feature:** Effective feature design can increase the performance of the classifiers by capturing the morphological characteristics of Arabic. The features that are specific to Arabic may include stem-based expressions, N-grams, affixes, and other language indicators. Effective feature design can increase the performance of the classifiers by capturing the morphological characteristics of Arabic. The features that are specific to Arabic may include stem-based expressions, N-grams, affixes, and other language indicators. Using available tools, morphological analysis can offer a more in-depth understanding of Arabic words by decomposing them into their constituent morphemes. Capturing the inherent structure of words and improving the representation of complex Arabic morphological forms can be achieved through this.
2. **Handling Tuning the CNN hyper-parameters:** using bio-inspired algorithms with CNN can perform tasks. Handling Tuning the CNN hyper-parameters: using bio-inspired algorithms can improve the performance of CNN tasks for ATC. Bio-inspired optimization algorithms are techniques that mimic natural processes such as swarm or evolution behavior to find optimal solutions. There are several bio-inspired algorithms including GA, Ant Colony Optimization (ACO), Particle Swarm Optimization (PSO), or Simulated Annealing (SA). Selecting suitable algorithm based on problem to solve and resources.
3. **Handling Transfer Learning:** Select a pre-trained CNN model that has been trained on a large-dataset and fine-tune the pre-trained CNN model by replacing the last fully connected layers with a new layer that suits your ATC task (Lan et al.,2019). There are several Arabic language resources and datasets that can be used for transfer learning in CNN, for example Arabic Giga-word Corpus, Multi-Domain Sentiment Dataset (MDSD), and others.
4. **Handling Language Models:** by involving incorporating pre-trained language models, such as BERT or GPT, into the CNN architecture (Devlin et al., 2018).

6. Conclusion

In this research, the researcher studied the classification of Arabic texts. ATC is an important area of his ANLP and can be used in many areas, such as understanding user comments and classifying various predefined articles and messages. As explained in the study, the classification of Arabic texts takes place in several stages. The researcher also highlighted a recent study that introduced his CNN algorithm for ATC classification. They used the Arabic root algorithm to extract, select, and reduce features in the dataset. Other studies aimed to find out the challenges faced by ANLP text classification and investigate the impact of using deep learning in ANLP text classification. On the other hand, research is also being conducted with the aim of introducing new network techniques into classification models. Through this study, CNN was introduced for Arabic text classification. The study shows how CNN models can achieve high accuracy when classifying Arabic text documents. Additionally, the efficiency of CNN models has been improved by incorporating GA and other optimization strategies. Future directions for CNNs in ATC include experimenting with deep learning algorithms, creating different Arabic corpora, using word embedding techniques, and leveraging semi-supervised learning approaches. The study also highlights the importance of technical features, accommodating morphological complexity, handling language models, transfer learning and ensemble techniques to improve CNN models for ATC.

7. References

Abdeen, M.A.R., AlBouq, S., Elmahalawy, A., Shehata, S. (2019). A closer look at Arabic Text Classification. 10 (20): 677–688. DOI: http://dx.doi.org/10.14569/IJACSA.2019.0101189

Abdulghani, A., & Abdullah, Z. (2022). A Survey on Arabic Text Classification Using Deep and Machine Learning Algorithms. DOI: https://doi.org/10.24996/ijs.2022.63.1.37

Alhawarat, M., & Aseeri, A. O. (2020). Superior Arabic Text Categorization Deep Model (SATCDM). IEEE Access, 8(27):24652-24662. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2970504.

Al-Onazi., B, Alotaib., S, Alshahrani., S, Alotaibi., N, Alnfiai., M, Salama., A and Ahmed. (2022). Automated Arabic Text Classification Using Hyperparameter Tuned

Hybrid Deep Learning Model. *Published in CMC-Computers, Materials & Continua*. DOI:10.32604/cmc.2023.033564.

Al-Twairesh, N., Al-Khalifa, H., & Al-Salman, A. (2016, August). AraSenTi: Large-scale Twitter-specific Arabic sentiment lexicons. *In Proceedings of the 54th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*, 1: pp. 697-705.

ALALI, M., SHAREF, N., MURAD, M., HAMDAN, H., AND HUSIN, N. (2020). Narrow Convolutional Neural Network for Arabic Dialects Polarity Classification. DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2929208

Alami, F., El Alaoui, S., Ennahnahi, N. (2021). Contextual Semantic Embeddings based on Fine-tuned AraBERT Model forArabic Text Multi-class Categorization. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.jksuci.2021.02.005

Badaro, G., Baly, R., Hajj, H., El-Hajj, W., Shaban, K. B., Habash, N., ... & Hamdi, A. (2019). A survey of opinion mining in Arabic: A comprehensive system perspective covering challenges and advances in tools, resources, models, applications, and visualizations. *ACM Transactions on Asian and Low-Resource Language Information Processing (TALLIP)*, *18*(3), 1-52.

Baly, R., Khaddaj. A., Hajj, H., El-Hajj, W., Shaban, K. (2019). ArSentD-LEV: A Multi-Topic Corpus for Target-based Sentiment Analysis in Arabic Levantine Tweets. DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.1906.01830.

Belkebir.R and Guessoum., A. (2013). A hybrid BSO-Chi2-SVM approach to Arabic text categorization, *in ACS International Conference on Computer Systems and Applications (AICCSA)*. (14):1-7. DOI: 10.1109/AICCSA.2013.6616437.

Berlitz. (2023,12,3). *The most spoken languages in the world.* Retrieved from https://www.berlitz.com/blog/most-spoken-languages-world

Biniz., M, Samir., B, Fatiha., A, Loubna., C & Abd., M. (2018). Arabic Text Classification Using Deep Learning Technics. *International Journal of Grid and Distributed Computing*. 11 (72): 103-114. DOI: 10.14257/ijgdc.2018.11.9.09.

Bouchiha, D., Bouziane, A., & Doumi, N. (2022). Machine Learning for Arabic Text Classification: A Comparative Study. *Malaysian Journal of Science and Advanced Technology*, 2(4), pp.163-173. DOI:10.56532/mjsat.v2i4.83

Deem Alsaleh., and Marie-Sainte., S. (2021). Arabic Text Classification using Convolutional Neural Network and Genetic Algorithms. Article in IEEE Access. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3091376.

Darwish., K, Habash., N, Abbas., M, Al-Khalifa., H, et al. 2021. A panoramic survey of natural language processing in the Arab world. Commun. ACM 64 (4): 72–81. https://doi.org/10.1145/3447735

Devlin, J., Chang, M. W., Lee, K., & Toutanova, K. (2018). Bert: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. DOI: https://arxiv.org/abs/1810.04805

El-Alami, F., Abdellah, S., and En-Nahnahi, N. (2020). Deep Neural Models and Retrofitting for Arabic Text Categorization. *Published in International Journal of Intelligent Information Technologies*,16(2):74-88. DOI:10.4018/IJIIT.2020040104

El-Alami, F. Z., & El Alaoui, S. O. (2018). Word Sense Representation method for Arabic Text Categorization. *Paper presented at 9th International Symposium on Signal, Image, Video and Communications. Academic Press*. DOI: 10.1109/ISIVC.2018.8709234.

Elnagar, A., Al-Debsi, R., Einea, O. (2020). Arabic text classification using deep learning models. *Inf. Process. Manag*. 57(1): 102-121.DOI: https://doi.org/10.1016/j.ipm.2019.102121.

Ghareb, M., Ahmed, Z., Ameen, A. (2018). The Role of Learning Through Social Network in Higher Education in KRG.DOI: https://www.researchgate.net/publication/325248841

Farghaly., A and Shaala., K (2009). Arabic natural language processing: Challenges and solutions, *ACM Transactions on Asian Language Information Processing (TALIP)*.426,1-22. DOI: https://doi.org/10.1145/1644879.1644881

Federico Blank. (2023,12,3). *Most Spoken Languages in the World in 2023*. Retrieved from https://lingua.edu/the-most-spoken-languages-in-the-world/Ghareb., A, Abu Bakara., A, Al-Radaideh., Q, and Hamdan., R. (2018). Enhanced Filter Feature Selection Methods for Arabic Text Categorization, *International Journal of Information Retrieval Research (IJIRR)*. DOI: 10.4018/IJIRR.2018040101

Habash, N. (2010). Introduction to Arabic Natural Language Processing. *Morgan & Claypool Publishers*. DOI:https://doi.org/10.2200/S00277ED1V01Y201008HLT010.

Hmeidi, I., Al-Ayyoub, M., Abdulla, N. A., Almodawar, A. A., Abooraig, R., & Mahyoub, N. A. (2015). Automatic Arabic text categorization: A comprehensive comparative study. *Journal of Information Science*, *41*(1):114-124.

Harrag, F., Debbah, M., Darwish, K., Abdelali, A. (2020). BERT Transformer model for Detecting Arabic GPT2 Auto-Generated Tweets. In *Proceedings of the Fifth Arabic Natural Language Processing Workshop*, pp.207–214. DOI: https://aclanthology.org/2020.wanlp-1.19

Jbene, M., Tigani, S., Saadane, R and Chehri, A. (2021). A Moroccan News Articles Dataset (MNAD) For Arabic Text Categorization. *International Conference on Decision Aid Sciences and Application (DASA*, pp. 350-353. DOI: 10.1109/DASA53625.2021.9682402.

Kim, Y. (2014). Convolutional neural networks for sentence classification. *Paper presented at Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing. Academic Press.* DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.1408.5882

Kim., Y, Jeong., S, Cho., K. (2020). LINDA: Unsupervised Learning to Interpolate in Natural Language Processing. DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.2112.13969

Kowsari, K., Jafari Meimandi, K., Heidarysafa, M., Mendu, S., Barnes, L., & Brown, D. (2019). Text classification algorithms: A survey. *Information*, *10*(4), 150.

Lan, Zhenzhong, L., Mingda, C., Goodman, S., Gimpel, K., Sharma., P & Radu, S. (2019). ALBERT: A LITE BERT. arXiv preprint arXiv:1909.11942.

Liu, P., Qiu, X., & Huang, X. (2016). Recurrent neural network for text classification with multi-task learning. *arXiv preprint arXiv:1605.05101*.

Marie-Sainte., S, Alalyani., N, Alotaibi., S, Ghouzali., S and Abunadi., I. (2018). Arabic Natural Language Processing and Machine Learning-Based Systems. *Article in: IEEE Access*. 7(32):7011-7020. DOI: https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2890076.

Mazlin, I., Rawi, I.M., Zakaria, Z. (2021). Hadith Arabic Text Classification Using Convolutional Neural Network and Support Vector Machine. In: Alfred, R., Iida, H., Haviluddin, H., Anthony, P. (eds) Computational Science and Technology.

Lecture Notes in Electrical Engineering, vol 724. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-33-4069-5_30

Mohamed., E, Abdelmalek., Z and Irfan., A. (2020). Exploring deep learning approaches to recognize handwritten Arabic texts, *IEEE ACCESS*.8(33). DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2994248

Mourad, A., & Radev, D. (2017). AraVec: A set of Arabic Word Embedding Models for use in Arabic NLP. In *Proceedings of the Eleventh International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC).* 117: 256-265. DOI: https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.10.117

Sahu., S, Dongre., B, and Vadhwani., R. (2011). Web Spam Detection Using Different Features, *International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE)*, 1(3).

Wahdan., A, Salloum., A, and Shaalan., K. (2021). Text Classification of Arabic Text: Deep Learning in ANLP. In book: Advances in Intelligent Systems and Computing. Publisher: Springer Nature. (184). DOI: 10.1007/978-3-030-69717-4_10

Wen, L., Li, X. and Gao, L. (2020). A New Two-Level Hierarchical Diagnosis Network Based on Convolutional Neural Network. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 69, pp. 330-338. DOI: 10.1109/TIM.2019.2896370.

Webster., J and Chunyu Kit., C. (1992). Tokenization is the initial phase in NLP. *In Proceedings of the 14th conference on Computational linguistics* - 4 (12). Association for Computational Linguistics, USA, 1106–1110. https://doi.org/10.3115/992424.992434.

Zaidan, O., & Callison-Burch, C. (2011, June). Crowdsourcing translation: Professional quality from non-professionals. In *Proceedings of the 49th annual meeting of the Association for computational linguistics: Human Language Technologies* (pp:1220-1229).

الأمن الزراعي وعلاقته بالتغيرات المطرية بالبيئات شبه الجافة بالمغرب

حالة إقليم خريبكة

(1) المصطفى لبيبي، طالب باحث، الجغرافيا، كلية الآداب والعلوم الإنسانية - بني ملال

(2) بشرى حساني، أستاذة التعليم العالي، الجغرافيا، الكلية المتعددة التخصصات - خريبكة

(3) محمد الراضي، أستاذ التعليم العالي، الجغرافيا، كلية الآداب والعلوم الإنسانية - بني ملال

الملخص:

يعيش العالم اليوم على وقع أزمات مناخية كتوالي سنوات الجفاف، ووبائية متمثلة في انعكاسات فيروس كورونا الذي أدى إلى ركود اقتصادي عالمي، وسياسية خاصة تداعيات الحرب الأوكرانية الروسية؛ الشيء الذي انعكس على الأمن الغذائي خصوصا منه الزراعي؛ ولذلك ارتأينا من خلال هذه الورقة معالجة موضوع الأمن الزراعي وعلاقته بالتغيرية المطرية بالبيئات شبه الجافة بالمغرب حالة إقليم خريبكة، بطرح السؤال الإشكالي الآتي: ما هي درجة انعكاسات التغيرية المطرية على عناصر الأمن الزراعي؟ وذلك لوصف اختيارات الفلاحين من المزروعات الأساسية، وإنتاج ومردودية الحبوب، وتفسيرها بالتغيرية المطرية باعتبارها ظاهرة بنيوية مستمرة، بالاعتماد على العديد من الوثائق المحصل عليها من المصالح المختصة، وكذا على نتائج العمل الميداني الذي انجز سنة 2020 هم 121 حيازة مشكلة حوالي 30% من المجتمع الإحصائي، كما استند البحث على الإحصاء الوصفي والاستدلالي؛ وتم التوصل إلى كون زراعة الحبوب تشكل عنصرا هاما في الأمن الزراعي خصوصا الشعير لتكيفه مع البيئات شبه الجافة، ويحدد مردودية وإنتاج الحبوب غير المستقر بإقليم خريبكة كمية الأمطار السنوية وتوزيعها السنوي، وهذا ما يستدعي التدخل لتثمين المجالات البورية الهشة والانتقال إلى فلاحة بورية مستدامة.

الكلمات المفاتيح: الأمن الزراعي، اختيارات الفلاحين، التغيرية المطرية، إقليم خريبكة.

Abstract:

The world is going through many crisis; climactic ones like the successive drought, epidemic ones namely the effect of Covid 19 virus which has led to a worldwide economic recession, and political crises like the Russia-Ukrian war. All this is threatening the food security mainly the agriculture one. Therefore, this research paper will deal with the issue of food security and its link with rainfall variability in Morocco semi-dry areas, Khouribga as a case

study. In this respect, the main question to be raised is to what extent does rainfall variability affect food security? This paper aims at describing yield and grain production being attributed to rainfall variability since it is considered to be a structural continuous phenomenon, relying on many documents taken from official authorities and the results of the field work done in 2021 on 121 case about 30% of the statistical population. The research has also been conducted by statistical data analysis and get to the following conclusion that cereal cultivation is an important factor in food security mainly barley for its adaptation with semi-dry areas. Moreover, the unsteady yield and cereal production in Khouribga is specified by the amount of rain the fact that necessitates an intervention to evaluate the unirrigated (bour) fields and to move to sustainable unirrigated cultivation.

Keyowords: Agricultural Security; Farmers' Choices; Rainfall Variability; Khouribga Province.

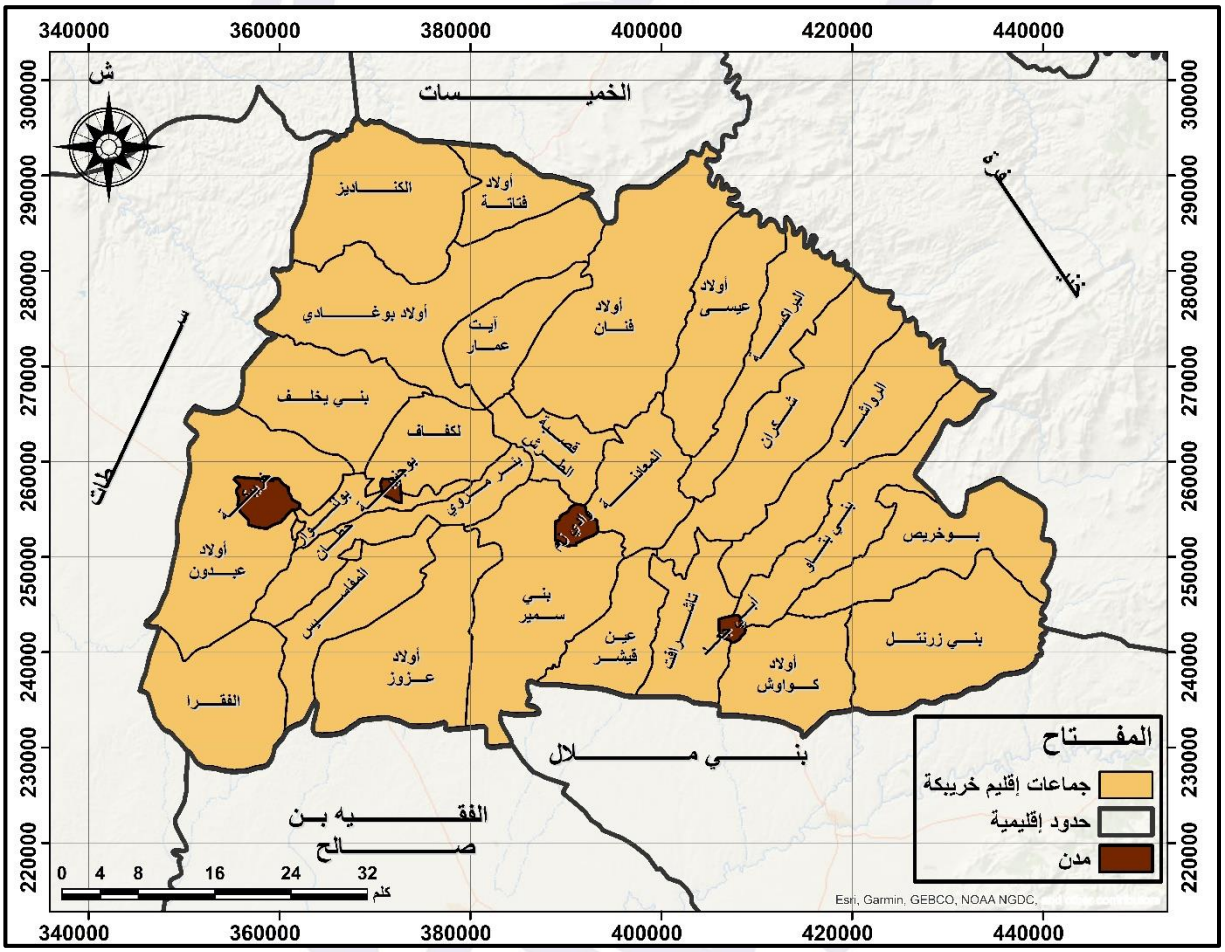
I. مقدمة

1. السياق العام

تعد الزراعة أحد أهم مدخلات تحقيق الأمن الغذائي، ورهانات استراتيجيات لمختلف دول العالم؛ وأمام التحديات السكانية والسياسية والبيئية يبقى مدخل الزراعة هش، ذلك ما يؤثر على تحقيق الأمن والسيادة الغذائية؛ ويبقى المغرب أحد الدول غير المستقرة في أمنها وسيادتها الزراعية، نتيجة لعوامل بنيوية مركبة أهمها ضعف المساحة الصالحة للزراعة وامتداد الكبير للمجالات الجافة وشبه الجافة، وتوالي موجات الجفاف الحاد التي بلغت ذروتها خلال سنة 2022، والذي يزداد تأثيره بالنظر إلى اعتماد المغرب على الفلاحة مصدرا أولا في بنائه الاقتصادي؛ وفي هذا الصدد نقدم هذه الورقة لمعالجة خصائص الأمن الزراعي وعلاقته بالتغيرات المطرية بالبيئات شبه الجافة بالمغرب حالة إقليم خريبكة.

سنركز في هذه المقالة على دراسة الحبوب، باعتبارها من المحاصيل الرئيسية بالإقليم، حيث تمثل 78%، إذ تنقسم بدورها إلى ثلاثة محاصيل رئيسية وهي الشعير الذي يأخذ مساحة مهمة مقارنة مع باقي أنواع الحبوب وحصرت مساحة زرعه بحوالي 63% من أصل المساحة المخصصة للزراعة الحبوب بإقليم خريبكة، والقمح الطري ب 27% ثم القمح الصلب الذي قدرت مساحته بحوالي 10% **(المديرية الإقليمية للفلاحة؛ مونوغرافية إقليم خريبكة، 2018)**.

الخريطة (1): موقع مجال الدراسة



المصدر: التقسيم الإداري للجماعات الترابية والأقاليم والجهات، المملكة المغربية 2015.

ينتمي إقليم خريبكة إلى البيئات شبه الجافة بالمغرب؛ طبيعيا يمتد على هضبة الفوسفاط، ويصنف فلاحيا ضمن الوحدة الإيكولوجية هضبة خريبكة؛ إداريا ينتمي إلى جهة بني ملال – خنيفرة، يحده من الغرب إقليم سطات ومن الشمال إقليم الخميسات ومن الشرق إقليم بني ملال وخنيفرة ومن الجنوب إقليم فقيه بن صالح؛ تقدر مساحته ب 4385 كلم^2 أي ما يعادل 15% من مساحة الجهة و0.6% من مجموع التراب الوطني، وتبلغ ساكنة إقليم خريبكة 542.125 نسمة (حوالي 70% تستقر بالوسط الحضري)؛ ويتميز بتضاريس متنوعة: منطقة شمالية ذات مرتفعات علوها ما بين 500م و1000م، منطقة الجنوب الشرقي يغلب عليها طابع الهضاب، منطقة وسطى مكونة أساسا من هضبة شبه منبسطة يتراوح ارتفاعها ما بين 800 و830م على مستوى سطح البحر؛ وتتصف بمناخ شبه قاري جاف، بارد شتاء وحار صيفا؛ ويتواجد بمنطقة تتسم بقلة الموارد المائية وعدم انتظام التساقطات المطرية، مع ارتفاع وتيرة حدوث الجفاف.

2. الإشكالية:

1.2. المفاهيم الإجرائية للدراسة

تضمنت هذه الدراسة عدة مفاهيم إجرائية أهمها:

الأمن الزراعي: يعد مدخلا رئيسيا للأمن الغذائي، يضم عناصر الإنتاج الزراعي عبر مردودية وإنتاج المحاصيل الزراعية ومنها بالخصوص الحبوب، الرهين بمقياس تذبذب التساقطات المطرية؛ فأنظمة الإنتاج حسب (Jean-Paul Diry) هي استغلال لمساحات زراعية في مجال محدد في الزراعة وتربية الماشية[14]. فيما يرى (Claude Cabanne) أنها أسلوب إنتاج يضم الإنتاج الزراعي والثروة الحيوانية بالاعتماد على مجالات الرعي[15]. أما (فاتح حسن) فقد عرف نظام الإنتاج الزراعي بأنه: نمط قديم لاستغلال الوسط الطبيعي، خاضع لسيرورة زمنية ولنظام قوى الإنتاج[16]. بينما حدد (محمد الأسعد) عناصر النظام الزراعي في اختيارات الفلاحين (سلوكات ومواقف)[17]. وقد اخترنا في هذه الدراسة تحديده حسب مساحة وإنتاج ومردودية الحبوب باعتبارها من المداخل الرئيسية للأمن الزراعي وعبره الغذائي.

التغيرات المطرية: هي التغير الحاصل في توزيع كمية التساقطات المطرية (سنوية، فصلية، شهرية) زمنية ومكانية، ولها علاقة بعلم المناخ الزراعي المهتم بدراسة نمو النباتات وعلاقتها بعناصر المناخ، وما يترتب عنه من تأثير على الإنتاج الزراعي[18]. حيث تنقسم الفصول الزراعية حسب تقسيم (Gharous) إلى: فترة الحرث الزراعي وموعده بداية الدورة (أكتوبر- نوفمبر- ديسمبر)، ثم فترة النمو النباتي والتي تكون وسط الدورة (جانفي - فيفري)، ثم فترة الحصاد وجمع الحبوب (مارس، أبريل، ماي)[19].

2.2. السؤال الإشكالي

اهتم هذا البحث بدراسة الأمن الزراعي من حيث مساحة وكمية إنتاج ومردودية الحبوب في علاقته بالتغيرية المطرية. ومن هذا المنطلق، يمكن طرح السؤال الإشكالي الآتي: ما مدى تأثير التغيرية المطرية في عناصر وبنية الأمن الزراعي من حيث مساحة وإنتاج ومردودية الحبوب بإقليم خريبكة؟

3.2. أهداف الدراسة

يهدف البحث إلى تحقيق الأهداف الآتية:

أولا: وصف عناصر وبنية الأمن الزراعي بإقليم خريبكة من حيث مساحة وكمية إنتاج ومردودية الحبوب؛

ثانيا: تفسير عناصر الأمن الزراعي بالتغيرية المطرية بإقليم خريبكة.

4. 2. فرضية الدراسة

---

[14] Diry, Jean-Paul, 2004, les espaces ruraux, Armand colin, p186.

[15] Cabanne, Claude, 1991, lexique de géographie humaine et économique, Paris, Dalloz, p23.

[16] فاتح، حسن، 1999، التكثيف الفلاحي والتحولات السوسيومجالية والبيئية بولجة دكالة، دبلوم الدراسات العليا، شعبة الجغرافيا، كلية الآداب والعلوم الإنسانية الرباط، جامعة محمد الخامس، المغرب، ص 10-11.

[17] الأسعد، محمد، 2006، أشكال القرارات الزراعية لدى الفلاحين ودلالات اختياراتهم في البيئات شبه الجافة دراسة في الإيكولوجية الثقافية، مجلة جغرافية المغرب، عدد 1-2، ص 3-22.

[18] باحو، عبد العزيز، 2001، الجفاف المناخي بالمغرب: خصائصه وعلاقته بآليات الدورة الهوائية وأثره على زراعة الحبوب الرئيسية، دكتوراه دولة في الجغرافيا تخصص الجغرافيا الطبيعية، كلية الآداب والعلوم الإنسانية المحمدية، جامعة الحسن الثاني، المغرب، ص 389.

[19] Gharrouss M ; 2005, Adoption des techniques d'Aridoculture: moyen pour améliorer l'efficience d'utilisation de l'eau , Publiée par Colloque L'eau entre Moulin et Noria, organisé à Marrakech , P 192-198.

سعت هذه الدراسة إلى اختبار فرضية باعتماد فرض العدم (H_0) الآتي: تتحد مساحة وكمية إنتاج ومردودية الحبوب بإقليم خريبكة بعوامل أخرى ترتبط بالتربة والطبوغرافية إضافة لعامل التساقطات المطرية.

3. المنهجية:

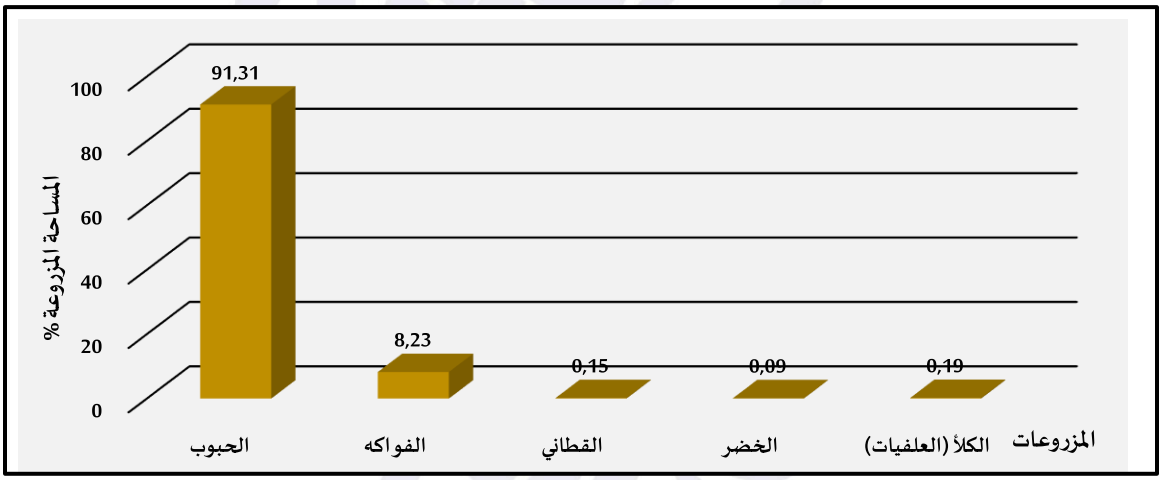
اعتمد في البيانات التي تم توظيفها في هذه الورقة البحثية على بعض التقارير التي تخص وضعية الفلاحة بإقليم خريبكة ولاسيما سلسلة الحبوب، وعلى البيانات الخرائطية لتحديد موقع مجال الدراسة، ومونوغرافيات الإدارات، والسلسلة الإحصائية الفلاحية بين سنتي 2002 و2022، والسلسلة الإحصائية المطرية بين سنتي 2002 و2022. واعتمدت هذه الدراسة كذلك - لتحليل المعطيات على عدة أدوات نذكر منها: استعمال أسلوب الإحصاء الوصفي لتحليل مساحة ومردودية وإنتاج الحبوب، وأسلوب الإحصاء الاستدلالي لربط العلاقة بين مساحة ومردودية وإنتاج الحبوب والتغيرية المطرية السنوية، ومؤشر التساقطات المطرية الموحد لتحديد السنوات المطرة والجافة.

II. النتائج (Résultats)

1. بنية الأمن الزراعي وخصائصه بإقليم خريبكة

1. 1. توزيع مساحة الأراضي الصالحة للزراعة

الشكل (1): نسبة توزيع مساحة الأراضي الصالحة للزراعة بإقليم خريبكة حسب نوع المنتوج لسنة 2018



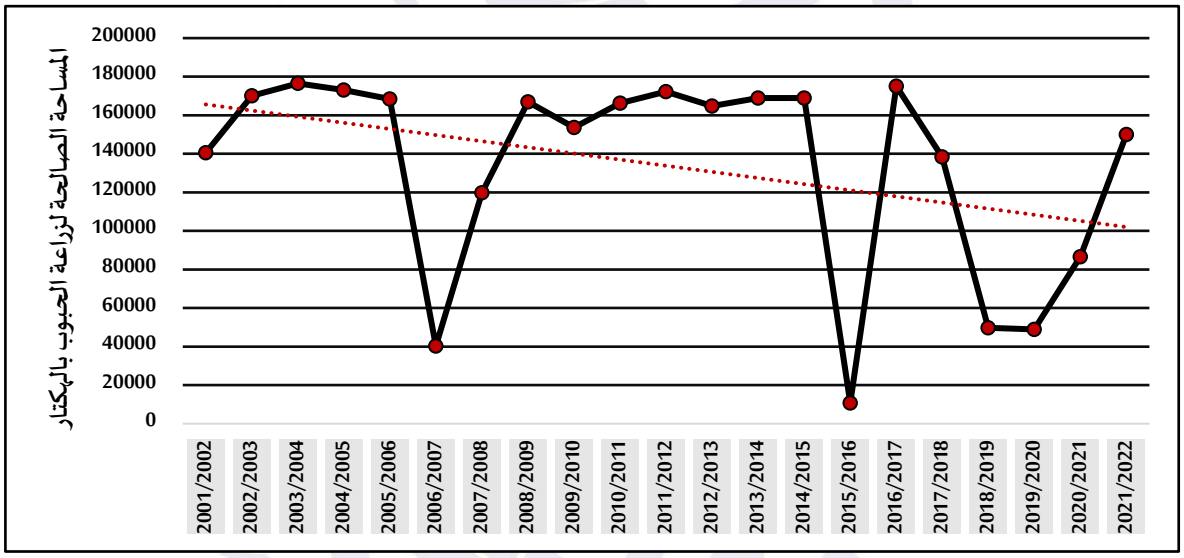
المصدر: المديرية الإقليمية للفلاحة بخريبكة، سنة 2018، بتصرف.

تعتبر الحبوب أهم محصول رئيسي في الإقليم، تخصص لها نسبة 91.31% من مجموع المساحة الكلية وذلك بما يقدر بـ: 169500 هكتارا، وهي تنقسم إلى ثلاثة محاصيل رئيسية: الشعير الذي يأخذ مساحة مهمة مقارنة مع باقي أنواع الحبوب وحصرت مساحة زرعه بنسبة 63% من أصل المساحة المخصصة للزراعة الحبوب، والقمح الطري بنسبة 27% ثم القمح الصلب الذي قدرت مساحته بحوالي 10%. تظهر هذه النسب أهمية الحبوب خصوصا الشعير. بالمقابل تشكل باقي المزروعات

والمحاصيل ما مجموعه 16116.99 هكتار بنسبة 8.69%؛ تتفرع هذه المزروعات والمحاصيل إلى العديد من الأنواع المتفاوتة من حيث مساحة زرعها.

2.1. تذبذب المساحة المخصصة لزراعة الحبوب

الشكل (2): تذبذب المساحة المخصصة لزراعة الحبوب بإقليم خريبكة خلال الفترة الممتدة ما بين 2002 و2022

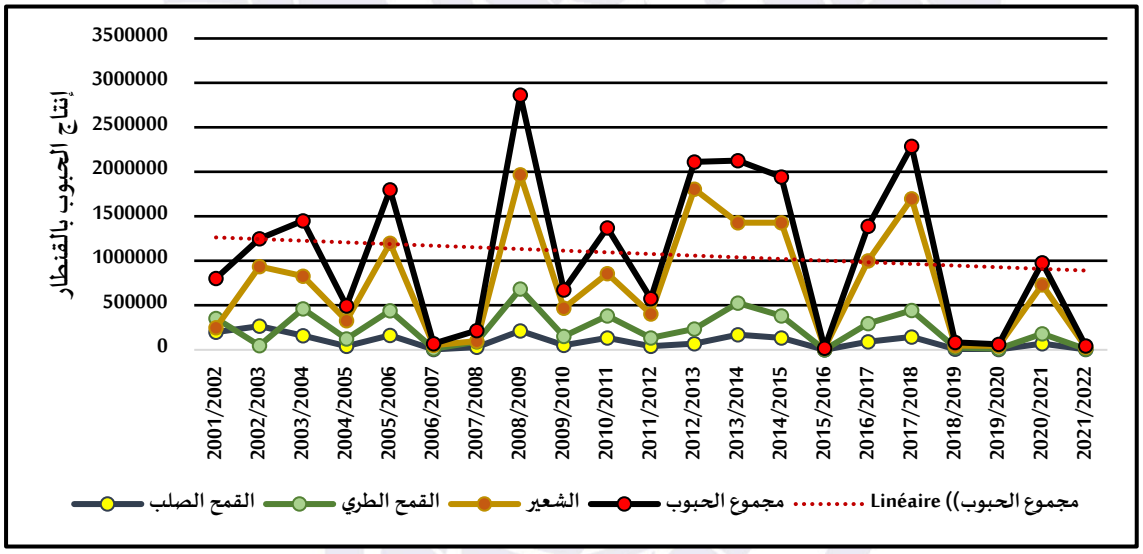


المصدر: المديرية الإقليمية للفلاحة بخريبكة، بتصرف.

يتميز منحى تطور المساحة المخصصة لزراعة الحبوب (الشعير، القمح الطري والصلب) بإقليم خريبكة بالتذبذب المساحي والزمني؛ إن سنوات 2007/2006 و2016/2015 والسنوات الممتدة من 2022/2017 شاهدة على تغير المساحة المزروعة التي انخفضت إلى حوالي 40000 هكتار سنة 2007/2006، في حين عرفت أقصى فترة لاستغلال المساحة المخصصة لهذا المزروع في سنوات 2004/2003 و2017/2016 بأكثر من 170000 هكتار؛ بينما كانت أطول سنوات الاستقرار ما بين 2009/2008 و2015/2014.

3.1.تذبذب إنتاج الحبوب

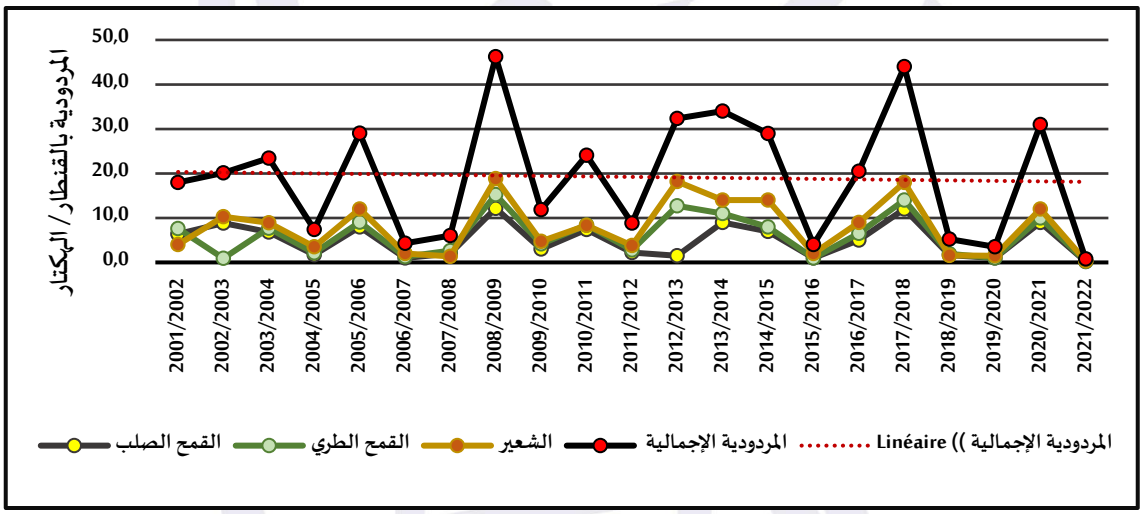
الشكل (3): تذبذب كمية إنتاج الحبوب بإقليم خريبكة



تحظى زراعة الشعير بأهمية كبيرة لدى الفلاحين، يظهر ذلك من خلال كميتها الكبيرة في أنواع الحبوب المعتمدة للزراعة مقارنة بالقمح الطري والصلب؛ يتميز إقليم خريبكة بتغيرية زمنية لزراعة الحبوب خصوصا الشعير، وهذه خاصية تنفرد بها المجالات البورية الخاضعة لتأثير التساقطات المطرية، كما أنها خاصية تتغير بشكل سنوي، يرتفع فيها الإنتاج أحيانا كسنوات (2006/2005، 2009/2008، 2013/2012، 2014/2013، 2015/2014، 2018/2017) وبلغ أقصاها في الموسم الفلاحي (2009/2008) بكمية إنتاج لم تتجاوز 2900 ألف قنطار، وأخرى هي الأطول ينخفض فيها الإنتاج والأكثر ترددا كسنوات (2005/2004، 2007-2006، 2012/2011، 2016/2015، 2020/2019، 2022/2021) قدرت أدناها بأقل من 500 ألف قنطار خلال هذه السنوات.

4.1. تذبذب مردودية الحبوب

الشكل (4): تذبذب مردودية الحبوب بإقليم خريبكة



المصدر: المديرية الإقليمية للفلاحة بخريبكة، بتصرف.

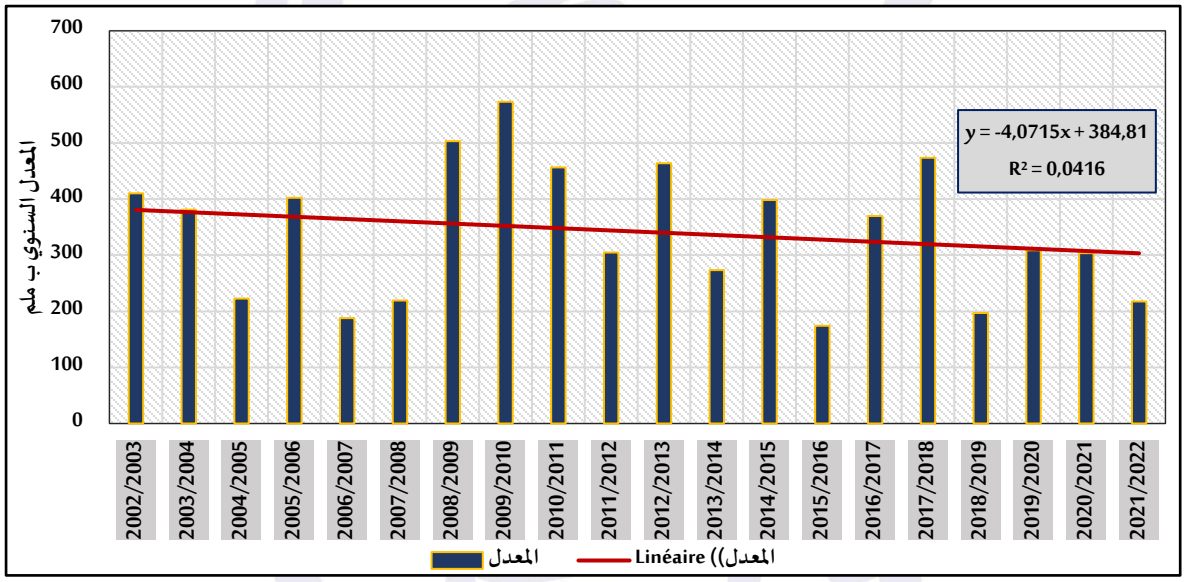
عرفت مردودية الحبوب بإقليم خريبكة بأصنافه الثلاثة (الشعير، القمح الصلب واللين) تغيرية كبيرة وغير منتظمة، تميزت بارتفاع المردود في سنوات (2006/2005، 2009/2008، 2013/2012، 2014/2013، 2015/2014، 2018/2017، 2021/2020) وبلغت أقصاها في موسم (2009/2008) بحوالي 45 قنطار / الهكتار، وأدناها في أغلب باقي المواسم للسلسة الإحصائية المدروسة قدرت مردوديتها في أقل من 10 قنطار / الهكتار في المسوم الفلاحي (2022/2021)، كل هذا يبين أن تطور مردودية الحبوب بإقليم خريبكة لا تخضع لنزعة موحدة، بل لتغيرية دورية ترتفع فيها المردودية أحيانا، وتنخفض في فترات أخرى تكون أطول وأكثر ترددا.

2. تفسير وضعية الأمن الزراعي حسب التغيرية المطرية بإقليم خريبكة

1.2. الاتجاه العام للتساقطات المطرية بإقليم خريبكة

تمتد السلسلة المطرية المعتمدة في هذه الورقة البحثية على مدار 20 سنة، وهي فترة كافية لاستخراج التغيرية المطرية بالإقليم، حيث تبدأ من 2002 إلى 2022.

الشكل (5): اتجاه التساقطات بمحطة خريبكة ما بين سنتي 2002 و2022 بالمليمتر (mm)



المصدر: محطة الأرصاد لإقليم خريبكة، بتصرف.

يلاحظ أن التساقطات المطرية السنوية بإقليم خريبكة تعرف تغيرية سنوية، إلا أن حدة هذه التغيرية تختلف خلال فترات السلسلة المطرية المدروسة، ويتميز الاتجاه العام للتساقطات المطرية (درجة ميل مستقيم الاتجاه) بالتراجع الكبير في كمية الأمطار السنوية، حيث بلغت درجة الميل (4,07-). وعرفت المحطة في السلسلة المطرية ما بين سنتي 2002 و2022 سنوات مطيرة، تفوق كمياتها المطرية بإقليم خريبكة 342.06 ملم (المتوسط) (2004/2002، 2006/2005، 2011/2008، 2013/2012، 2015/2014، 2018/2016)، في حين تراجعت كميات الأمطار في باقي السنوات، حيث تراجعت كمية الأمطار إلى 174 ملم في سنة 2015-2016.

2.2. مؤشر التساقطات الموحد Indice de précipitation standardisé

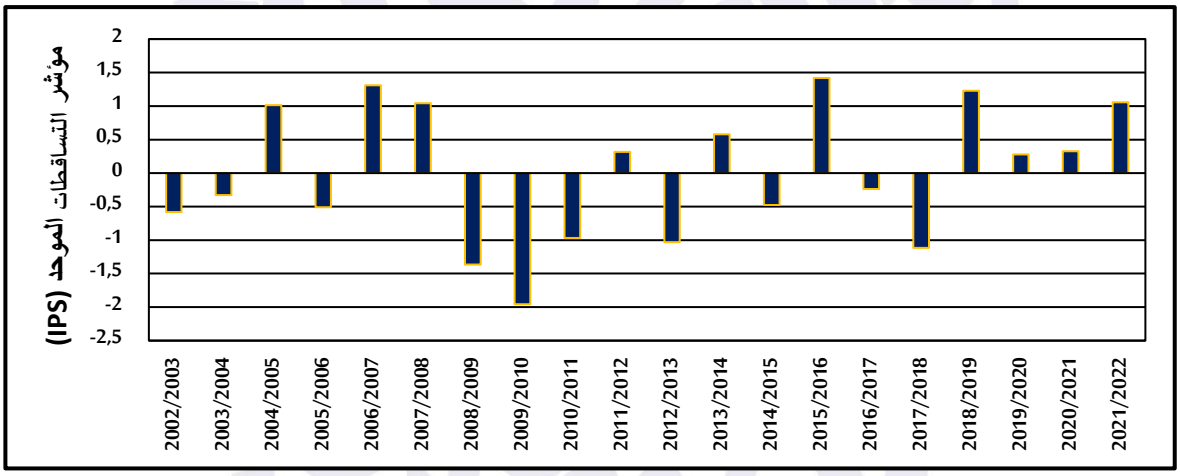
الجدول (1): تصنيف السنوات الجافة والرطبة والعادية حسب قيمة مؤشر التساقطات الموحد IPS

قيمة مؤشر التساقطات المطرية الموحد	طبيعة السنة
أكثر من 2	سنة استثنائية الرطوبة
(1.50 – 1.99)	سنة رطبة جدا
(1 – 1.49)	سنة متوسطة الرطوبة
(- 0.99 – 0.99)	سنة عادية
(-1.49 – - 1)	سنة متوسطة الجفاف
(-1.99 – - 1.50)	سنة جافة جدا
أكثر من 2-	سنة استثنائية الجفاف

المصدر: Organisation météorologique mondiale 2012

يعتمد مؤشر التساقطات الموحد حسب المنظمة العالمية للميتورولوجيا على حساب الفرق بين كمية تساقطات كل سنة والمعدل المطري السنوي للسلسة المدروسة مقسوم على قيمة الانحراف المعياري للسلسة. وتم وضع تصنيف للسنوات العادية والجافة والرطبة حسب قيمة هذا المؤشر.

الشكل (6): التطور السنوي للأمطار حسب مؤشر التساقطات الموحد (IPS) بإقليم خريبكة بين 2002

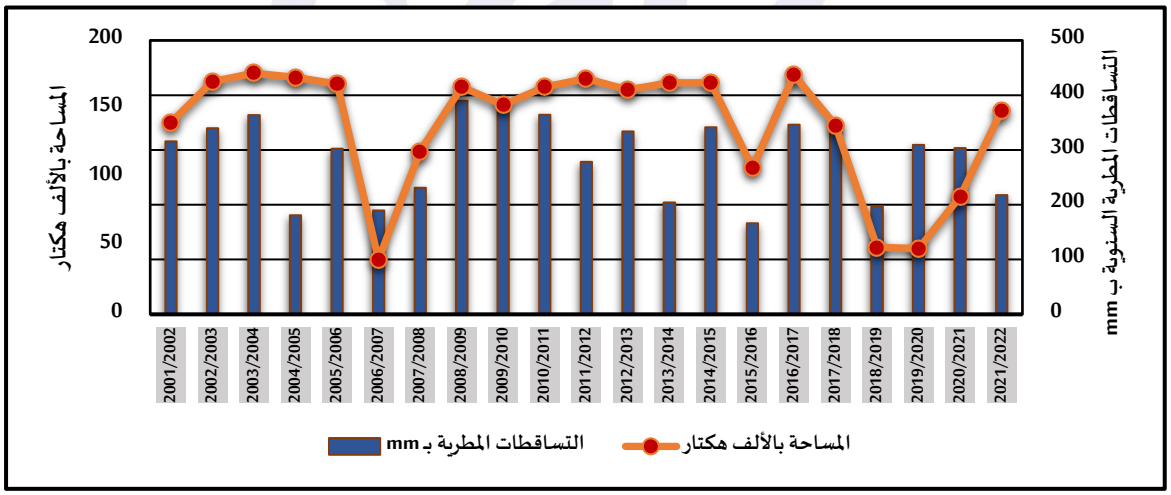


المصدر: محطة الأرصاد لإقليم خريبكة، بتصرف.

نسجل من خلال دراسة التطور السنوي للأمطار حسب مؤشر التساقطات الموحد بإقليم خريبكة، اختلافا في توزيع السنوات الفلاحية، وذلك بهيمنة السنوات العادية متبوعة بالسنوات الرطبة ثم الجافة. السنوات العادية: يصل عددها بالإقليم إلى 10 مواسم فلاحية؛ السنوات الرطبة: تقدر ب 6 مواسم خلال السلسلة المطرية المدروسة، وشكلت سنة (2016/2015) أبرز سنة رطبة؛ السنوات الجافة: يصل عدد السنوات الجافة بالإقليم إلى 4 مواسم، وكانت أبرزها في السلسلة المدروسة في الموسم الفلاحي (2010/2009).

3.2. علاقة مساحة وإنتاج ومردودية الحبوب بالتغيرية المطرية

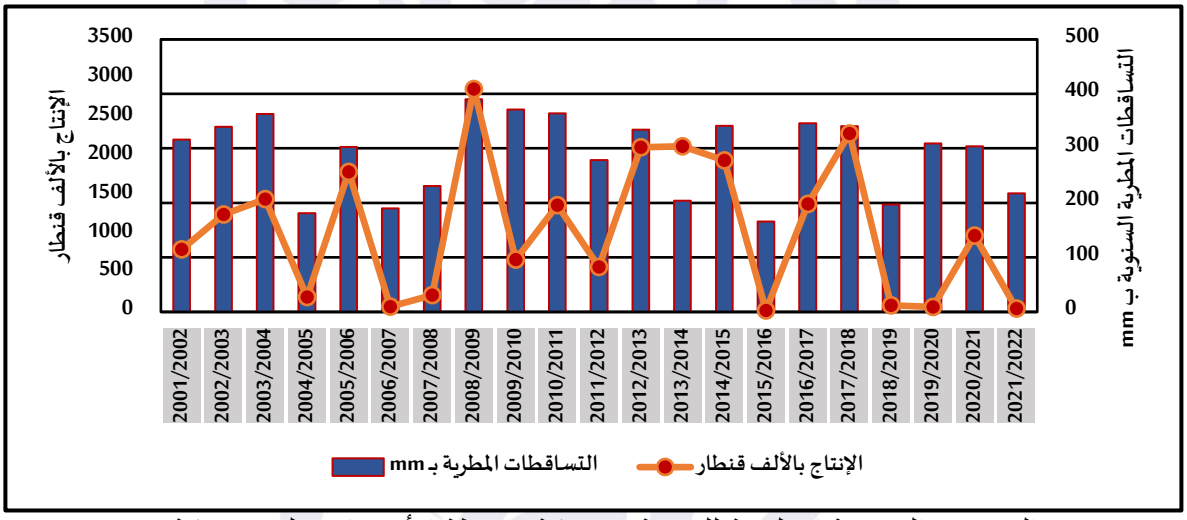
الشكل (7): علاقة المساحة المخصصة لزراعة الحبوب بالتغيرية المطرية بإقليم خريبكة



المصدر: المديرية الإقليمية للفلاحة بخريبكة، محطة الأرصاد لإقليم خريبكة، بتصرف.

يظهر من خلال المبيان رقم (7) أن عامل التساقطات المطرية يوجه اختيارات الفلاحين في المساحة المخصصة لزراعة الحبوب نسبيا، فكلما تأخرت التساقطات المطرية كلما قلص الفلاح المساحة المخصصة للحبوب، ويظهر ذلك من خلال مواسم (2007/2006، 2008/2007، 2016/2015، 2019/2018)؛ وكلما كانت التساقطات مبكرة إلا وخصص لها الفلاح مساحة كبيرة مثل سنوات (2004/2003، 2009/2008، 2010/2009، 2015/2014، 2018/2016)؛ غير أنه توجد بعض المواسم التي يختلف فيها منحى المساحة المخصصة لزراعة الحبوب والتساقطات كسنوات (2005/2004، 2014/2013، 2020/2019، 2022/2021) وذلك راجع لعامل التوقع وتوزيع التساقطات وتركزها، فقد يكون هطول الأمطار قويا في بداية الموسم الفلاحي ما يجعل الفلاح يخصص مساحات كبيرة للزراعة وتنخفض بعدها التساقطات المطرية في اتجاه تراجعي، الشيء الذي ينتج عنه مردودية ضعيفة.

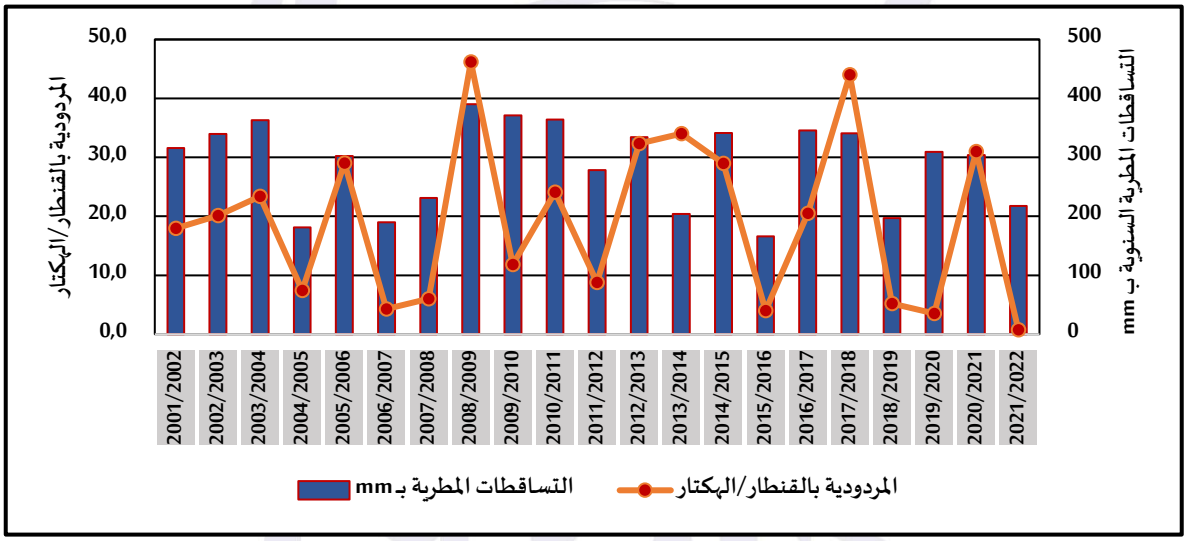
الشكل (8): علاقة إنتاج الحبوب بالتغيرات المطرية بإقليم خريبكة



المصدر: المديرية الإقليمية للفلاحة بخريبكة، محطة الأرصاد لإقليم خريبكة، بتصرف.

يتبين وجود علاقة بين إنتاج الحبوب والتساقطات التي تتميز بخاصية التغير الشديد الذي يؤدي إلى ضعف الإنتاج؛ ويظهر من خلال مقارنة هاذين المؤشرين أن هناك توافق بين ارتفاع الإنتاج وكمية التساقطات في المواسم (2006/2005، 2009/2008، 2013/2012، 2015/2014، 2018/2017)، مقابل ذلك نجد مواسم يتوافق معها انخفاض الإنتاج والتساقطات كمواسم (2005/2004، 2007/2006، 2008/2007، 2016/2015)؛ كما نجد مواسم أخرى لا يتوافق الإنتاج والتساقطات المطرية بفعل تركز هطول التساقطات في فترات محددة وضعفها في فترات أخرى.

الشكل (9): علاقة مردودية الحبوب بالتغيرية المطرية بإقليم خريبكة



المصدر: المديرية الإقليمية للفلاحة بخريبكة، محطة الأرصاد لإقليم خريبكة، بتصرف.

يظهر من خلال الشكل (9) أنه كلما انخفضت الأمطار السنوية كلما انخفضت معها مردودية الحبوب، والعكس صحيح، إلا مع بعض الاستثناءات، ويتبين وجود علاقة قوية بين المردودية وكمية الأمطار السنوية، حيث ينخفض في السنوات الجافة إلى أقل من 5 قنطار / الهكتار في المواسم الفلاحية (2007/2006، 2008/2007، 2016/2015، 2022/2021)، بينما يرتفع في المواسم المطرة (2009/2008، 2013/2012، 2018/2017، 2021/2020) والتي بلغت أقصاها حوالي 45 قنطار/الهكتار، وأحيانا تكون المردودية ضعيفة بالرغم من هطول الأمطار، ويرجع ذلك إلى نظام التوزيع الفصلي للتساقطات المطرية.

III. المناقشة والخلاصات

تعد الحبوب من المزروعات الأساسية في المناطق الجافة وشبه الجافة، وتحدد مردوديتها وإنتاجها كمية التساقطات المطرية وتوزيعها الفصلي، كما يوجه تأخر الأمطار أو هطولها المبكر اختيارات الفلاح في تحديد المساحة المخصصة لزراعة الحبوب؛ ولا يعني هطول الأمطار المبكر وتخصيص مساحات كبيرة للحبوب أن الموسم الفلاحي ستكون مردوديته مرتفعة، فالخاصية التي تتميز بها المجالات الجافة وشبه الجافة وخصوصا البورية هي التغير والتذبذب المطري، وبالتالي قد تتراجع كمية هطول الأمطار في الفصول اللاحقة.

تم التوصل إلى أن إقليم خريبكة يتميز بتغيرية سنوية في مساحة وإنتاج ومردودية الحبوب تارة ترتفع وأخرى ينخفض فيها وهي الأكثر ولا يخضع لنزعة موحدة؛ تعرف التساقطات المطرية تغيرية سنوية تختلف زمنيا حسب التوزيع الفصلي داخل فترات الدورة الزراعية، فالتوزيع الفصلي للتساقطات غير متماثل ومشتت وتغيره قوي وتراجعي.

تؤثر التغيرية المطرية في إقليم خريبكة على زراعة الحبوب التي تعرف تغيرية قوية، مما يبين وجود علاقة بين الحبوب كمدخل للأمن الزراعي والتساقطات وتوزيعها الفصلي؛ وبالتالي يمكن أن نقدم الخلاصات الآتية:

الخلاصة الأولى: تعتبر الحبوب أهم محصول رئيسي في الإقليم، ويأخذ الشعير مساحة مهمة مقارنة مع باقي أنواع الحبوب؛ كما تتميز الحبوب بتغيرات سنوية في مساحة وإنتاج ومردودية الحبوب ولا تخضع لنزعة موحدة، ويتراجع اتجاهها العام؛

الخلاصة الثانية: يحدد مساحة ومردودية وإنتاج الحبوب غير المستقر بإقليم خريبكة كمية الأمطار السنوية وتوزيعها السنوي حسب فترات الدورة الزراعية؛

الخلاصة الثالثة: تعد الحبوب عنصرا هاما في الأمن الزراعي، وكلما تأثرت مردودية وإنتاج الحبوب حسب التغيرات المطرية، كلما تضررت بنية الأمن الزراعي بإقليم خريبكة.

المراجع:

الأسعد، محمد، 2006، أشكال القرارات الزراعية لدى الفلاحين ودلالات اختياراتهم في البيئات شبه الجافة دراسة في الإيكولوجية الثقافية، مجلة جغرافية المغرب، عدد 1-2، ص 3-22.

باحو، عبد العزيز، 2001، الجفاف المناخي بالمغرب: خصائصه وعلاقته بآليات الدورة الهوائية وأثره على زراعة الحبوب الرئيسية، دكتوراه دولة في الجغرافيا تخصص الجغرافيا الطبيعية، كلية الآداب والعلوم الإنسانية المحمدية، جامعة الحسن الثاني، المغرب، ص 389.

فاتح، حسن، 1999، التكثيف الفلاحي والتحولات السوسيومجالية والبيئية بولجة دكالة، دبلوم الدراسات العليا، شعبة الجغرافيا، كلية الآداب والعلوم الإنسانية الرباط، جامعة محمد الخامس، المغرب، ص 10-11.

التقسيم الإداري للجماعات الترابية والأقاليم والجهات، المملكة المغربية 2015.

المديرية الإقليمية للفلاحة، خريبكة 2023.

شبكة مقاييس التساقطات المطرية بين 2018 و2022 بمحطة الأرصاد الجوية بخريبكة.

Cabanne, Claude, 1991, lexique de géographie humaine et économique, Paris, Dalloz, p23.

Diry, Jean-Paul, 2004, les espaces ruraux, Armand colin, p186.

Gharrouss M ; 2005, Adoption des techniques d'Aridoculture: moyen pour améliorer l'efficience d'utilisation de l'eau , Publiée par Colloque L'eau entre Moulin et Noria, organisé à Marrakech , P 192-198.

Organisation météorologique mondiale, 2012, Guide d'utilisation de l'indice de précipitations normalisé, OMM

دراسة العدد

انبعاثات الغازات الدفيئة من قطاع المباني والإنشاءات (الأسباب والمعالجات المستدامة المطروحة)

Greenhouse Gas (GHG) Emissions from Buildings and Constructions Sector (*Causes* and *Sustainable Solutions Proposed*)

الأستاذ الدكتور خالد حسين محمد
الخبير الزائر بالألكسو
(معهد التعليم الدولي -صندوق إنقاذ العلماء)
أستاذ الكيمياء العضوية وكيمياء النواتج الطبيعية المشارك
بكلية العلوم جامعة صنعاء -الجمهورية اليمنية
kh.hussein@su.edu.ye

انبعاثات الغازات الدفيئة من قطاع المباني والإنشاءات
(الأسباب والمعالجات المستدامة المطروحة)

Greenhouse Gas (GHG) Emissions from Buildings and Constructions Sector (*Causes* and *Sustainable Solutions Proposed*)

ملخص الدراسة:

تتضمن هذه الدراسة عرضاً لأهم الانبعاثات الغازية المسببة للاحتباس الحراري المنبعثة من قطاع المباني والإنشاءات، والتوعية بالأسباب والمعالجات المستدامة التي وردت في كثير من تقارير المنظمات والأُطر الدولية ذات العلاقة، والتي تضمنتها أيضاً بعض المقالات والنشرات العلمية. واستناداً على ذلك فقد خلُصت هذه الدراسة إلى أن هناك نوعين من الانبعاثات الغازية المنبعثة من هذا القطاع وهي تلك المنبعثة اثناء البناء ونقل وتصنيع مواد البناء (**الانبعاثات المتجسدة**)، وتلك التي تنبعث طوال عمر المبنى من الأنشطة اليومية التي تتم داخله (**الانبعاثات التشغيلية**). استخلصت هذه الدراسة أيضاً إلى أن سبب تلك الانبعاثات يرجع للاستهلاك المتزايد لطاقة الوقود الأحفوري، وايضا للتفاعلات الكيميائية التي تحدث في أثناء عمليات التصنيع لمواد البناء وتحديداً صناعة الإسمنت والحديد والصلب. وبشأن المعالجات المستدامة، فقد خلُصت الدراسة إلى ان هناك ثلاث ممارسات وإجراءات أساسية ينبغي اتخاذها للوصول إلى صافي انبعاثات صفرية بحلول عام 2050 في قطاع المباني والإنشاءات: **(أ) خفض الانبعاثات، (ب) احتجاز وإزالة الانبعاثات**، وكذلك **(ج) استخدام أسواق الكربون الدولية** (تسعير الكربون، أو ضريبة الكربون)، مع زيادة الدعم المالي والحوافز لدعم هذا التحول وضمان فعالية تلك الممارسات والإجراءات. ويمكن **خفض الانبعاثات المجسدة** من خلال استخدام بدائل للوقود الأحفوري خالية من الانبعاثات، واستخدام مواد خام متجددة، بالإضافة إلى اعتماد إعادة التدوير. بينما يمكن **خفض الانبعاثات التشغيلية** من خلال التحول الى استخدام مصادر الطاقة المتجددة وغيرها من الوقود النظيف كبدائل عن الوقود الأحفوري، التصميم الهندسي الذي يوفر أكبر قدر من الاضاءة والتهوية، والعزل الحراري، وكذلك استخدام مواد مستدامة (خضراء) في عمليات ترميم تلك المباني وتجديدها وتأثيثها وتجهيزها. وتتكفل تقنيات الحجز والإزالة المتاحة، وزيادة المساحات الخضراء، وكذلك سوق الكربون بالتخلص بما يتبقى من تلك الانبعاثات. توصي هذه الدراسة بما يلي:

تضمين بنود الاستدامة وشروطها في عقود وتصاريح البناء، وضع آليات للحوكمة والترتيبات المؤسسية لتقييم مدى تنفيذ تلك الإجراءات والممارسات بشكل دوري خلال فترة البناء، تأهيل كوادر في هذا المجال، جعل صناعة مواد البناء واحدة من أولويات البحث العلمي ودعم الابتكار وتعزيزه فيها.

الكلمات الرئيسة المفتاحية الدالة: انبعاثات الغازات الدفيئة، الانبعاثات الغازية من المباني، أسباب الانبعاثات الدفيئة، المعالجات المستدامة لانبعاثات المباني.

Abstract:

This study includes a presentation of the most important greenhouse gas emissions emitted from the buildings and constructions sector, and awareness of the causes and sustainable treatments mentioned in many reports of relevant international organizations and frameworks, which were also included in some scientific articles and publications. Based on these reports, articles and scientific publications, this study concluded that **there are two types of gas emissions emitted from this sector**: those emitted during construction, transportation and manufacturing of building materials (**embodied emissions**), and those emitted throughout the life of the building from daily activities that take place inside it (**operational emissions**). This study also concluded that the reason for these emissions is due to the increasing consumption of fossil fuel energy, as well as the chemical reactions that occur during the manufacturing processes of building materials, especially the cement, iron and steel industries. Regarding sustainable treatments, all international reports, research and scientific articles have agreed that **there are three basic practices and procedures** (emissions reduction, emissions capture and removal, in addition to carbon pricing) that must be taken to reach net zero emissions by 2050 in the buildings and construction sector, as well as **increasing financial support and incentives** to support this transformation and ensure the effectiveness of these practices and procedures. Many international studies and reports indicate that **embodied emissions** resulting from the building materials industry **can only be reduced** by using **emission-free alternatives to fossil fuels**, using **renewable raw materials** and **adopting recycling**. On the other hand, studies have also indicated that **the shift to using renewable energy sources** and other clean fuels as alternatives to fossil fuels, and **engineering design** that provides the greatest amount of lighting, ventilation, and thermal insulation, as well as **using sustainable (green) materials** in the restoration, renovation, furnishing and equipping of these buildings are the only way **to reduce operational emissions**. In order for these procedures and practices to be effective and sustainable, this study recommends **including sustainability clauses and conditions in construction contracts and permits**, adopting them in a law or proposed legislation, or including them in documents and the state's national development strategy. This study also recommends **establishing governance**

mechanisms and institutional arrangements to periodically evaluate the extent of implementation of these procedures and practices during the construction period. In addition, the study recommends **qualifying cadres in this field** from contractors in government and private companies, construction workers and engineers in the field of architecture, urban planning and decoration, and **making the building materials industry one of the priorities of supported scientific research.**

Keywords: Greenhouse gas (GHG) emissions, GHG emissions from buildings, causes of GHG emissions, sustainable solutions for building emissions.

1. مـقـدمة

مما لا شك فيه أن القرنين الماضيين من التصنيع والنمو الاقتصادي السريع الذي ولدته الثورات الصناعية المتتالية، قد أسفرا عن تقدم تكنولوجي هائل، وفي الوقت نفسه، أصبح التأثير الضار لهذا النمو الاقتصادي والتقدم التكنولوجي في البيئة والمناخ واضحًا وبشكل متصاعد من خلال تزايد الانبعاثات الغازية الضارة التي رافقت تلك التطورات الصناعية والاقتصادية والتكنولوجية المتتالية، والذي قاد بدوره إلى ما يسمى بظاهرة الاحتباس الحراري التي أدت بدورها إلى حدوث تغيرات سريعة وواسعة النطاق في النظام المناخي. وقد أثرت تلك التغيرات في نشوء كثير من الظواهر الجوية والمناخية المتطرفة في مختلف المناطق في أنحاء العالم جميعها، علاوة على الآثار **البيئية الأخرى مثل: التصحر، وتآكل التربة، وتدمير الغابات، والانقراض المستمر للأنواع المختلفة من الكائنات الفريدة** (Boehm et al., 2022 & 2023; Group 7, 2022).

إن النمو السكاني المتزايد، والاعتماد على الوقود الأحفوري كمصدر للطاقة، وكذلك التغيرات المناخية العالمية المتسارعة بسبب ظاهرة الاحتباس الحراري تُذكرنا دائماً بأن المشكلة الرئيسة في هذا المجال هي **التوفيق بين التنمية الاقتصادية وضرورة الحفاظ على البيئة، وبأهمية الاستخدام المسؤول والمستدام لمواردنا الطبيعية، و** بأنه **يجب الحد من معدلات الارتفاع في درجات الحرارة**، وبأن اعتمادنا على الوقود الأحفوري كمصدر من مصادر الدخل القومي وجعله مصدر الطاقة الأساس لمعظم الأنشطة البشرية يجب أن ينخفض وبسرعة، كونه أحد أهم الأسباب في نشوء هذه الظاهرة.

1.1. إشكالية الدراسة

استخدام الوقود الأحفوري كمصدر رئيسي للطاقة في قطاع المباني والإنشاءات، والانبعاثات الغازية المسببة للاحتباس الحراري المنبعثة من هذا القطاع، والتلوث البيئي الناتج عنها مع عدم التوفيق بين الحاجة إلى التنمية الاقتصادية والحفاظ على البيئة من الانبعاثات الغازية المسببة للتلوث، تُعد أهم إشكاليات هذه الدراسة.

1.2. أهداف الدراسة

تحديد أهم أنواع الانبعاثات الغازية التي يُولدها هذا القطاع والتوعية بالأسباب والمصادر والمعالجات المستدامة لها.

التأكيد على أهمية التخلص من الوقود الأحفوري كمصدر للطاقة في هذا القطاع من خلال التحول التدريجي إلى استخدام مصادر الطاقة المتجددة وغيرها من الوقود النظيف، وكذلك استخدام المواد المستدامة في عمليات البناء والترميم والتجديد للمباني والإنشاءات.

1.3. منهج الدراسة

تعتمد هذه الدراسة المنهج الوصفي التحليلي في وصف وتحليل أهم أنواع الانبعاثات الغازية في قطاع المباني والإنشاءات ومصادرها وأسبابها وكذلك طرق المعالجة المطروحة لها.

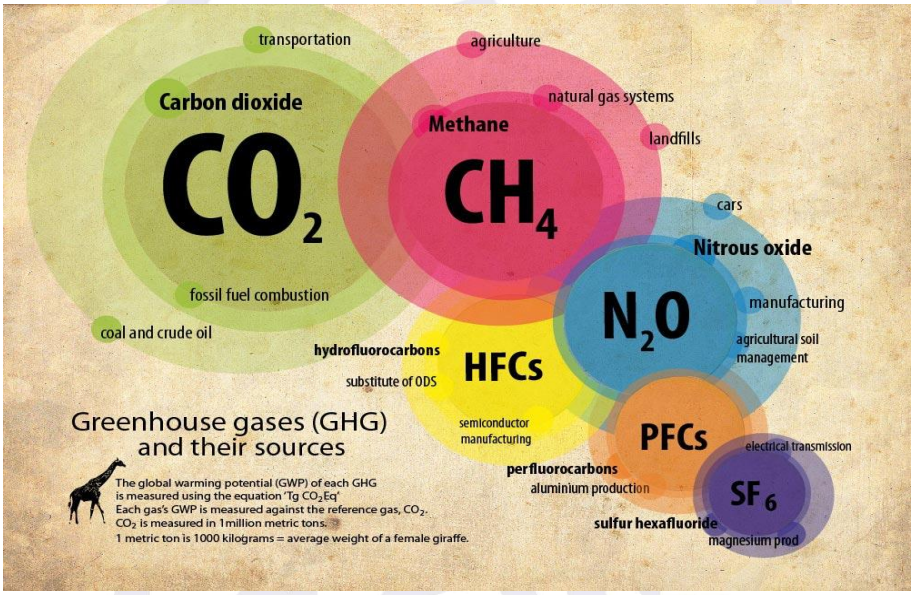
2. الإطار العام لهذه الدراسة

2.1. مفهوم الانبعاثات الغازية

يُشير مصطلح **"الانبعاثات الغازية"** إلى أنه مصطلح يشمل **انبعاثات غازات الدفيئة البشرية المنشأ جميعها، والتي تغطيها اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ** (ثاني أكسيد الكربون، الميثان، أكسيد النتروز، الهيدروفلوروكربونات، وسادس فلوريد الكبريت)، ما لم ينص على خلاف ذلك في الوثائق القطرية ذات الصلة.

الشكل 1 أدناه يبين تلك الغازات ومصادرها الرئيسة.

شكل 1: الغازات الدفيئة المسببة للاحتباس الحراري ومصادرها الرئيسة



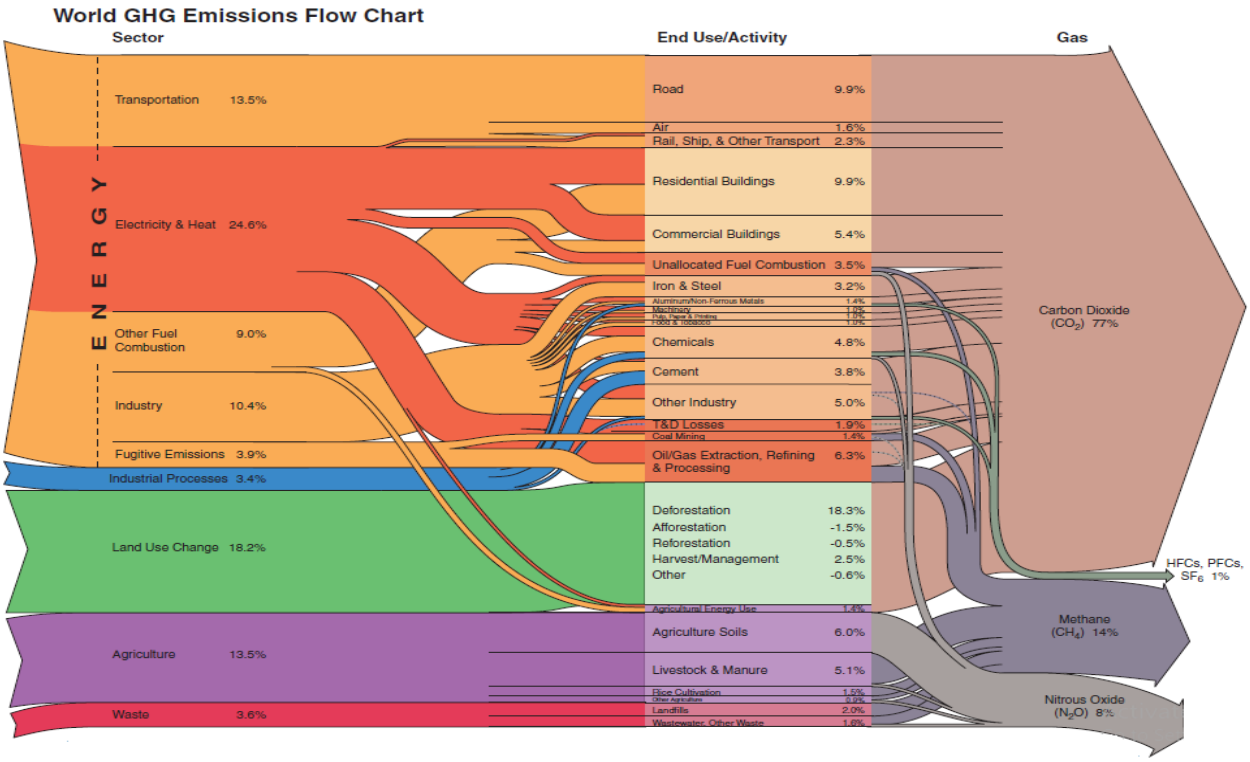
Source: cemsyimf.blob.core.windows.net., From www.e-education.psu.edu

كما يجب التمييز بين "صافي الانبعاثات الغازية" و"صافي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون/حياد الكربون" والتي من المفهوم أنها تغطي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وحدها.

ويجب الأخذ بعين الاعتبار أنه في بعض الحالات، تستخدم البلدان مصطلحات من مثل صافي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، والحياد الكربوني لوصف تلك الانبعاثات الغازية (مثل فرنسا)، ولكن الوثائق الوطنية تحدد أن هذا يغطي جميع انبعاثات غازات الدفيئة. ويرجع ذلك إلى أن انبعاثات غازات الدفيئة (البشرية المنشأ) جميعها تتمثل في الأساس بنسبة عالية من ثاني أُكسيد الكربون (CO_2) تصل تقريباً إلى المدى ما بين 75 – 80 % بينما تمثل باقي الغازات (الميثان، أكسيد النتروز، غازات الفلور) ما نسبته 25 – 20 %.

وقد جرى توزيع الحصص وفقاً لمعهد الموارد العالمية (World Resources Institute, 2005)، كما في **الشكل 2** أدناه:

شكل 2: يبين تباين مساهمات تلك الانبعاثات الغازية ومصادرها، كما يبين أن ثاني أكسيد الكربون يمثل النسبة الأعلى World .(GHG emissions flow chart, 2000)

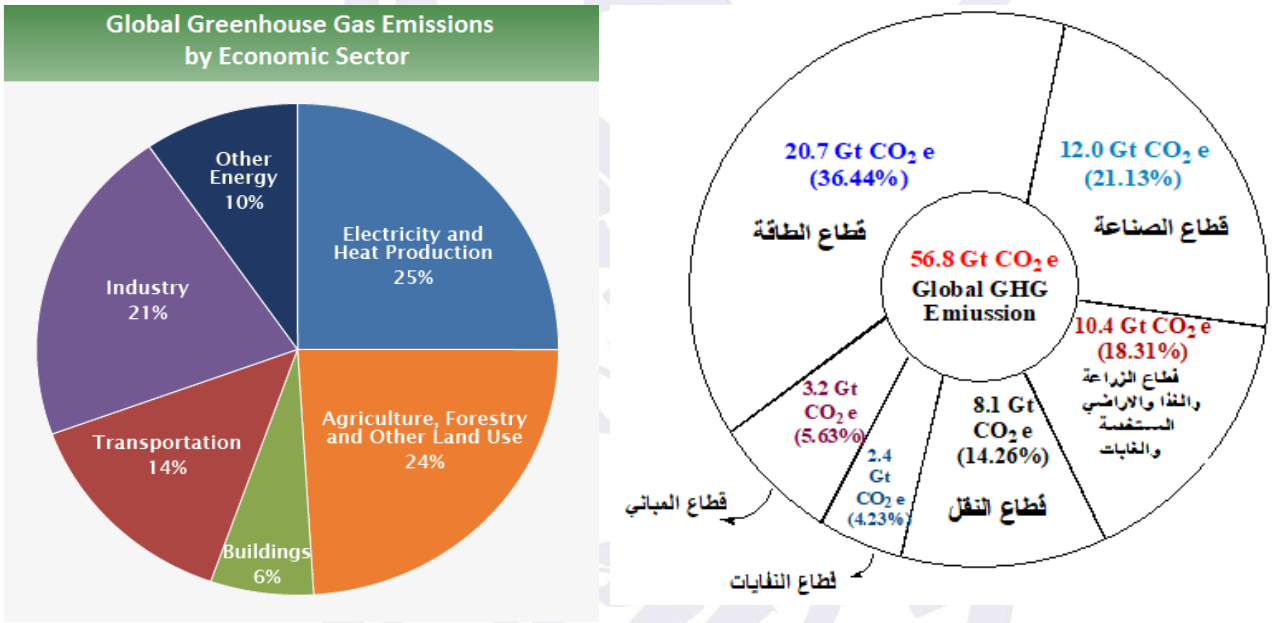


Source: https://coolinfographics.com;https://www.wri.org/data/world-greenhouse-gas-emissions-2005; IEA, 2023d.

2.2. مصادر الانبعاثات الغازية

تنبعث هذه الغازات في أنحاء العالم جميعها من مختلف قطاعات الاقتصاد (الطاقة، الصناعة، النقل، المباني والإنشاءات، الزراعة والغذاء، الأراضي المستخدمة والغابات، النفايات) (Boehm et al., 2022 & 2023) **(شكل 3)**. وتُسهم منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا بنسبة 5% فقط تقريباً من هذه الانبعاثات (سلطان الجابر- رئيس مؤتمر COP28)، بينما تتصدر الصين، الولايات المتحدة الامريكية، الاتحاد الاوروبي، الهند وروسيا الاتحادية القائمة من حيث نسبة الانبعاثات **(شكل 4a)**.

شكل 3 : صافي انبعاثات غازات الاحتباس الحراري العالمية الناتجة عن الأنشطة البشرية بحسب القطاع في عام2021 .

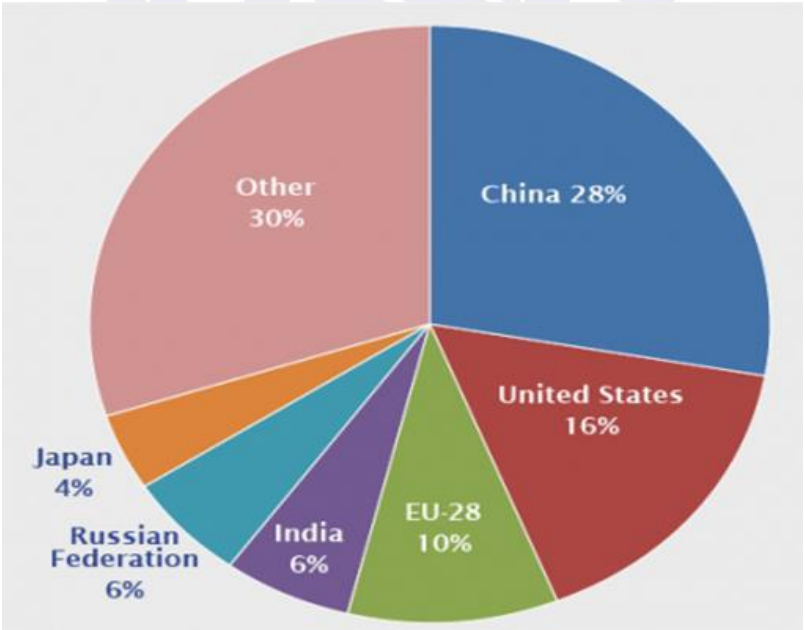


Source: https://climatechange.chicago.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data

مصادر أخرى: (EC and JRC, 2022; Jan C. Minx et al., 2021; IEA, 2021a; Boehm et al., 2022 & 2023)

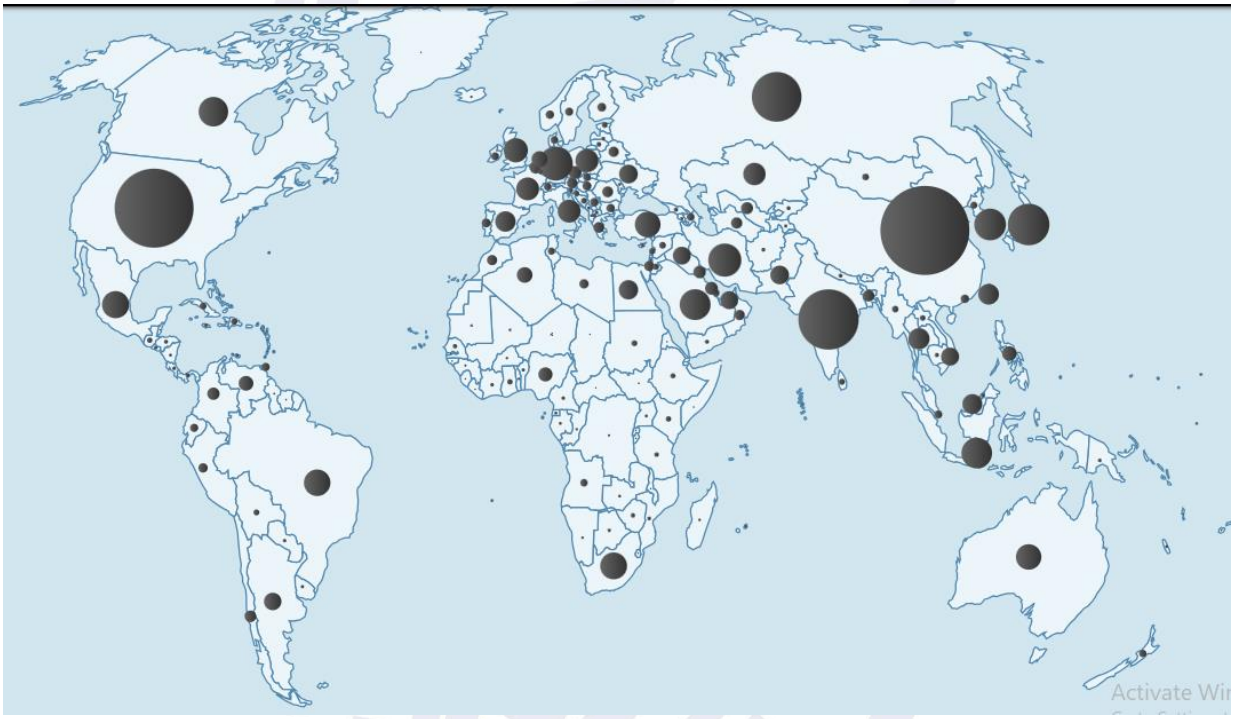
ملاحظات: CO_2 = ثاني أكسيد الكربون؛ GHG = غازات الدفيئة؛ $GtCO_2e$ = جيجا طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون .

شكل 4a: إسهامات الدول الصناعية الكبرى في صافي انبعاثات غازات الاحتباس الحراري العالمية



Sources: https://climatechange.chicago.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data

شكل4b: يبين أدناه إسهامات دول العالم في الانبعاثات الغازية بما فيها منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا



Source: http://www.globalcarbonatlas.org/en/CO_2-emissions

بُذِلت كثيرٌ من الجهود وتم القيام بكثير من الأنشطة والإجراءات، وفُرضت كثير من شروط وبنود الاستدامة على معظم القطاعات الاقتصادية، بل أنه تم اتخاذ عدد من القرارات الدولية في مؤتمرات إقليمية وأممية من أجل خفض تلك الانبعاثات منذ العام 2015 وما قبلها وحتى الآن (Boehm et al., 2022 & 2023)

2.3. نتائج أول تقييم

كانت نتيجة أول تقييم لتلك الجهود والممارسات والأنشطة والإجراءات في القطاعات جميعها صادمة وغير متوقعة. الجداول المبينة أدناه **(جداول 1 – 6)** تستعرض عدد من الاهداف والمؤشرات التي وردت في تقارير العمل المناخي للعام 2021 وما قبلها للقطاعات كافة وكذلك مسارات تكنولوجيا احتجاز وإزالة الكربون، وتمويل المناخ.

تُبين تلك الجداول ملخص إسهامات القطاعات كافة في صافي انبعاثات غازات الاحتباس الحراري(GHG) العالمية (البشرية المنشأ) في عام 2021، وكذلك ملخص لمؤشرات التقييم والأهداف المأمول تحقيقها نحو التحول إلى اقتصاديات خالية من الكربون وتحقيق واحد من أهم أهداف اتفاق باريس المتمثل في الحد من ارتفاع درجات الحرارة إلى 1.5ºC مئوية.

(Jaeger, 2023; Boehm et al., 2022 & 2023; IEA, 2023b, 2023c; 2021b, 2020; IPCC, 2018)

جدول 1: يبين تقييم نتائج تقييم الممارسات والإجراءات في قطاعات الطاقة، الصناعة، وكذلك البناء والإنشاءات.

م	القطاع المستهدف	انبعاثات القطاع	مؤشر التقييم	البيانات المتاحة	الأهداف المراد تحقيقها		
					2030	2035	2050
1	قطاع الطاقة	**% 36.4** أي ما يعادل 20.7 جيجا طن مكافئ من CO_2 . **منها** 14.4 جيجا طن خاصة بالكهرباء و الحرارة المستهلكه بشريا.	حصة المصادر الخالية من الكربون في توليد الكهرباء (%).	%39 (2022)	% 91-88	%99-98 (2040)	%100-99
			حصة الفحم في توليد الكهرباء (%).	%36 (2022)	% 4	%1 – 0 (2040)	% 0
			حصة الغاز الأحفوري غير المخفف في توليد الكهرباء (%).	%23 (2022)	% 7 – 5	%1 (2040)	% 0
			كثافة الكربون في توليد الكهرباء (غرام من ثاني أكسيد الكربون/كيلوواط ساعة).	440 (2022)	80 - 48	6 – 2 (2040)	أقل من 0
2	قطاع الصناعة	**% 21.13** أي ما يعادل 12.0 جيجا طن مكافئ من CO_2 **مضاف اليها** 6.1 جيجا طن من قطاع الطاقة في صورة كهرباء و حرارة.	حصة الكهرباء في الطلب النهائي على الطاقة في قطاع الصناعة (%).	%29 (2021)	% 43 – 35	% 54 – 51 (2040)	% 69 – 60
			كثافة الكربون في إنتاج الإسمنت العالمي (كجم ثاني أكسيد الكربون/طن أسمنت).	660 (2020)	70 - 360	غير متاح	90 - 55
			كثافة الكربون في إنتاج الصلب العالمي (كجم ثاني أكسيد الكربون/طن فولاذ خام).	1890 (2020)	50 - 1340	غير متاح	130 - 0
			إنتاج الهيدروجين الأخضر (طن متري).	0.027 (2021)	58	غير متاح	330
3	قطاع البناء و الانشاءات	**% 5.6** أي ما يعادل 3.2 جيجا طن مكافئ من CO_2 **مضاف اليها** 6.6 جيجا طن من قطاع الطاقة **(أي ضعف الانبعاثات)** في صورة كهرباء و حرارة.	كثافة الطاقة في عمليات البناء (كيلوواط ساعة/م2).	140 (2022)	120 - 85	غير متاح	80 - 55
			كثافة الكربون في عمليات البناء (كيلوغرام ثاني أكسيد الكربون/م2).	38 (2022)	16 - 13	غير متاح	2 - 0
			معدل إعادة تأهيل المباني (%/سنة).	أقل من 1 (2019)	3.5 – 2.5	3.5 (2040)	غير متاح
			حصة المباني الجديدة الخالية من الكربون أثناء التشغيل (%).	5 (2020)	100	100	100

جدول 2: يبين تقييم نتائج تقييم الممارسات والإجراءات في قطاع الزراعة والغذاء.

م	القطاع المستهدف	انبعاثات القطاع	مؤشر التقييم	البيانات المتاحة	الأهداف المراد تحقيقها		
					2030	2035	2050
	قطاع الزراعة والغذاء	**2.7 جيجا طن مكافئ من CO_2 .** من اصل 7.7 جيجا طن تمت إزالة طبيعية ل3.7 جيجا طن مكافئ من CO_2.	كثافة انبعاثات غازات الاحتباس الحراري من الإنتاج الزراعي (جرام ثاني أكسيد الكربون المكافئ/1000 كيلو كالوري).	700 (2020)	500	450	320
			إنتاجية المحاصيل (طن/هكتار)	6.6 (2021)	7.8	8.2	9.6
			إنتاجية لحوم المجترات (كجم/هكتار)	29 (2021)	33	35	42
			حصة الإنتاج الغذائي المفقود (%)	13 (2021)	6.5	6.5	6.5
			هدر الغذاء (كجم/فرد)	120 (2019)	61	61	61
			استهلاك لحوم المجترات (كيلو كالوري/فرد/يوم)د	91 (2020)	79	74	60

جدول 3: يبين تقييم نتائج تقييم الممارسات والإجراءات في قطاع الأراضي والغابات.

م	القطاع المستهدف	انبعاثات القطاع	مؤشر التقييم	البيانات المتاحة	الأهداف المراد تحقيقها		
					2030	2035	2050
.5	قطاع الاراضي و الغابات	% 18.31 أي ما يعادل 10.4 جيجا طن مكافئ من CO_2 .	إزالة الغابات (مليون هكتار/سنة)	5.8 (2022)	1.9	غير متاح	0.31
			تدهور أراضي الخث (مليون هكتار/سنة)	0.06 (2018-1993)	0	0	0
			فقدان أشجار المانغروف (هكتار/سنة)	32000 (2017-2019)	4900	غير متاح	غير متاح
			إعادة التحريج (إجمالي المساحة بالمليون هكتار)	130 (2000-2020)	100 -2030) (2020	130 -2035) (2020	130 -2050) (2020
		4 جيجا طن مكافئ من CO_2.	استعادة أراضي الخث (إجمالي المساحة بالمليون هكتار)	غير متاح ولهذا يفترض الباحثون بأنها صفر اعتبارا من 2015	15 -2030) (2020	غير متاح	29 - 20 -2050) (2020
			استعادة أشجار المانجروف (إجمالي المساحة بالهكتار)	15000 (1999-2019)	240000 -2030) (2020	غير متاح	غير متاح

جدول 4: يبين تقييم نتائج تقييم الممارسات والإجراءات في قطاع النقل.

م	القطاع المستهدف	انبعاثات القطاع	مؤشر التقييم	البيانات المتاحة	الأهداف المراد تحقيقها		
					2030	2035	2050
.4	قطاع النقل	% 14.3 أي ما يعادل 8.1 جيجا طن مكافئ من CO_2 . منها 0.2 جيجا طن من قطاع الطاقة في صورة كهرباء و حرارة.	عدد كيلومترات وسائل النقل السريع لكل مليون نسمة (كم/مليون نسمة).	19 (2020)	38	غير متاح	غير متاح
			عدد كيلومترات مسارات الدراجات عالية الجودة لكل الف نسمة (كم/1000 نسمة).	0.0044 (2020)	2	غير متاح	غير متاح
			حصة الكيلومترات التي تقطعها سيارات الركاب (%كيلومتر- راكب).	45 (2019)	43 – 35	غير متاح	غير متاح
			حصة المركبات الكهربائية في مبيعات المركبات الخفيفة (%).	10 (2022)	95 – 75	100	غير متاح

			حصة المركبات الكهربائية في أسطول المركبات الخفيفة (%).	1.5 (2022)	40 – 20	غير متاح	100 - 85
			حصة المركبات الكهربائية في مبيعات المركبات ذات العجلتين والثلاث عجلات (%).	49 (2022)	85	غير متاح	100
			حصة المركبات الكهربائية التي تعمل بالبطاريات والمركبات الكهربائية التي تعمل بخلايا الوقود في مبيعات الحافلات (%).	3.8 (2022)	60	غير متاح	100
			حصة المركبات الكهربائية التي تعمل بالبطاريات والمركبات الكهربائية التي تعمل بخلايا الوقود في مبيعات المركبات التجارية المتوسطة والثقيلة (%).	2.7 (2022)	30	غير متاح	99
			حصة وقود الطيران المستدام في إمدادات وقود الطيران العالمية (%).	0.1 (2022)	13	غير متاح	100
			حصة الوقود الخالي من الانبعاثات في إمدادات وقود الشحن البحري (%).	0.0 (2022)	5	غير متاح	93

جدول 5: يبين تقييم نتائج تقييم الممارسات والإجراءات في مسار التمويل.

م	القطاع المستهدف	مؤشر التقييم	البيانات المتاحة	الأهداف المراد تحقيقها		
				2030	2035	2050
7	قطاع التمويل	إجمالي التمويل العالمي للمناخ (تريليون دولار أمريكي/السنة).	0.85 (2021)	5.2	غير متاح	5.1
		التمويل العام العالمي للمناخ (تريليون دولار/سنة).	0.332 (2020)	2.61 – 1.31	غير متاح	2.57 – 1.29
		التمويل الخاص العالمي للمناخ (تريليون دولار/سنة).	0.333 (2020)	3.92 – 2.61	غير متاح	3.86 – 2.57
		نسبة الاستثمار في إمدادات الطاقة منخفضة الكربون إلى إمدادات الطاقة من الوقود الأحفوري.	1:1 (2023)	7:1	10:1 (2040)	10:1
		حصة انبعاثات غازات الاحتباس الحراري العالمية بموجب الإفصاح الإلزامي عن مخاطر المناخ للشركات (%).	20 (2022)	75	غير متاح	100
		متوسط سعر الكربون المرجح في الولايات القضائية التي تطبق أنظمة تسعير الانبعاثات (2015 دولار/طن مكافئ	23	290 - 170	غير متاح	900 - 430

		ثاني أكسيد الكربون).	(2023)			
		إجمالي التمويل العام للوقود الأحفوري (مليار دولار/سنة).	1100 (2021)	0	0	0

جدول 6: يبين تقييم نتائج تقييم الممارسات والإجراءات في مسار إزالة الكربون واحتجازه بالطرق التكنولوجية.

م	القطاع المستهدف	مؤشر التقييم	البيانات المتاحة	الأهداف المراد تحقيقها		
				2030	2035	2050
.6	**قطاع إزالة الكربون واحتجازه بالطرق التكنولوجية**	إزالة الكربون بالطرق التكنولوجية (ميجا طن ثاني أكسيد الكربون في السنة).	0.57 (2022)	30 - 690	غير متاح	740 - 5500

بحسب هذه الاحصائيات نلاحظ أن النتائج الأولية لأول تقييم للتقدم العلمي نحو تحقيق أهداف عام 2030 تُشير إلى ما يلي:

تُبين نتيجة التقييم للقطاعات كلها، أن التحولات لا تحدث بالوتيرة والحجم المطلوبين. إذ وُجِد أن هناك مؤشراً واحداً فقط من بين 42 مؤشرًا تم تقييمها (حصة المركبات الكهربائية في مبيعات المركبات الخفيفة "سيارات الركاب")، يُظهر معدلًا تاريخيًا للتحول إلى المسار الصحيح للوصول إلى هدفه لعام 2030 (عند أو أعلى من الوتيرة المطلوبة لتحقيق هدف عام 2030) (OECD and IISD, 2023).

بصفة عامة يمكن القول أن

- هدف واحد فقط في الاتجاه الصحيح وعلى المسار الصحيح.
- ستة أهداف في الاتجاه الصحيح لكنها خارج المسار الصحيح (تسير بمعدل غير كافي لتكون على المسار).
- أربعة وعشرون هدفا في الاتجاه الصحيح لكنها، بعيدًا عن المسار الصحيح (تسير بمعدل أقل من المطلوب لكي تكون على المسار الصحيح).
- ستة أهداف في الاتجاه الخاطئ، مطلوب التراجع.
- لا توجد بيانات كافية عن خمسة أهداف.

استناداً على نتائج التقييم عبر القطاعات المبينة أعلاه، فأنه يتعين على العالم أن يواجه الحقيقة المؤلمة المتمثلة في أنه على الرغم من تحقيق تقدم ملموس في بعض القطاعات، فإن الجهود الجماعية الرامية إلى الوصول إلى الذروة أولاً ثم خفض انبعاثات الغازات المسببة للانحباس الحراري العالمي إلى النصف هذا العقد لا تزال قاصرة بشكل مؤسف.

3. الانبعاثات الغازية المسببة للاحتباس الحراري من قطاع المباني والإنشاءات

يُعدّ قطاع المباني والإنشاءات واحداً من قطاعات الاقتصاد النشطة ومن المتوقع أن يكون أكثر نشاطاً في المستقبل القريب وعملية تحقيق الاستدامة في هذا القطاع أساسها أن يتحول هذا القطاع إلى قطاع خالٍ من الانبعاثات الكربونية .ولهذا فقد التزمت كثير من الدول بما فيها دول مجلس التعاون الخليجي ومصر بأن يكون قطاع المباني خالياً من الانبعاثات الكربونية بحلول العام 2050، وبعضها قدم التزاما بحلول عام 2060. ومن المتوقع أن يحدث قدر كبير من النمو في المساحة الأرضية في آسيا وأفريقيا مع تحسن مستويات المعيشة. إذ تُشير التقديرات إلى أن 60 % من المباني التي ستوجد في عام 2050 لم يتم بناؤها بعد، وبحسب ما تشير إليه دراسة سابقة، فإن هذا الكم من المباني يُعادل بناء مدينة بحجم مدينة نيويورك كل شهر حتى ذلك الحين(Rose Morrison, 2022) .

في الشرق الاوسط تُعد دول الخليج ومصر من المناطق المشجعة لنمو قطاع البناء، سواء أكان على صعيد حجم الاستثمار في المشاريع أم ضخامة تلك المشاريع. وتُقدر قيمة العقود الممنوحة في قطاع البناء والصناعة لمواد البناء والبنى التحتية في دول الخليج وحدها بنحو 39.9 مليار دولار في الربع الثاني من العام 2023 بزيادة قدرها 110 % عن العام 2022 (Arun Visweswaran et al., 2024).

ويقدر حجم سوق البناء في دول مجلس التعاون الخليجي بنحو 169.30 مليار دولار أمريكي في عام 2024، ومن المتوقع أن يصل إلى 216.80 مليار دولار أمريكي بحلول عام 2029، بمعدل نمو سنوي مركب يزيد عن 5٪ خلال الفترة المتوقعة (2024-2029) .

(تم الاسترجاع من

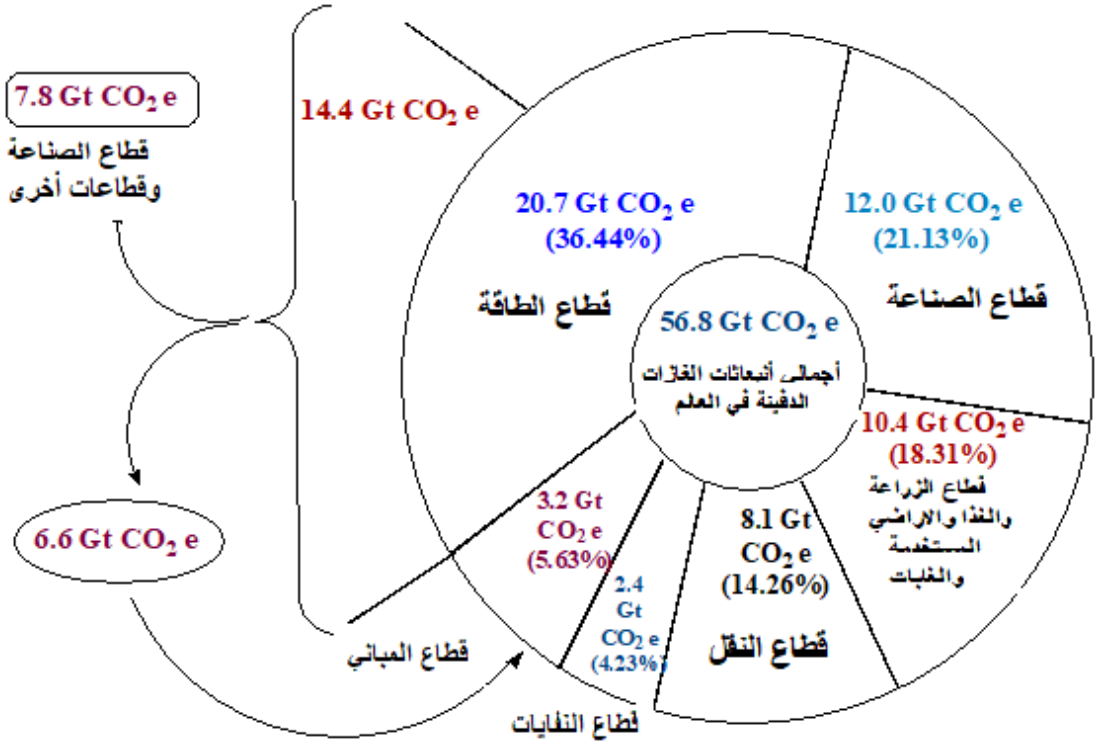
https://www.mordorintelligence.com/ar/industry-reports/analysis-of-the-construction-industry-in-gcc-countries-industry)

3.1. انبعاثات المباني والإنشاءات

3.1.1. مصادرها

تُشكل المباني مصدراً مهماً لانبعاثات غازات الاحتباس الحراري كونها المساحات التي يمارس فيها كثيرون الأنشطة اليومية. بلغت إسهامات قطاع المباني والإنشاءات في الانبعاثات **المباشرة لغازات الاحتباس الحراري** ما يقدر بنحو 5.6% أي ما يعادل 3.2 جيجا من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون على مستوى العالم في عام 2021 **(شكل 5).** وعند تقدير اجمالي الانبعاثات المباشرة وغير المباشرة لغازات الاحتباس الحراري المنبعثة من المباني بسبب استخدام الكهرباء واستهلاك الحرارة لأغراض التدفئة والتبريد والطهي والإضاءة والإلكترونيات، وُجِد أن هذا الرقم يتضاعف ثلاث مرات تقريبًا ليصل إلى **16.9%** إي ما يعادل **9.8 جيجا طن من ثاني أكسيد الكربون** من انبعاثات الغازات الدفيئة في العالم **(شكل 5)**. كما تؤدي الانبعاثات المجسدة الناتجة من تشييد المباني وتأثيثها إلى توليد انبعاثات غازات دفيئة إضافية، ما يرفع الحصة إلى **21 % تقريبا**.

شكل 5: إسهام المباني في انبعاثات غازات الاحتباس الحراري العالمية في عام 2021.



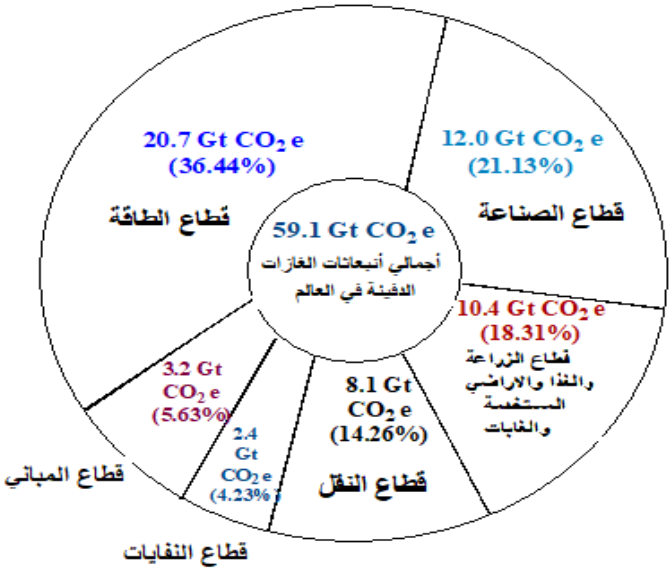
Source: Jan C. Minx et al., 2021; Boehm et al., 2022 & 2023

وقد لوحظ أن تغير سلوكيات وممارسات البشر لمختلف الأنشطة في أثناء جائحة كوفيد-19 والمتمثل في العمل عن بعد وانخفاض معدل استخدام وسائل النقل، وإشغال الفنادق وتناول الطعام في المطاعم وغيره، أدى إلى انخفاض حوالي 10 بالمائة في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من المباني في عام 2020 مقارنة بالعام السابق (UNEP, 2021). إذ انخفض اجمالي انبعاثات غازات الاحتباس الحراري من 59.1 جيجا طن **(شكل 6)** إلى56.8 جيجا طن **(شكل 5).**

لكنه وُجد فيما بعد، أن انبعاثات الغازات الدفيئة العالمية عادت لتنتعش إلى مستويات ما قبل الوباء مرة أخرى، وبحسب تقرير فجوة الانبعاثات للعام 2023 **(شكل 7)**، فقد بلغت انبعاثات غازات الاحتباس الحراري من **القطاعات كافة للعام 2022 ما يُكافئ 57.4 جيجا طن** من غاز ثاني أُكسيد الكربون (CO_2).

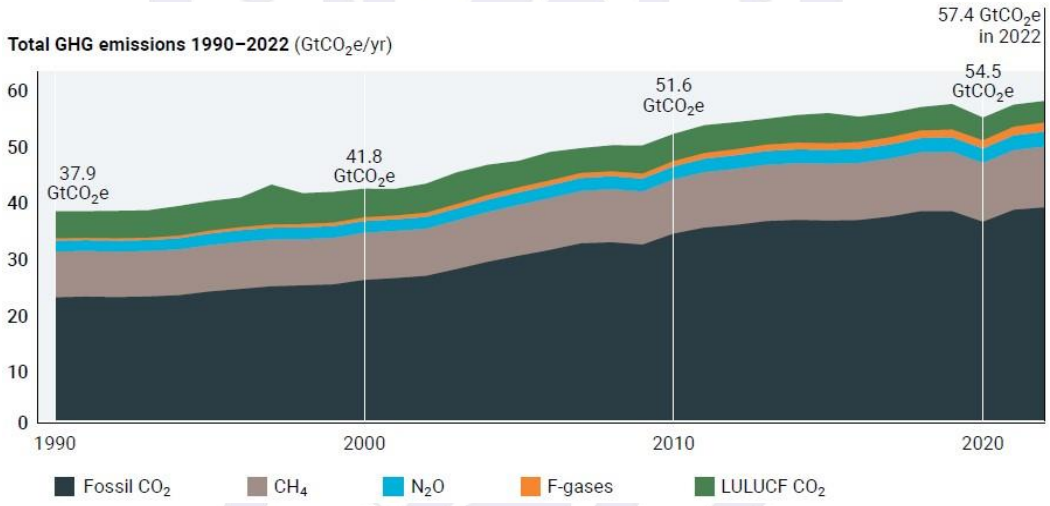
(IEA, 2021c; IEA, 2023b; UNEP, 2023 & 2024).

شكل 6: إسهام المباني في انبعاثات غازات الاحتباس الحراري العالمية في عام 2019 (ماقبل كوفيد 2019)



شكل 7: انبعاثات غازات الاحتباس الحراري من **القطاعات كافة للعام من 1990 – 2022**

Source: Jan C. Minx et. al., 2021; Boehm et. al., 2022 & 2023



LULUCF = Land Use, Land Use Change and Foresty **Source:** UNEP, 2023.

ملاحظة:

واستنادا على ذلك فأن النشاط في هذا القطاع يجب أن يكون محكوم للحفاظ على الاستدامة في هذا القطاع وبقائه خاليا من الانبعاثات الكربونية بحلول عام 2050.

3.1.2. أنواعها وأسبابها

هناك **نوعان من الانبعاثات الغازية التي تولدها المباني والإنشاءات (شكل 8) وهما:**

- **الانبعاثات التشغيلية:** وهي تلك الانبعاثات التي تتولد في أثناء قيامنا بمختلف الأنشطة الحيوية داخل هذه المباني. وتعد عملية طهي الطعام والإنارة واستخدام مختلف الأجهزة الإلكترونية وعمليات التبريد والتدفئة من أهم تلك الأنشطة

الحيوية. ويؤدي نوعية الوقود المستخدم للقيام بهذه الأنشطة في هذا البناء، المساحة الأرضية للبناء، نوعية البناء (سكني أو تجاري – مبنى قديم أو حديث)، وكذلك الموقع الجغرافي للبناء دوراً في حجم هذا النوع من الانبعاثات.

- **الانبعاثات المجسدة:** بالإضافة للانبعاثات التشغيلية، فإنه مع نمو المباني في العدد والحجم وزيادة كميات مواد البناء المستخدمة، ستنتج أيضًا انبعاثات مجسدة أعلى في أثناء البناء والتأثيث والهدم ونقل مواد البناء وتصنيعها. وعلى مدى عمر المبنى، يعد هذا النوع من الانبعاثات مسؤولاً عن حوالي 50% من الانبعاثات الغازية المسببة للاحتباس الحراري، ومعظمها في المراحل الاولى من عمر المبنى (Rose Morrison, 2022)

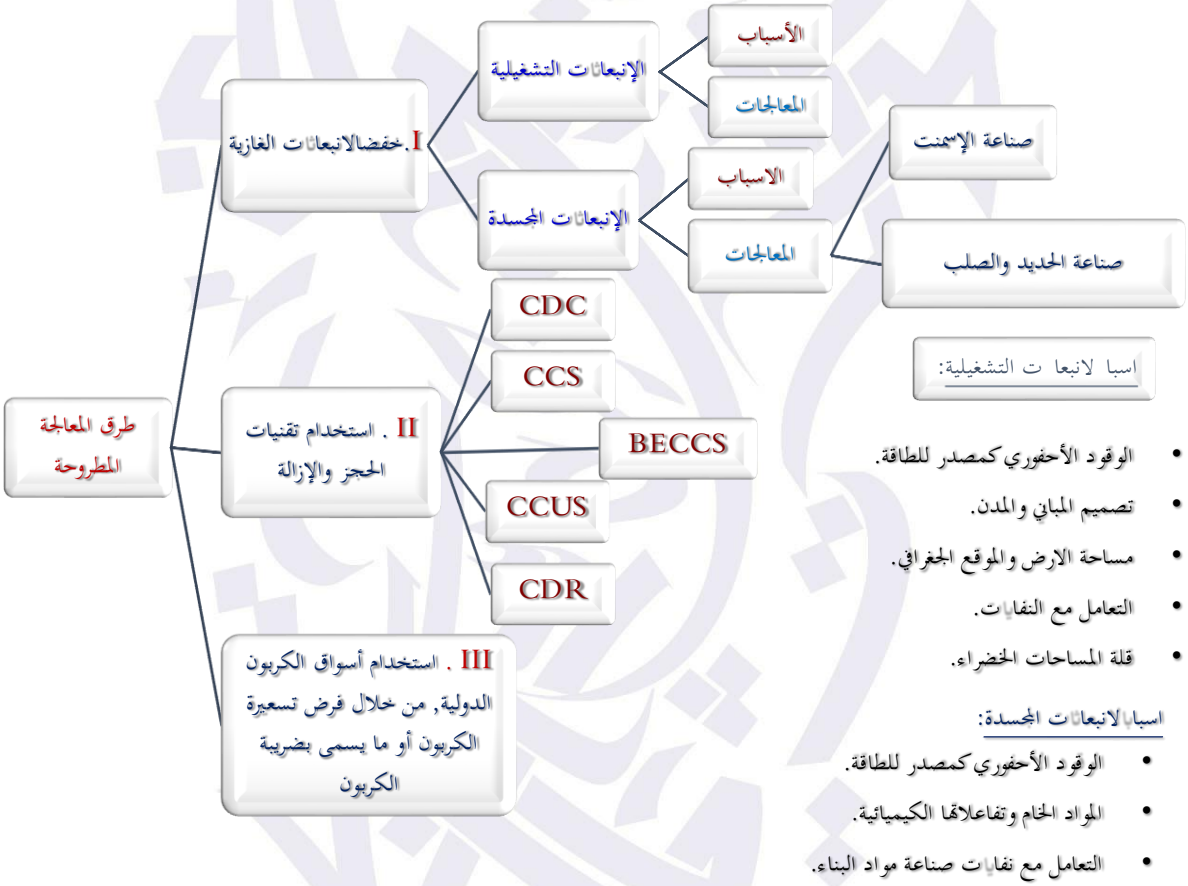
شكل 8: الانبعاثات المجسدة والتشغيلية ومصادرها الرئيسة

يزيد من الانبعاثات التشغيلية عوامل أخرى من مثل: التصميم غير الجيد (الإضاءة، التهوية والعزل الحراري)، بالإضافة إلى الاستخدام غير المسؤول للطاقة.

وتؤدي المواد المستخدمة في صناعة مواد البناء والاثاث، وكذلك نوعية الطاقة المستخدمة في عمليات التصنيع والنقل دوراً كبيراً في تحديد كمية الطاقة المستهلكة والانبعاثات الغازية المجسدة الناتجة.

3.2. طرائق المعالجة المطروحة

تشتمل طرائق المعالجة في القطاعات كافة، بما فيها قطاع المباني والإنشاءات على عدد من الممارسات والإجراءات مبينة في المخطط أدناه **(مخطط 1)**.



مخطط 1: يبين طرق المعالجة المطروحة لانبعاثات المباني وأسبابها

ملاحظات:

Carbon Dioxide Removal (CDR) = إزالة ثاني أُكسيد الكربون

Carbon Dioxide Capture (CDC) = احتجاز ثاني أُكسيد الكربون.

Carbon Capture and Storage (CCS) = احتجاز ثاني أُكسيد الكربون وتخزينه

Carbon capture, utilization and storage (CCUS) = احتجاز ثاني أُكسيد الكربون استخدامه وتخزينه.

Bioenergy with carbon capture and storage (BECCS) =احتجاز ثاني أُكسيد الكربون وتخزينه في الطاقة الحيوية.

يبين المخطط أعلاه عدد من المسارات يمكن تفصيلها فيما يلي:

- خفض الانبعاثات (من المباني الجديدة وكذلك القائمة في أثناء عملية التجديد لها).
- استخدام تقنيات الاحتجاز والإزالة للانبعاثات الغازية.
- إخضاع ما لم يتم معالجته بالخفض والإزالة للمعاملات في سوق الكربون الدولي (تسعيرة أو ضريبة الكربون). وفي الغالب لا يمكن استخدام أسواق الكربون الدولية لمعالجة الانبعاثات التشغيلية الناجمة عن المباني والإنشاءات، لأنها انبعاثات يمكن التحكم فيها بالخفض، والاحتجاز والإزالة. بينما يمكن إخضاع الانبعاثات المجسدة لهذا الإجراء.

3.2.1. خفض الانبعاثات الغازية

I. خفض الانبعاثات التشغيلية

تشير كل المؤشرات المبينة في الجداول (6 – 1) التي تم استعراضها سلفا وكذلك تقرير الفجوة للعام 2023 إلى أن الانبعاثات التشغيلية في قطاع المباني والانشاءات تصل إلى مستوى قياسي جديد، ما يجعل القطاع خارج المسار الصحيح بحلول عام 2050. وفقًا للتقرير (شرم الشيخ، مصر، COP27، 9 نوفمبر 2022) الذي يُشير إلى أنه على الرغم من زيادة الاستثمارات في كفاءة استخدام الطاقة وخفض كثافتها في قطاع المباني بنسبة 16% إلى 237 مليار دولار أمريكي، لكن النمو في مساحة الأرضية فاق جهود الكفاءة. إذ ارتفع استهلاك الطاقة وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون في قطاع البناء والتشييد من بعد جائحة كوفيد-19 إلى أعلى مستوى له على الإطلاق (UNEP and GABC, November 2022).

كما يشير تقرير الحالة العالمية للمباني والبناء لعام 2022 إلى أن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة بالطاقة التشغيلية في القطاع بلغت عشرة جيجا طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون (IEA, 2022).

وهذا يعني، وفقًا للتقرير الصادر عن التحالف العالمي للمباني والإنشاءات، أن الفجوة بين الأداء المناخي للقطاع ومسار إزالة الكربون من المباني بحلول عام 2050 تتسع. "

يمثل قطاع المباني 40% **من الطلب على الطاقة في أوروبا، 80% منها من الوقود الأحفوري**. وهذا يجعل القطاع مجالاً للعمل الفوري والاستثمار والسياسات الرامية إلى تعزيز أمن الطاقة على المدى القصير والطويل". ويُظهِر التقرير أن القطاع لا يزال قادرًا على التغيير (UNEP, 2022).

<u>أهم الحلول المطروحة لخفض الانبعاثات التشغيلية</u>

- **التحول إلى استخدام مصادر الطاقة المتجددة الخالية من الكربون كبديل عن الوقود الأحفوري:**

بما أن الغالبية العظمى من الانبعاثات التشغيلية الناتجة من المباني مصدرها هو استخدام الوقود الأحفوري في العمليات التشغيلية جميعها، فإن التحول إلى مصادر الطاقة المتجددة (مثل الطاقة المائية، الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، والوقود الحيوي) كبديل هو واحد من أهم الحلول المطروحة لمعالجة هذا النوع من الانبعاثات.

إن التقنيات الخالية من الكربون من مثل: الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، ناضجة على نطاق واسع ومُسوقة تجاريًا، خاصة مع زيادة القدرة التصنيعية، واستمرار انخفاض تكلفة الطاقة المتجددة وتقنيات تخزين الطاقة التكميلية بمعدلات غير مسبوقة.

شكل 9: يبين مصادر الطاقة المتجددة الأكثر استخداماً وانتشاراً.

Source: https://www.newsinlevels.com/

Source: https://financialtribune.com/node/73174

Source: https://attaqa.net/2021/07/31/

أصبحت الطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح الآن أرخص مصادر توليد الطاقة الجديدة لما لا يقل عن ثلثي سكان العالم (BloombergNEF, 2020)، وشهدت السنوات الأخيرة نمواً قياسياً في تبني هذه التقنيات، مع وجود أدلة قوية على النمو الأسّي المستمر للطاقة الشمسية.

في عام 2022، على سبيل المثال، لبى النمو في توليد طاقة الرياح والطاقة الشمسية وحدها 80 في المائة من إجمالي نمو الطلب العالمي على الكهرباء (Wiatros-Motyka et al., 2023).

وقد شهدت بعض البلدان النامية مثل **ناميبيا وأوروغواي وفلسطين والأردن** أسرع معدلات النمو في حصة توليد الطاقة المتجددة، إذ يساعد التوسع في استخدام طاقة الرياح والطاقة الشمسية أيضا في زيادة أمن الطاقة والوصول إليها (Jaeger, 2023). وفي عام 2020، أطلق الأردن الإستراتيجية الوطنية لقطاع الطاقة ومدتها 10 سنوات لتحسين مزيجه من مصادر الطاقة، وخفضالانبعاثات الكربونية بنسبة 10% بحلول 2030 مع تقليل اعتماده على الواردات (World Bank Group, 2022).

وفي إطار التحول التدريجي إلى مصادر الطاقة المتجددة، اتخذت كثيران دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا وأفغانستان وباكستان والقوقاز وآسيا الوسطى عدداً من التدابير والسياسات المالية لكبح انبعاثات غازات الاحتباس الحراري في معظم قطاعات الاقتصاد بما فيها قطاع البناء والإنشاءات. وكانت أهم تلك التدابير والسياسات تتمثل في الإلغاء التدريجي لدعم الوقود الأحفوري، ورفع السعر الفعلي له، وتوجيه استثمارات عامة نحو مصادر الطاقة المتجددة. كما تم التطبيق المرحلي لضريبة الكربون في الشرق الأوسط وشمال إفريقيا وأفغانستان وباكستان بمقدار 8 دولارات لكل طن من ثاني أكسيد الكربون و4 دولارات للطن في القوقاز وآسيا الوسطى (Jihad Azour et al., "IMF Blog", 2022).

وفيما يتعلق بالاستثمارات في مجال الطاقة المتجددة، فقد تم القيام باستثمارات عامة إضافية في مجال الطاقة المتجددة بقيمة 770 مليار دولار في بلدان الشرق الأوسط وشمال إفريقيا وأفغانستان وباكستان و114 مليون دولار في القوقاز وآسيا الوسطى بين عامي 2023 و2030، وهو ما يمكن أن يحقق أهداف خفض الانبعاثات في المنطقة مع خفض دعم الوقود بمقدار الثلثين فقط ودون فرض ضريبة على الكربون. وقد بدأت المنطقة بالفعل إطلاق مشروعات كبرى للطاقة

المتجددة. فعلى سبيل المثال، أنشأت قطر أكبر محطة للطاقة الشمسية في العالم، بطاقة 800 ميغاوات، تستطيع تلبية نحو عشر طلبها في فترة الذروة، بينما أنشأت دبي مجمعا للطاقة الشمسية بطاقة 5 آلاف ميغاوات وهو أكبر مشروع من نوعه أيضا

. (Jihad Azour et al., "IMF Blog", 2022).

ومع ذلك، فإن تحقيق مثل هذه النجاحات في جميع البلدان، وخاصة الدول ذات الدخل المنخفض، سيتطلب زيادة كبيرة في التمويل، حيث تتخلف الاستثمارات في الطاقة الخالية من الكربون كثيرًا عن الاحتياجات.

وعلى الرغم من أن البيانات المتاحة والمتعلقة باستخدام الطاقة المتجددة، تشير إلى أن العالم لم يسلك المسار الصحيح بعد لتحقيق أي من هذه التغييرات التي تشتد الحاجة إليها بحلول عام 2030، فإن الارتفاع الأخير في لوائح البناء، وخاصة في الاتحاد الأوروبي، يشير إلى أن بعض التقدم جار.

وفي بعض البلدان دفعت أزمة الطاقة المستمرة إلى لوائح أكثر قوة تهدف إلى التخلص التدريجي من استهلاك الوقود الأحفوري في قطاع المباني. على سبيل المثال، اقترح الاتحاد الأوروبي هذا العام تحديثات لتوجيه أداء الطاقة للمباني، والتي تشمل حظر استخدام الوقود الأحفوري للتدفئة في المباني الجديدة وتلك التي تخضع للتجديد، فضلاً عن مطالبة بالتخلص التدريجي الكامل من هذه الوقود الأحفوري للتدفئة بحلول عام 2035 (European Parliament, 2023) .

وفيما يتعلق باستخدام الطاقة النووية كبديل للوقود الأحفوري، هناك عدد من التحديات التي يمكن أن تواجِه أنتاج مثل هذا النوع من الطاقة وهي:

- التكلفة المالية اللازمة لإنشاء المفاعلات النووية.
- الاضرار الكثيرة للنفايات ومشكلة تخزينها والتخلص منها.
- القلق من الحوادث التي يمكن ان تحدث في المفاعلات النووية وما يمكن لها أن تسببها من من كوارث امنية وصحية واقتصادية.
- خلافا لذلك، فإن موضوع الموافقة الدولية على إنشائها يتطلب القيام بكثير من الإجراءات وتقديم كثير من الالتزامات.

- **تصميم المباني بتقنيات تقلل من كثافة الطاقة المستخدمة**

يجب الأخذ بعين الاعتبار في أثناء عمليات التصميم للمباني أن يُحقق التصميم أكبر قدر من الاضاءة والتهوية والعزل الحراري، وأن يُنفذ التصميم باستخدام أفضل المواد وأكثرها استدامة و أقل تأثيراً في البيئة (Rose Morrison, 2023)، وعلى سبيل المثال:

- ✓ **أرضيات المباني:** هناك كثير من المواد التي يمكن استخدامها من مثل: الخيزران والفلين، لكن الأفضل هو استخدام الخشب الصلب المعاد تدويره.

- ✓ **أسطح المباني والتسقيف:** القرميد الاسفلتي، القرميد العادي والأفضل هو الألواح الشمسية. كما أن تشجير أسطح المباني وتحويلها إلى أسطح خضراء يعزز دور وسائل العزل الحراري المستخدمة في المباني بشكل كبير، خلافا لكونه يسهم في تحسين جودة الهواء.
- ✓ **النوافذ:** من حيث نوعيتها وحجمها الذي ينبغي أن يوفر أكبر قدر من الاضاءة والتهوية. وهناك انواع مختلفة منها، نوافذ الفينيل مزدوجة الطبقة (وما بين تلك الطبقتين طبقة من الغاز الخامل كعازل للضوضاء والحرارة)، وكذلك نوافذ الألياف الزجاجية، لكن أفضلها النوافذ الخشبية أو المكسوة بالخشب.
- ✓ **أسطح العمل:** يختلف دور أسطح العمل في المطابخ والحمامات عن تلك التي في معامل الأبحاث في المعاهد والجامعات والمراكز البحثية، ولهذا يجب اختيار المواد المستخدمة في تصميم تلك الأسطح بعناية، وبما يتناسب وطبيعة العمل الذي من أجله تم تصميم هذه الاسطح. إذ أن نوعية المواد المستخدمة في صناعة أسطح العمل للمطابخ والحمامات قد لا تكون مناسبة في صناعة أسطح العمل المستخدمة في معامل الأبحاث. ومن المواد المستخدمة لهذا الغرض، ألواح خشب الخيزران عندما يتم الحصول عليها من غابات مستدامة (قابلة للتجدد)، وكذلك الواح الزجاج المتينة المقاومة للحرارة والمعاد تدويرها (على الرغم من أنها لا تكون أكثر استدامة، إلا أنها قابلة للتدوير)، بالإضافة إلى أسطح العمل المصنوعة من الكوارتز الأكثر استدامة (مزيج من حجر الكوارتز الطبيعي ومواد معاد تدويرها من مثل: الزجاج والسيراميك) وهي أسطح متينة وتتطلب قدراً بسيطاً من الصيانة.
- ✓ **الأبواب:** على الرغم من أن الأبواب الفولاذية تُعدّ من الخيارات الشائعة كونها أقل تكلفة، وتوفر أكبر قدر من الامان والمتانة، وعلى الرغم أنه من الممكن إعادة تدويرها في نهاية عمرها الافتراضي، إلا أنها لا تُعدّ خياراً أفضل من حيث الاستدامة نظراً لإنتاجها الذي يستهلك كثيراً من الطاقة.

من الخيارات الاخرى، تُعدّ أبواب الألياف الزجاجية أفضل من أبواب الفولاذ، كون عمرها الافتراضي أطول، مقاومة للرطوبة وتغيرات درجات الحرارة، خلافاً لكونها تتمتع بخصائص عزل ممتازة. ومع ذلك، فإن الأبواب المصنوعة من الخشب الصلب تُعدّ الخيار الأفضل لمن يضعون الاستدامة في المقام الأول. فالخشب متجدد وطبيعي عندما يتم الحصول عليه من الغابات التي تتم إدارتها بشكل مسؤول. كما أنه يدوم لفترة طويلة، وهو معروف بقدرته الفائقة على العزل.

- ✓ **نوعية الأثاث**: في هذا الجانب، يجب على مهندسي الديكور أن يأخذوا بعين الاعتبار خيارات الاستدامة نصب أعينهم في أثناء تصميم ديكورات المباني.

- **الأراضي المخصصة للبناء من حيث مساحتها وموقعها الجغرافي**

بما أن التدفئة والتبريد عنصرين رئيسين في استهلاك الطاقة **والانبعاثات التشغيلية في المباني**، وكون الحاجة للتدفئة والتبريد تعتمد على متغيرات من مثل: المنطقة الجغرافية والمساحة الأرضية، فإنه يمكن القول: إن كمية الطاقة المستهلكة في عمليات التبريد والتدفئة في المباني يُحركها باستمرار تحول تلك المتغيرات.

وعليه فإن أي جهود لخفض الانبعاثات التشغيلية من قطاع المباني، يجب أن تأخذ بعين الاعتبار تلك المتغيرات، حيث تزيد كمية الطاقة المستهلكة والانبعاثات الناتجة عن ذلك الاستهلاك بزيادة المساحة الأرضية، وبالتالي فإن المساحة الأرضية الإجمالية تمثل واحد من أهم المحركات الرئيسة لاستهلاك الطاقة والانبعاثات في قطاع المباني. وبحلول عام 2060، قد تكون المساحة الأرضية ضعف ما كانت عليه في عام 2020 (UNEP, 2017; IEA, 2017). وفي ظل زيادة المساحة الأرضية، ستستمر الانبعاثات من المباني في النمو. وتختلف كمية المساحة الأرضية والطاقة المستخدمة للفرد بشكل كبير بين البلدان وداخلها، وغالبًا ما يعتمد ذلك على **مستوى ثروة البلد ومستوى دخل الفرد (مستوى المعيشة)**.

ومن المتوقع أن يحدث قدر كبير من النمو في المساحة الأرضية في آسيا وأفريقيا مع تحسن مستويات المعيشة. إذ تُشير التقديرات إلى أن 60% من المباني التي ستوجد في عام 2050 لم يتم بناؤها بعد، وبحسب ما تشير إليه دراسة سابقة، فإن هذا الكم من المباني يُعادل بناء مدينة بحجم مدينة نيويورك كل شهر حتى ذلك الحين (Rose Morrison, 2022).

ومع ذلك فقد التزمت كثير من الدول بما فيها دول الخليج ومصر بأن يكون قطاع المباني خالياً من الانبعاثات الكربونية بحلول العام 2050 وبعضها الاخر بحلول عام 2060.

وكذلك هو الحال بالنسبة **للمنطقة الجغرافية (المناخ الجغرافي للبلد)**, ففي عام 2022، ارتفعت انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (CO_2) العالمية المرتبطة بالطاقة بنحو 1% مقارنة بالعام السابق. وفي العام نفسه (2022)، نمت الانبعاثات المرتبطة بالمباني بشكل كبير في آسيا وأمريكا الشمالية، ويرجع ذلك جزئيًا إلى ارتفاع درجات الحرارة ما أدى إلى زيادة الطلب على التبريد وبالتالي زيادة الاعتماد على الغاز والفحم. وفي أوروبا، انخفضت الانبعاثات في عام 2022 بسبب مزيج من الطقس الشتوي الدافئ والاستجابة لانقطاع إمدادات الوقود الأحفوري الناجم عن الحرب الروسية الأوكرانية (IEA, 2023a).

- **الحد من نفايات المباني بمختلف أنواعها وذلك من خلال اعتماد تقنيات إعادة التدوير.**
- **زيادة المساحات الخضراء حول المباني وفوق الاسطح** (Boehm et al., 2022 & 2023) .

II. خفض الانبعاثات المجسدة

يُشير تقرير فجوة الانبعاثات للعام 2023 (IPCC, 2022; UNEP, 2023 & 2024) إلى أن الانبعاثات المجسدة المتولدة من قطاع المباني والإنشاءات تصل الى مستوى قياسي جديد أيضاً، ما يجعل القطاع خارج المسار الصحيح بحلول عام 2050، وذلك للأسباب الآتية:

- مصدر الطاقة المستخدمة في عمليات التصنيع لمواد البناء (الإسمنت والحديد والصلب)، والأثاث، وكذلك مصادر الطاقة المستخدمة في عمليات النقل لمواد البناء والأثاث.

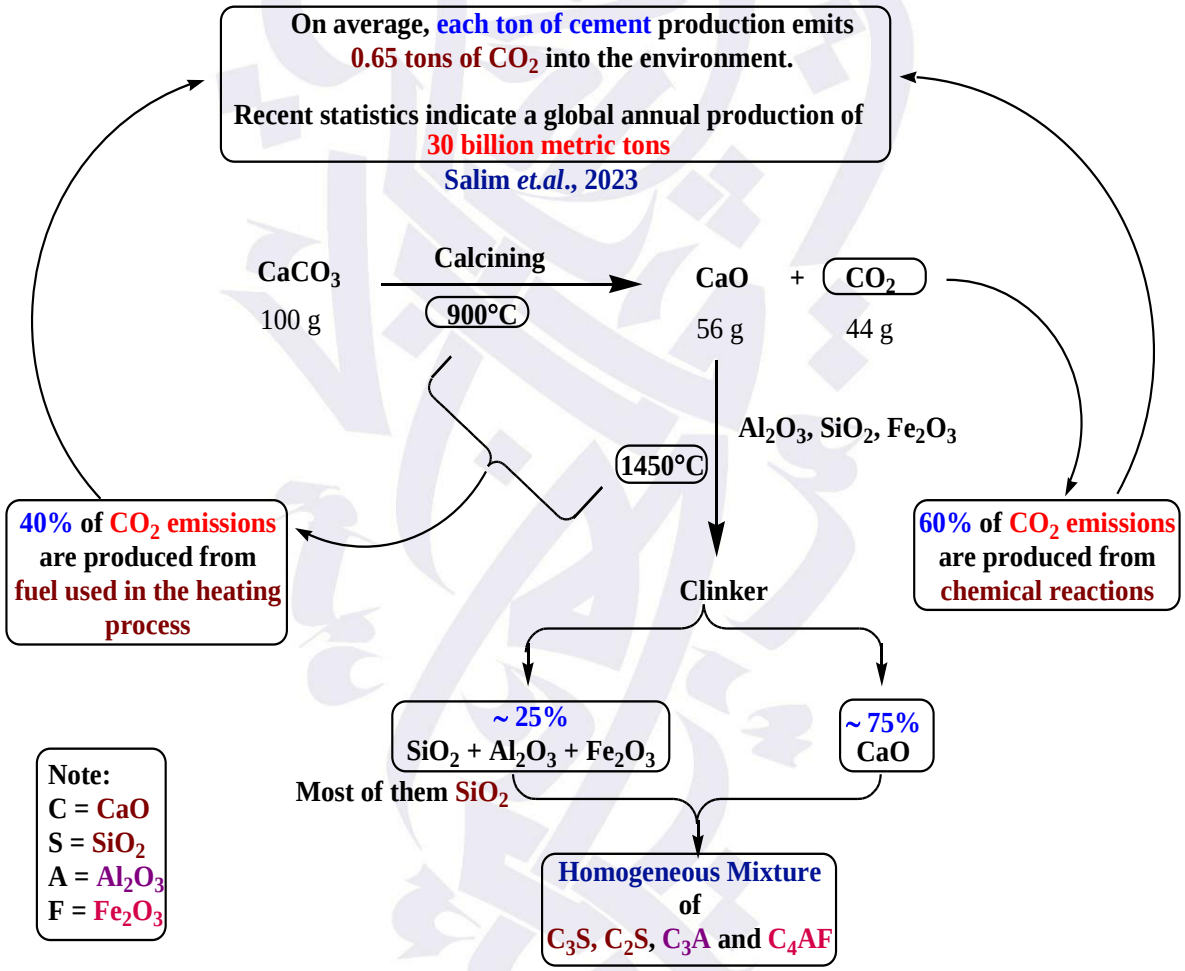
- التفاعلات الكيميائية التي تحدث في أثناء عمليات تصنيع وانتاج مواد البناء (الحديد والصلب، والكلنكر للإسمنت، والالمنيوم)، ومواد الطلاء الكيميائية، وكذلك صناعة الأثاث والمواد اللازمة لصناعتها.

أولا: صناعة الإسمنت

تُعدّ الخرسانة ثاني أكثر المواد استخدامًا على هذا الكوكب، بعد الماء، وهي مسؤولة عن حوالي 7.5٪ من إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (CO_2) الناتجة عن الأنشطة البشرية (The Economist, 2021) .

ويرجع السبب في ذلك (كما هو ملاحظ من **مخطط 2** أدناه) إلى أن صناعة الإسمنت تعد واحدةً من كُبرى الصناعات المستهلِكة للطاقة، إذ يُستخدَم الوقود الأحفوري لزيادة درجة الحرارة من أجل تسريع التفاعلات الكيميائيَّة. **مخطط 2** أدناه يُعطي فقط صورة مبسطة عن مصدر و كمية ثاني أكسيد الكربون (CO_2) المنبعثة في أثناء عمليات تصنيع مواد البناء (الإسمنت).

مخطط 2: انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (CO_2) في صناعة الإسمنت



وعليه فإن سبب كل تلك الانبعاثات هو:

- نوعية الوقود المستخدم في هذه الصناعة.
- نوعية المواد الخام المستخدمة في هذه الصناعة (Miller et al., 2016) ونتائج تفاعلاتها الكيميائية.

الحلول المطروحة لخفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من صناعة الإسمنت

- **الوقود المستخدم في صناعة الإسمنت** (وليد مطر ودعاء الفيلالي، 2022; على بلاوالي، 2007)

الوقود التقليدي المستخدم في صناعة الإسمنت في معظم مصانع الإسمنت حاليا هو الغاز الطبيعي، النفط العربي الثقيل الخام، فحم الكوك البترولي والفحم الحجري.

ولهذا بدأت المعالجات بالبحث عن وقود بديل للوقود الأحفوري، ومن أهم البدائل المقترحة والمستخدمة حاليا في بعض الدول الآتي:

- ✓ **الوقود المشتق من الإطارات المستخدمة مع فحم الكوك البترولي**، بحيث لا يزيد حد استخدام الإطارات في هذا المخلوط عن 30%. كون أي زيادة ستؤدي إلى التأثير في جودة المنتج النهائي، بسبب وجود عنصر الزنك ضمن رماد حرق الإطارات والذي يزيد من قابلية المنتج للتصلب السريع. وقد أُطلِق على هذا المخلوط أسم الوقود البديل على الرغم من أن فحم الكوك البترولي يُعدّ من مشتقات الوقود الأحفوري.
- ✓ **الوقود المشتق من المخلفات الصناعية والبشرية والزراعية**

يُعدّ هذا النوع من الوقود داعما لمنظومة حفظ البيئة نظيفة، خلافاً لكونه يضمن التخلص الآمن من تلك المخلفات ويوفر فرص عمل لكثير من الطاقات البشرية المعطلة.

وعلى الرغم من ان هذه البدائل تُعد مواداً غنية بالطاقة ويمكن استخدامها لتحل محل الفحم أو الغاز الطبيعي في عملية صناعة الإسمنت، وعلى الرغم ايضاً من أنها ساعدت في الحفاظ على الموارد غير المُتجدِّدة وتقليل مُتطلّبات التخلُّص من النفايات، ومكَّنت من تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (CO_2) بمقدار 0.1 إلى 0.5 كجم/ كجم من الإسمنت المُنتَج، مُقارنةً بتقنيَّات الإنتاج المُستخدَمة حاليًّا باستخدام الوقود الأُحفوري، إلاّ أنه وجد أن هناك عدداً من الملاحظات التي ينبغي أخذها بعين الاعتبار من أهمها:

- ➢ عدم ضمان استمرار أمدادات الوقود البديل.
- ➢ تأثير الوقود البديل في جودة المنتج النهائي.
- ➢ وكذلك انبعاثات ثاني أُكسيد الكربون (CO_2) من الوقود البديل المستخدم التي لازالت مستمرة بنسب معينة وخاصة من فحم الكوك البترولي وعند الحرق الكامل للإطارات.

- **نوعية المواد المستخدمة في صناعة الإسمنت والمواد البديلة**

في هذا الإطار بدأت العملية بالبحث في إمكانية تقليل نسبة الكلنكر بنسبة محددة لا تؤثر في جودة المنتج النهائي، وتعويض هذه النسبة بـ [Supplementary Cementitious Materials(SCMs)] مواد إسمنتية تكميلية ناتجة من صناعات أخرى ثانوية (Miller et al., 2016) من مثل:

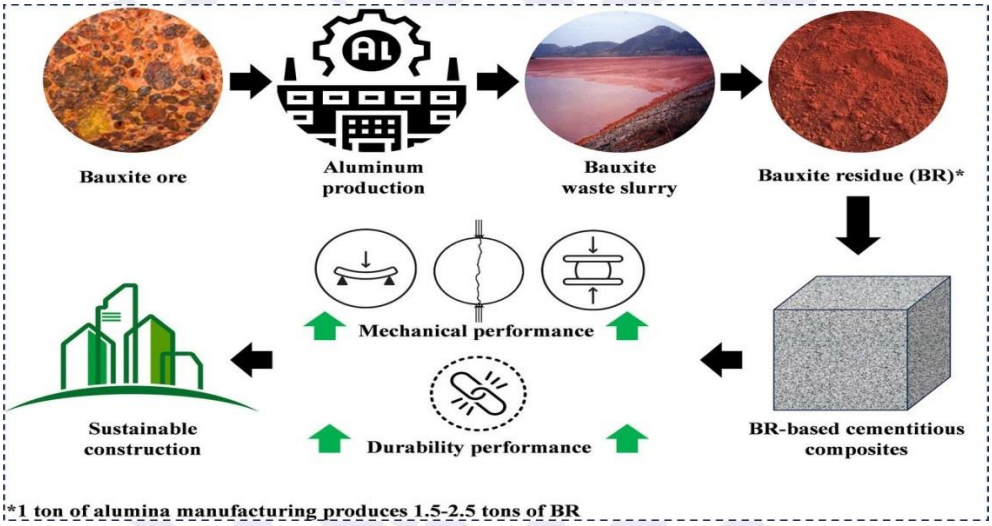
- ➢ رماد الفحم المتطاير (بقايا محطات توليد الطاقة الكهربائية).
- ➢ خبث أفران الصهر (بقايا من صناعة الحديد).
- ➢ الرماد البركاني.

➢ بقايا البوكسيت

بقايا البوكسيت، المعروفة أيضًا باسم الطين الأحمر، هي منتج ثانوي وفير يتم إنتاجه في أثناء عملية إنتاج الألومينا من خام البوكسيت.

وقد تم استعراض دور بقايا البوكسيت كمواد رابطة وتأثيرها في الخواص الهندسية للمركبات الإسمنتية في مقالة منشورة في العام 2023 (Muhammad Usama Salim et al., 2023).

ومع ذلك وُجِد أنه على الرغم من إمكانية استخدام هذه البدائل بنسبة تزيد عن 33%، إلاّ أن ذلك قد يؤثر في بعض الخصائص في المنتج النهائي.



المصدر: الرماد البركاني https://saborah.net/question/14062/ خبث أفران الصهر https://www.arageek.com/

➢ من البدائل ايضاً، **الإسمنت الطيني المكلس** [**(LC3)**Limestone calcined clay cement].

ويعد واحداً من الابتكارات التي وفرها البحث العلمي في مجال الاستدامة البيئية، إذ وُجد أنه يمكن لهذا المزيج أن يُقلل من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (CO_2) بنسبة تصل إلى 40%، خلافاً لكونه منخفض التكلفة، يمكن تصنيعه من الحجر

الجيري والطفلة المكلسة (LC3-50 عبارة عن 50% من الكلنكر و30% من الطين المحروق و15% من الحجر الجيري و5% من الجبس) (Franco Zunino et al., 2021).

- كون كربونات الكالسيوم مادة خام مهمة في صناعة الإسمنت (لابديل عنها حتى الآن)، فقد تم الذهاب إلى انتاج ترسبات من كربونات الكالسيوم بتقنيات النانو عبر عملية اصطناع كيميائي باستخدام ثاني أُكسيد الكربون الملتقط من مداخن مصانع الإسمنت مع غبار أفران الإسمنت الغني بأكسيد الكالسيوم (CaO)، ثم يضاف إليه فيما بعد خبث الصلب.

وهذه العملية تؤدي إلى انخفاض في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (CO_2) من 0.96 كجم مكافئ/كجم أسمنت إلى 0.3، وهو ما يمثل انخفاضا بنسبة 70% تقريبا.

وتنفرد هذه الطريقة **ليس فقط بتقليلها لكمية الوقود المُستخدَم**، وبالتالي تقليل انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون، بل أيضًا بتحويل غاز ثاني أُكسيد الكربون، وغبار أفران الإسمنت وكذلك خبث الصلب إلى مُدخَلات في العملية الإنتاجية، تحقيقًا لمبدأ الاقتصاد الدائري الأخضر.

- في العام 2012 في المانيا تم نُشِر بحث بعنوان **" تقليل البصمة الكربونية للإسمنت باستخدام المواد الرابطة غير العضوية البديلة" يتضمن** في محتواه إنتاج نوعاً جديداً من الإسمنت يستخدم في إنتاجه **كميات أقل من الجير** ويحضر في **أفران بدرجة حرارة منخفضة**، مما يؤدي إلى خفض انبعاثات هذه الصناعة من غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) بنحو 50%.

ويُنتج الإسمنت في أفران لا تزيد درجة الحرارة فيها عن 200 درجة مئوية، بينما يصنّع الإسمنت التقليدي في أفران تصل درجة حرارتها إلى 1450 درجة مئوية.

وأطلق مخترع الطريقة الجديدة بيتر شتيمرمان (Stemmermann Peter, 2012) على الإسمنت الجديد اسم ("سيليتمنت" Celitement).

- **إعادة تدوير الإسمنت المستخدم (الناتج من هدم المباني)**

بالإضافة إلى عمليات إعادة التدوير المشار اليها في النقطة السابقة والمتعلقة ببدائل المواد الخام المستخدمة في صناعة الإسمنت، نورد هنا واحداً من أهم الحلول المطروحة للتغلب على مشكلة الانبعاثات في صناعة الإسمنت بشكل كلي تقريبا.

يتبنى هذا الحل فكرة إعادة تدوير المنتج الإسمنتي المستخدم وليس مواد الخام. إذ توصل فريق بحثي من جامعة كمبريدج أنّه يمكن إعادة تدوير الإسمنت باستخدام عملية معدلة مقتبسة من إعادة تدوير وصناعة الفولاذ (الصُّلب) دون التسبب بانبعاثات ثاني أكسيد الكربون، تتضمن الجمع بين إعادة تدوير الفولاذ والإسمنت في عملية واحدة تعمل بالطاقة الكهربائية المتجددة.

Source: https://www.handsaxyz.com/ https://haraj.com.sa/

وقد تم نشر بحث بهذا المضمون في مجلة "النايتشر" في عددها (رقم المجلد 629) للعام 2024 بعنوان **" إعادة تدوير الإسمنت البورتلاندي بالكهرباء على نطاق واسع"** (Dunant et al., 2024).

وعلى الرغم من أن الإسمنت المنتج بهذه الطريقة قد لا يكون قابل للتدوير بنسبة 100% كما هو الحال في إعادة تدوير خردة الصلب، وعلى الرغم من أن هذه العملية الصناعية قد تمر في فترة لاحقة بقلة إمدادات، **إلا أن هذه الطريقة** قد تكون تنافسية اقتصاديًا إذا تم تشغيلها بكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة (الخالية من الانبعاثات)، كونها ستؤدي إلى إنتاج أسمنت خالٍ من الانبعاثات مع تقليل انبعاثات إعادة تدوير الصلب من خلال تقليل متطلبات تدفق الجير.

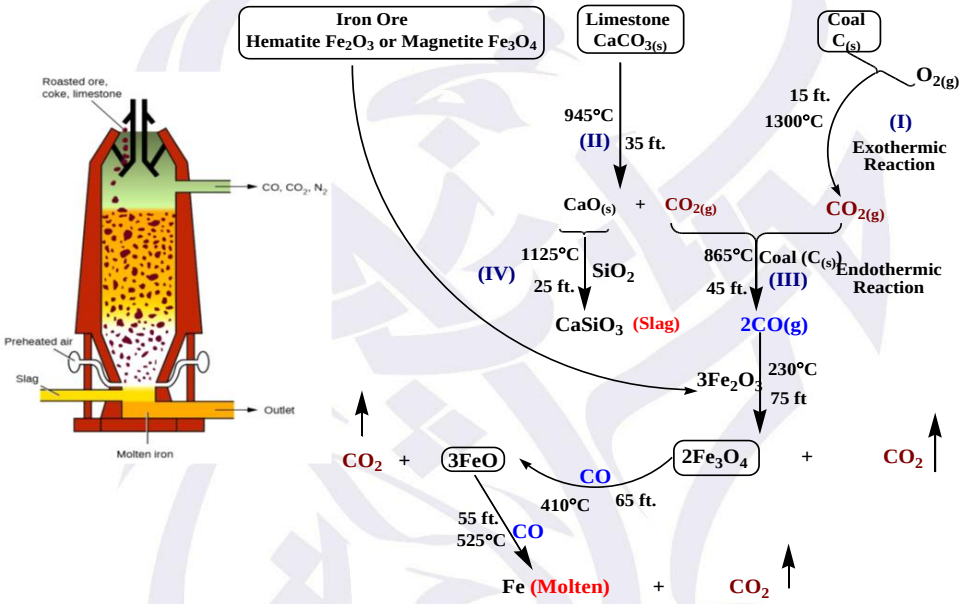
وتتأثر العملية بمحتوى السيليكا في عجينة الإسمنت المستردة، والسيليكا والألومينا التي قد تأتي من الخردة، ولكن يمكن تعديل ذلك بسهولة.

ثانيا: صناعة الحديد والصلب

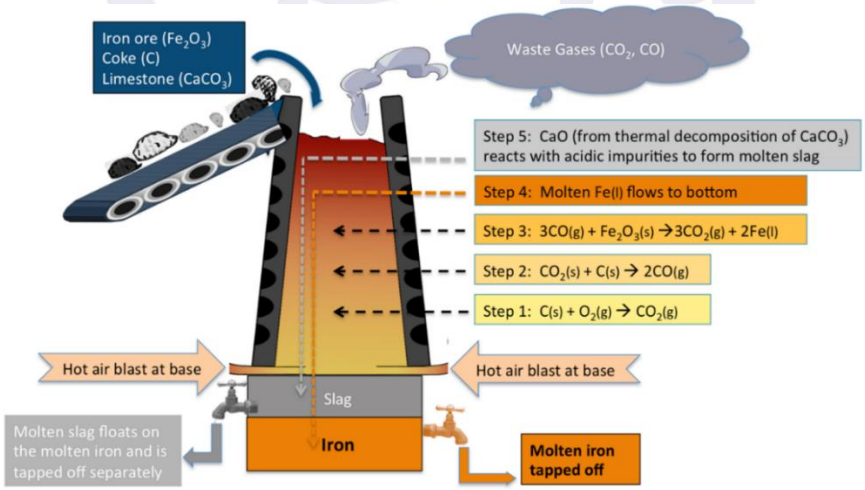
تمثل الصناعة 7-9٪ من إجمالي انبعاثات الكربون العالمية (وفقًا لاتحاد الصلب العالمي)، وهي الثانية بعد توليد الطاقة كمصدر لثاني أكسيد الكربون، ومعظم ثاني أكسيد الكربون (CO_2) هذا يأتي من طرائق الإنتاج التي تعمل بالفحم. ما يجعل هذه الصناعة واحدة من أكثر الصناعات تسبباً في ظاهرة الاحتباس الحراري والتغير المناخي في العالم.

كما يُقدر أن قطاع إنتاج الحديد والصلب مسؤول عن 90٪ من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (CO_2) العالمية في قطاع المعادن والتعدين(Alexandra Mallett and P. Pal, 2022). **مخطط 3** يبين مصادر الانبعاثات الرئيسة في صناعة الحديد والصلب (Diogo and Pedro, 2023).

مخطط 3: انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (CO_2) في صناعة الحديد والصلب



Source: Author



Source: https://www.askiitians.com

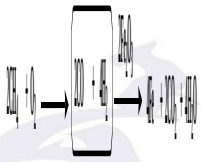
وفي إطار مسارات الخفض، وبالرجوع للأسباب والمصادر لتلك الانبعاثات، سنجد أن هناك عدداً من المسارات التي يتم ممارستها حالياً والتي يمكن لها أن تحد من كم هذه الانبعاثات(A. Mallett and P. Pal, 2022).

الحلول المطروحة لخفض انبعاثات ثاني أُكسيد الكربون من صناعة الحديد والصلب

- **الحديد المختزل المباشر مع أفران القوس الكهربائي (Electric Arc Furnaces "EAF")**

إن استبدال أفران الصهر وأفران الأكسجين الأساسية (BF-BOFs) لمنتج الصلب المتكامل التقليدي بإنتاج يعتمد على الحديد المختزل المباشر وأفران القوس الكهربائي (DRI-EAFs)، هو أحد خيارات التكنولوجيا الناضجة.

تستهلك مرافق إنتاج الحديد المختزل المباشر حبيبات خام الحديد عالية الجودة وتعمل بالغاز الطبيعي (NG) بدلا عن الفحم. ومع ذلك، فمن المرجح في النهاية أن تستخدم الهيدروجين الأخضر (H_2). علما أن الهيدروجين المنتج بهذه الطريقة ليس أخضر. وبالنسبة للسليكا يمكن إزالتها بإضافة الحجر الجيري ($CaCO_3$).



يمكن أن يقلل هذا التحسن التكنولوجي الانبعاثات بنسبة 33% إلى 55% مقارنة بطريقة إنتاج BF-BOF. وقد تم بالفعل إنتاج أكثر من 100 مليون طن من أفران DRI-EAF القائمة على الغاز الطبيعي في جميع أنحاء العالم. ومع ذلك فإن إمدادات هذه الحبيبات محدودة بسبب القيود المفروضة على توريد الخام عالي الجودة وعلى قدرة التكوير.

تتضمن التطورات الحالية في مجال الاستدامة في إنتاج الصلب في الولايات المتحدة الأمريكية استخدام الحديد المختزل المباشر (DRI) والحديد المقولب الساخن (HBI) في صناعة الصلب باستخدام الفرن القوسي المتكامل والكهربائي (EAF). يستخدم الحديد المختزل المباشر والحديد المقولب الساخن الغاز الطبيعي كمواد اختزال ويقللان من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون مقارنة بالحديد الخام(AISI, N.D).

كما تم تصميم بعض مرافق الصلب بحيث تكون قادرة على التبديل بسهولة بين الغاز الطبيعي والهيدروجين. يأتي أكثر من نصف الكهرباء المستخدمة في المناجم في مينيسوتا والتي تزود صناع الصلب المتكاملين بحبيبات خام الحديد من مصادر الطاقة المتجددة. أعلن منتجو الصلب في الولايات المتحدة عن مشاريع محددة تستخدم الطاقة المتجددة لتوفير كل أو معظم متطلبات الطاقة للمنشأة (Nicole Voigt, 2022).

- **التدوير لخردة الصلب باستخدام أفران القوس الكهربائي (EAF)**

إن معالجة خردة الصلب لإنتاج الحديد والصلب مرة أخرى باستخدام أفران القوس الكهربائي **هو مسار ثابت يتم إجرانه في إطار خطط خفض الانبعاثات وإزالة الكربون من هذه الصناعة**.((Nicole Voigt, 2022; (AISI, N.D.))

Source: https://alqabas.com/article/417178/ https://sonaa-alyoum.com/10437/

ولإنتاج درجات أعلى من الصلب، يتعين على الشركات استخدام أفران القوس الكهربائي للاختزال المباشر. وتقوم أوروبا بالفعل بإعادة تدوير الصلب بكثافة، ولكن مناطق أخرى، مثل الصين، لديها إمكانات كبيرة غير مستغلة لاستخدام الخردة المعاد تدويرها. ومع ذلك (على المستوى العالمي)، من المرجح أن يكون هناك نقص شديد في امدادات الخردة وبالتالي لا يمكنها أن تحل محل صناعة الحديد بالكامل.

تنتج الولايات المتحدة نسبة أعلى بكثير من فولاذها من أفران القوس الكهربائي (EAFs) مقارنة بالمنافسين العالميين، ما يؤدي إلى انخفاض انبعاثات ثاني أُكسيد الكربون من صناعة الصلب. في عام 2020، كان مصدر 70.6% من صناعة الصلب في الولايات المتحدة من أفران القوس الكهربائي، مقارنة بنسبة 26.3 % في جميع أنحاء العالم.

الصلب هو المادة الأكثر إعادة تدويرٍ على هذا الكوكب كونه قابلاً لإعادة التدوير بنسبة 100٪، ويمكنه زيادة عمر كثير من المنتجات بسبب مقاومته للتآكل ومتانته.

يحتوي كل الصلب المنتج في الولايات المتحدة على محتوى معاد تدويره، ويتراوح ما يصل إلى 100 % لبعض منتجات الصلب. على سبيل المثال، يحتوي الفولاذ الهيكلي المنتج في أمريكا عادةً على 90 % أو أكثر من الصلب المعاد تدويره. في الولايات المتحدة وحدها، يتم إعادة تدوير ما بين 60 إلى 80 مليون طن من خردة الصلب سنويًا وتحويلها إلى منتجات فولاذية جديدة. واستنادًا إلى متوسط متحرك لمدة ثلاث سنوات، تم حساب معدل إعادة تدوير الصلب الإجمالي في الولايات المتحدة لعام 2019 بنسبة 69 في المائة، مع معدلات تتراوح من 65 إلى 80 في المائة منذ عام 2012.

إن ثورة في إنتاج الصلب تحدث اليوم دفعت كثيران الدول الرئيسة المنتجة للصلب (بما في ذلك الصين واليابان والاتحاد الأوروبي والآن الولايات المتحدة)، أن تُحدد أهدافاً طموحة للوصول إلى اقتصادات صافي الصفر. ومع ذلك، فإن تلبية أهداف عام 2050 ستتطلب ابتكارات ثورية جنبًا إلى جنب مع احتجاز الكربون وتخزينه / استخدامه(CCS/U)، وتحسين كفاءة المواد، وحصة أكبر من إنتاج الصلب المعاد تدويره. ولا يتطلب تحقيق هذه الأهداف المزيد من كفاءة المواد، وإعادة تدوير أكبر لخردة الصلب، واستمرار كفاءة العمليات، بل سيتطلب الأمر التحول إلى صناعة الصلب الأولية (القائمة على الخام) ذات الانبعاثات الصفرية المختلفة جذرياً (Diogo and Pedro, 2023). ولذلك هناك عدد من المسارات والحلول الاخرى لصناعة الصلب الأولية القائمة على استخدام خام الحديد، من أهمها:

- **استبدال الفحم بالهيدروجين الأخضر كعامل اختزال**

الحلول البديلة للحدّ من بصمة صناعة الحديد الكربونية والتي أشرنا إليها سلفاً، من مثل: التحول من الإنتاج القائم على الفحم إلى الاعتماد على الغاز أو إعادة تدوير "الخردة"، تُعدّ بمثابة خطوة انتقالية تدفع نحو استعمال الهيدروجين الأخضر(Jerome Henry, 2024; Masdar, 2023).

وعلى الرغم أيضاً من أن إعادة تدوير "خردة" الصلب إلى تؤدي إلى تقليل الانبعاثات الناتجة عن صناعة الصلب تضاهي تلك المعتمدة على الهيدروجين الأخضر، وتقلل التكلفة، ولكنها قد تؤثر في جودة المنتج النهائي، بسبب وجود شوائب من مثل: النحاس والزنك والكروم، خلافاً لكونها قد تعاني في مرحلة معينة من ضعف أمدادات الخردة. وفي

حين تتشابه طرق الغاز والهيدروجين في اختزال خام الحديد إلى حديد نقي لتصنيع مختلف الأنواع من الصلب، فإن الغاز يبقى متميزًا بكونه الخيار الأقل تكلفة من الهيدروجين الأخضر.

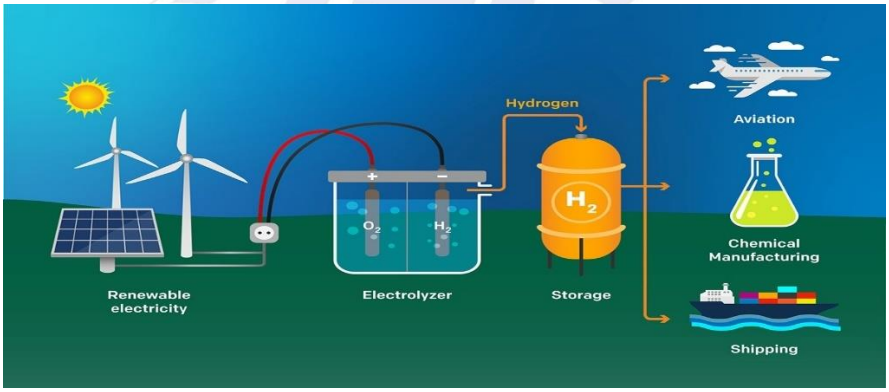
$$2CH_4 + O_2 \longrightarrow \boxed{2CO + 4H_2} \xrightarrow{2Fe_2O_3} 4Fe + 2CO_2 + 4H_2O$$

$$Fe_2O_3 + 3H_2 \longrightarrow 2Fe + 3H_2O$$

وتبلغ تكلفة صناعة الصلب باستعمال الغاز 0.7 يورو (0.8 دولارًا أميركيًا) للكيلوغرام الواحد في أوروبا، وهي أقل من التكلفة المقدّرة بأكثر من يورو واحد (1.12 دولارًا أميركيًا) للكيلوغرام من الصلب المعتمد على الهيدروجين الأخضر. ومع أن استخدام الغاز الطبيعي سيزيد من أمد الاعتماد على الوقود الأحفوري (بحسب تقرير وحدة ابحاث الطاقة التي مقرها واشنطن)، إلا أن دوره في خفض الانبعاثات الكربونية بنسبة 75%، وتوافره وتكلفته الأقل تؤهله ليكون وقودا لمرحلة انتقالية نحو صناعة قائمة على الهيدروجين الأخضر.

ولهذا صُممت وتُصمم بعض مرافق مصانع الصلب الحديثة القائمة على الغاز لتكون مزدوجة الوقود وذلك لتكون قادرة على التبديل بسهولة بين الغاز الطبيعي و الهيدروجين الأخضر، عندما يصبح متاحًا على نطاق واسع وبأسعار معقولة. ومن المتوقع أن يحدث ذلك بين عامي 2035 و2040، وفق ما رصدته وحدة أبحاث الطاقة. وفي الوقت الحالي، هناك تردُّد من قبل صانعي الحديد والصلب في تبنّي خطط الإنتاج الخالية من الانبعاثات القائمة على الهيدروجين الأخضر بسبب عدم اليقين المحيط بسوق الهيدروجين الأخضر.

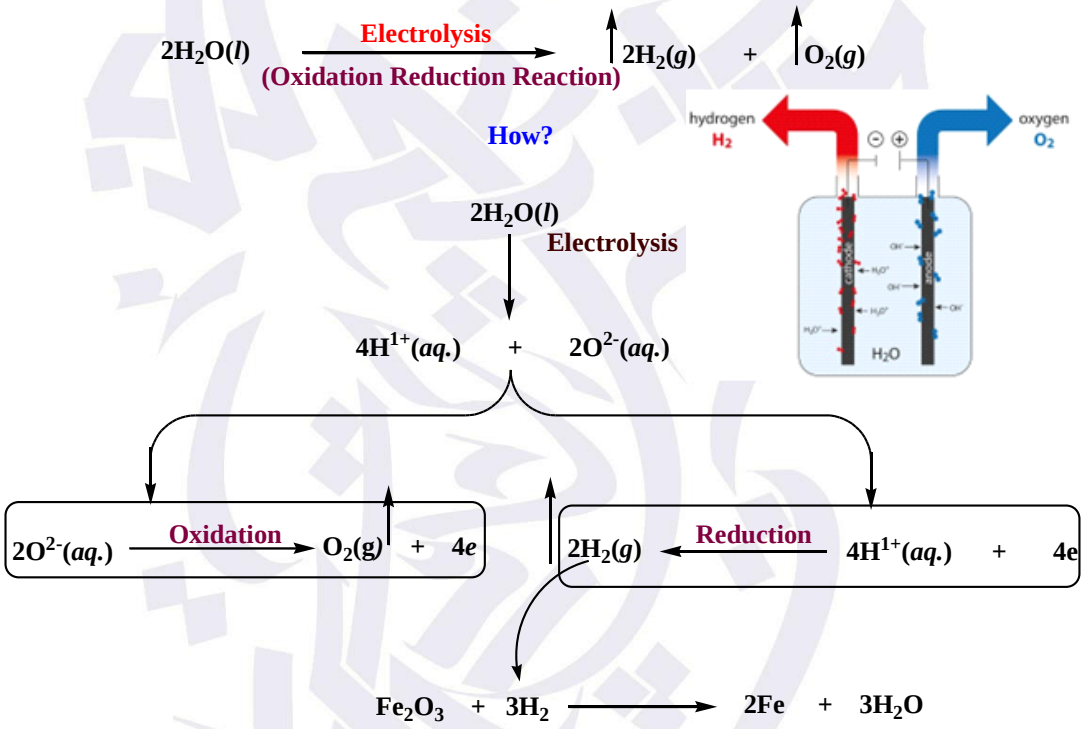
في شراكة جريئة ما بين **شركة أبو ظبي لطاقة المستقبل "مصدر"**، إحدى الشركات الرائدة عالمياً في مجال الطاقة المتجددة، وشراكة مع **مجموعة "حديد الإمارات أركان"**، إحدى أكبر الشركات المدرجة العاملة في قطاع تصنيع الحديد والصلب ومواد البناء والتشييد على مستوى المنطقة، تم تطوير مشروع لاستخدام الهيدروجين الأخضر كعامل مختزل بدلاً عن الكربون في صناعة الحديد والصلب بهدف الحد من الانبعاثات الكربونية في قطاع الصلب الكثيف الاستهلاك للطاقة.



Source: https://alfallahalyoum.news

Green Hydrogen by Electrolysis of Water

مخطط 4: الهيدروجين الأخضر بالتحليل الكهربي للماء واستخدامه في صناعة الحديد والصلب



وهي خطوة مهمة جدا نحو تحوّل القطاع نحو مستقبل أكثر استدامة، وخطوة داعمة لمبادرة الإمارات الاستراتيجية لتحقيق الحياد المناخي بحلول عام 2050. وقد حققت مجموعة "حديد الإمارات أركان" مستويات متقدمة في مجال التقليل من كثافة الانبعاثات الكربونية لتكون أقل من نصف المتوسط العالمي لقطاع صناعة الصلب، وفي عام 2022، خطت خطوات كبيرة في تعزيز كفاءة الطاقة، ونجحت في تخفيض كثافة الطاقة وكثافة الانبعاثات الكربونية .(Masdar, 2023)

وقد تم تحقيق ذلك من خلال **استخدام 80% من مصادر الكهرباء النظيفة، واحتجاز الكربون، واستخدام الخردة المعدنية.** وتلتزم "حديد الإمارات أركان" بخفض انبعاثات الكربون بنسبة 40% بحلول عام 2030، بهدف أساسي يتمثل في تحقيق الحياد المناخي بحلول عام 2050.

وقد حصلت شركة حديد الإمارات أركان، إحدى أكبر الشركات المدرجة لإنتاج الحديد ومواد البناء في المنطقة، على لقب "رائد استدامة الصلب 2024" من قبل الرابطة العالمية للصلب نتيجة لجهودها في تعزيز ممارسات الاستدامة في عملياتها التشغيلية من خلال استخدامها لخردة الحديد، وتقنيات احتجاز والتقاط الانبعاثات الكربونية والطاقة النظيفة، وأخيراً الهيدروجين الأخضر.

- **التحليل الكهربائي لمصهور الحديد [Molten Oxide Electrolysis (MOE)]**

تقوم شركة Boston Metal، وهي شركة فرعية تابعة لمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، بتسويق طريقة جديدة لصناعة الفولاذ والمعادن الأخرى، للمساعدة في تنظيف الصناعة كثيفة الانبعاثات، وذلك باستخدام تقنية التحليل الكهربي.

وتسعى شركة بوسطن ميتال الآن إلى تنظيف صناعة الفولاذ باستخدام عملية كهروكيميائية تسمى التحليل الكهربائي لأكسيد المنصهر (MOE)، والتي تلغي كثير من الخطوات في صناعة الفولاذ وفيها يتم إنتاج الحديد السائل، وتطلق الأكسجين كمنتج ثانوي وحيد لها **(مخطط 5)**. في هذه الطريقة تأتي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الوحيدة فقط من أي كهرباء يتم استخدامها لتسخين واختزال المعدن.

قامت الشركة ببناء أنموذج أولي لمفاعل التحليل الكهربي لمصهور الحديد (MOE) لإنتاج الفولاذ الأخضر في مقرها الرئيس في Woburn، ماساتشوستس. وقد جمعت الشركة أكثر من 370 مليون دولار حتى الآن من منظمات في جميع أنحاء أوروبا وآسيا والأميركتين والشرق الأوسط، ويتوقع قادتها التوسع بسرعة لتحويل إنتاج الصلب في كل ركن من أركان العالم. ويدعم هذه الحلول عدد من منتجي الصلب ذوي الطموح العالي (بما في ذلك أكبر لاعبين، أرسيلور ميتال ومجموعة باوو الصينية)، الذين أعلنوا عن التزاماتهم بصناعة الصلب ذات صافي الصفر (Wiencke J., 2018; Fan, Z., 2021; Gallucci M., 2023).

ومع ذلك، فإن القضية التجارية ليست موجودة بعد لإطلاق العنان للاستثمار في إنتاج الصلب الأخضر على نطاق واسع. إن تكلفة منتجات الصلب منخفضة الانبعاثات سوف تزيد بنسبة 20-50% عن تكلفة الصلب المصنوع من خلال الطريق التقليدي عالي الكربون، بل وأكثر من ذلك بالنسبة للمصانع الأولى من نوعها.

Green Iron by Electrolysis of Molten Oxide (MOE)

مخطط 5: الحديد الأخضر بالتحليل الكهربي لمصهور الحديد

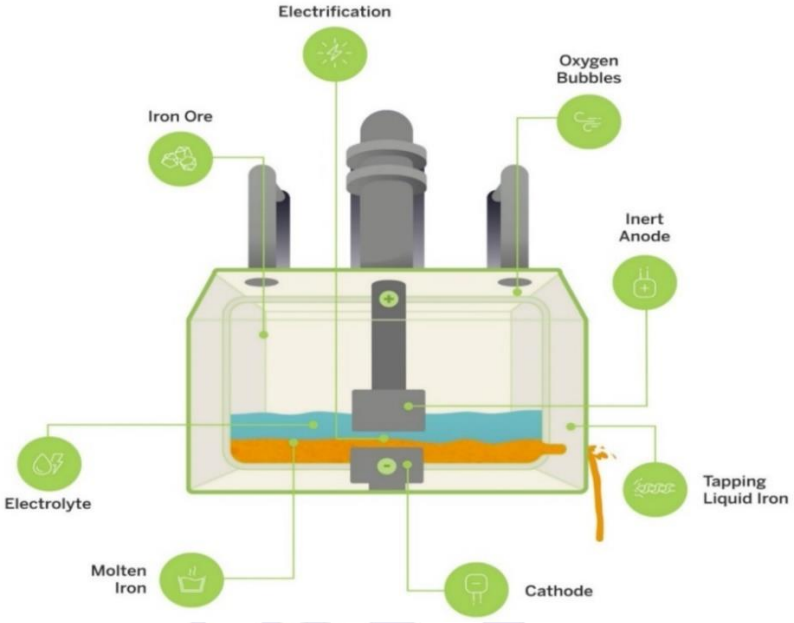
$$2Fe_2O_3(l) \xrightarrow[\text{(Oxidation Reduction Reaction)}]{\text{Electrolysis}} 4Fe(s) + 3O_2(g)\uparrow$$

How?

$$2Fe_2O_3(l) \xrightarrow{\text{Electrolysis}} 4Fe^{3+}(aq.) + 6O^{2-}(aq.)$$

$$6O^{2-}(aq.) \xrightarrow{\text{Oxidation}} 3O_2(g)\uparrow + 12e$$

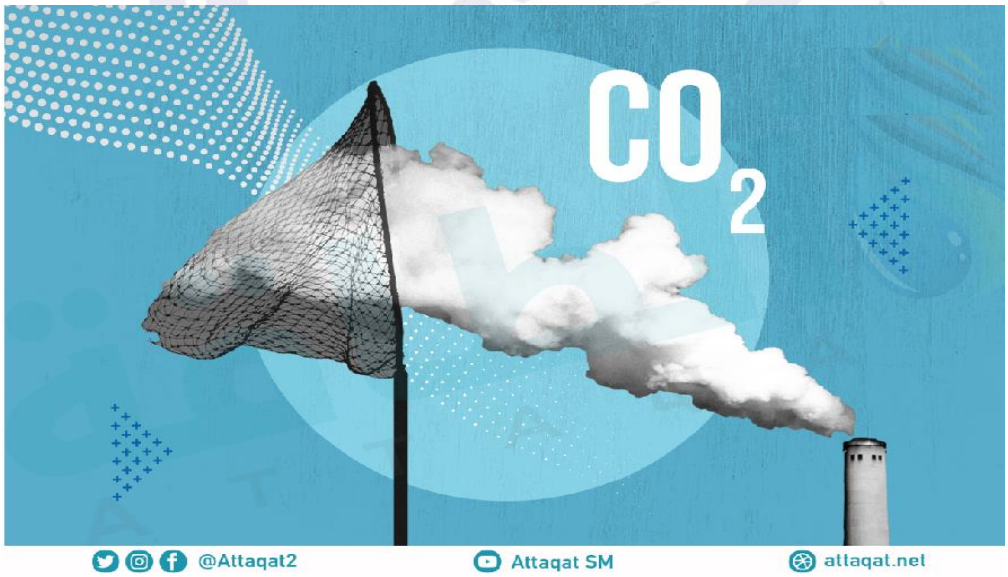
$$4Fe(s) \xleftarrow{\text{Reduction}} 4Fe^{3+}(aq.) + 12e$$



3.2.2. احتجاز وإزالة انبعاثات ثاني أُكسيد الكربون

المسار الثاني الذي يتم تبنيه للوصول إلى صافي انبعاثات صفر هو مسار الاحتجاز والإزالة لثاني أكسيد الكربون. ومن خلال هذا المسارتسعى الشركات والدول والكيانات التي تُسهم بأكبر قدر من الانبعاثات الغازية المسببة للاحتباس الحراري، تسعى لاستخدام تقنيات لاحتجاز الانبعاثات الغازية من مصدرها مباشرة كما تسعى لإزالة الانبعاثات الغازية (من الهواء الجوي) وخاصة ذلك القدر من الانبعاثات التي لم يفلح سعيها السابق (في المقام الأول) من خفضها.

ولهذا تسعى تلك الشركات والدول والكيانات بالتحديد إلى استخدام تلك التقنيات في القطاعات التي يصعب خفض انبعاثاتها، والتي لا يمكن لجهود الخفض فيها أن تصل إلى خفض شبه كلي، ومن أهمها: صناعة الحديد والصلب وصناعة الإسمنت (قطاع الصناعة والمباني)، مصافي وحقول استخراج النفط (قطاع الطاقة)، النقل البحري والجوي (قطاع النقل).



https://attaqa.net/2024

وعلى الرغم من أن تقنيات التقاط ثاني أُكسيد الكربون من المصدر، وتلك التقنيات المستخدمة لإزالته من الغلاف الجوي وتخزينه، تتطلب عمليات صعبة ومكلفة، يرى العلماء أن الحاجة إلى تطوير هذه التقنيات وتطبيقها أمراً لا مناص منه في المستقبل القريب، كونها تدعم كثير من الصناعات وتسهم في الحد من التغير المناخي.

إذ يُعدّ ثاني أكسيد الكربون (CO_2) مكوناً أساسياً في صناعات متنوعة، ابتداءً بالمشروبات الغازية وانتهاءً بشكله الصلب الذي يمكن استخدامه في نقل وتخزين الأدوية الحساسة لدرجات الحرارة، بما فيها لقاح «فايزر» المستخدم في مواجهة انتشار فيروس كورونا.

ويُعَد الاستخلاص المُعزز للنفط [Enhanced oil recovery(EOR)] الاستخدام الرئيس لثاني أكسيد الكربون (CO_2) اليوم. إذ تدعو معظم استراتيجيات احتجاز الكربون وتخزينه الحالية إلى حقن ثاني أكسيد الكربون في أعماق الأرض في خزانات النفط النشطة من أجل استخلاص المزيد من النفط. ويشكل هذا "حلقة مغلقة"، إذ يتم استخراج الكربون من الأرض كوقود أحفوري ثم إعادته إلى الأرض على شكل ثاني أكسيد الكربون (CO_2) . وتشمل الاستخدامات المحتملة الأخرى لثاني أكسيد الكربون تصنيع المواد الكيميائية أو الوقود، ولكنها تتطلب كميات كبيرة من الطاقة الخالية من الكربون، ما يجعل التكاليف مرتفعة للغاية بحيث لا تكون قادرة على المنافسة اليوم.

وقد تسببت ندرة ثاني أُكسيد الكربون في حدوث فوضى في سلاسل التوريد، حتى أن الشركات التي تشتري هذا المنتج بدأت تدفع خمسة أضعاف الثمن الذي اعتادت أن تدفعه سابقاً. وهكذا فإن الغاز، الذي يسعى العالم بأسره للحدّ من انبعاثاته، يبرهن

على كونه حيوياً لاستمرار صناعات عديدة، ما يؤكد الحاجة إلى تطوير تقنيات لاحتجازه من المصدر وإزالته من الغلاف الجوي ومن ثم تخزينه لاستخدامه لاحقا. ومن أهم تلك التقنيات المستخدمة نورد فيما يلي الأكثر شيوعاً واستخداماً.

I. احتجاز انبعاثات ثاني أُكسيد الكربون [Carbon Dioxide Capture (CDC)]

أفضل الخيارات المتاحة حالياً هي تقنية التقاط أو احتجاز ثاني أُكسيد الكربون (CO_2) من المصدر، التي تتضمن تنقية الغاز من باقي غازات العادم في مداخن المصانع ومحطات الطاقة، حيث ينبعث هذا الغاز بكميات أكبر وتراكيز أعلى بآلاف المرات ما هو موجود في الغلاف الجوي.

وفي المملكة العربية السعودية تتبنى شركة أرامكو مشروعاً لتطوير تقنيات التقاط ثاني أُكسيد الكربون (CO_2) يعتمد على التقاط واحتجاز نحو 800 ألف طن من ثاني أكسيد الكربون سنوياً، ومن ثم نقله لحقنه وتخزينه في المكامن النفطية. كما بدأت الإمارات العربية المتحدة عام 2016 بتشغيل منشأة لالتقاط ثاني أُكسيد الكربون (CO_2) من انبعاثات مصانع شركة حديد الإمارات ثم حقنه وتخزينه في حقول النفط. ويقوم المشروع على التقاط 800 ألف طن من ثاني أكسيد الكربون (CO_2) سنوياً مع خطة طموحة لزيادة الاستطاعة إلى 5 ملايين طن بحلول 2030. وهذا يدعم هدف الإمارات بخفض كثافة الانبعاثات بنسبة 25% بحلول عام 2030 وتحقيق الحياد المناخي بحلول عام 2050.

وهناك كثير من وحدات احتجاز ثاني أُكسيد الكربون (المماثلة) تعمل في عدة مواقع حول العالم، كتلك الموجودة في مشروع «أكورن» في أسكوتلندا، ومشروع «سي دراكس» في بريطانيا، وكذلك وحدة احتجاز الكربون في محطة توليد الطاقة التي تعمل بالفحم في مقاطعة ساسكاتشوان الكندية، ووحدة احتجاز الكربون في معمل «سينتشوري» للغاز غرب ولاية تكساس. ويشير المعهد العالمي لاحتجاز الكربون وتخزينه أن هناك ما يزيد على 250 منشأة لاحتجاز الكربون وتخزينه في مراحل مختلفة، في أنحاء العالم، وأن هذا الرقم يجب أن يتضاعف مائة مرة لتحقيق الأهداف المناخية الدولية بحلول منتصف القرن (متوفر بموقع) 2023. تم الاسترجاع من https://www.moenergy.gov.sa/ar/MediaCenter/ClimateWeek/Pages/The-Government-of-the-Kingdom-of-Saudi-Arabia-Joins-the-Global-CCS-Institute.aspx

وعلى الرغم من أن هذه الوحدات تنتج ثاني أكسيد الكربون (CO_2) بدرجة نقاء تبلغ 99 في المائة، إلاّ أنها في الوقت الحاضر لاتزال مكلفة للغاية. لكن الأبحاث والتجارب التطبيقية مستمرة لتحسين التقنية وتخفيض التكلفة، وقد دخلت المملكة العربية السعودية في هذا المجال بالتعاون مع شركاء من المنطقة والعالم.

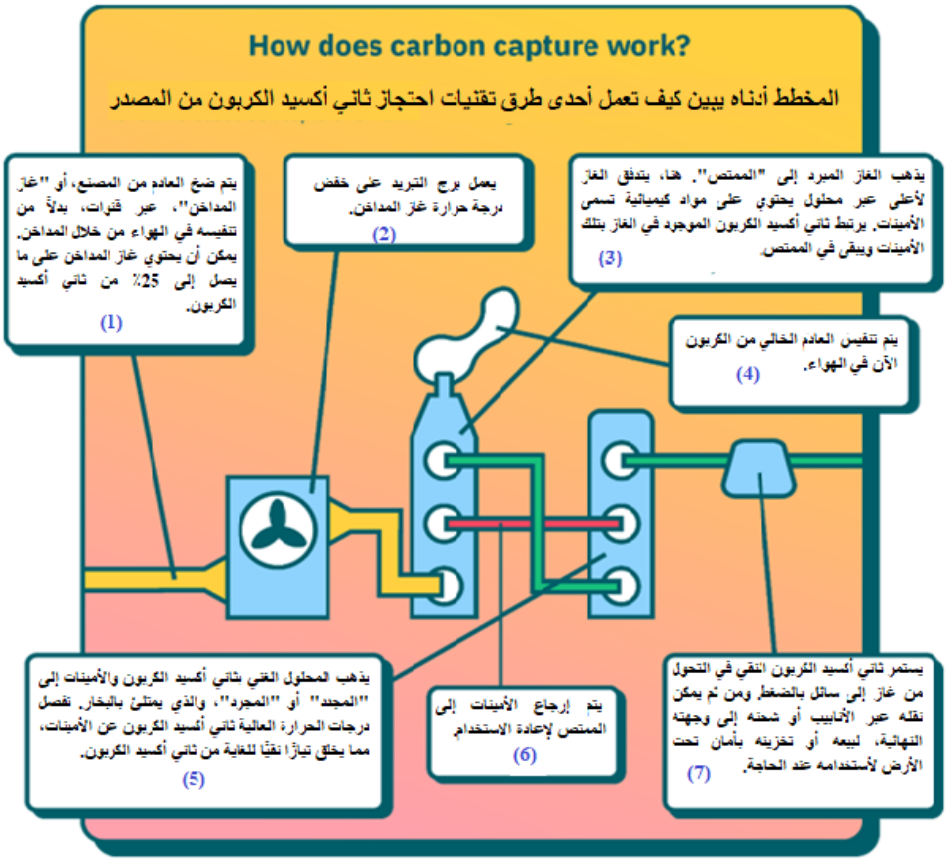
وعلى الرغم من أن استخدام تقنيات احتجاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) وتخزينه ليس بجديد، إذ أن التقاط ثاني أكسيد الكربون وتخزينه موجودًا منذ سبعينيات القرن العشرين، عندما بدأت مصانع معالجة الغاز الطبيعي في تكساس في التقاطه، ولكن بغرض ربحي وذلك لبيعه للصناعات التي تحتاجه. اليوم أصبحت هذه التقنية تتخذ طابعاً آخر (بيئي)، يتمثل في دورها في الحد من الاحتباس الحراري من خلال احتجاز والتقاط أكبر قدر من هذا النوع من الغازات من مصادرها مباشرة ومن ثم تخزينها واستخدامها عند الحاجة.

في قمة المناخ COP28 في ديسمبر 2023، تعهد حوالي 50 من أكبر منتجي الوقود الأحفوري في العالم بالقضاء على الانبعاثات من عملياتهم الخاصة، والتي ستعتمد جزئيًا على تجهيز المصافي باحتجاز الكربون. **لكن لم يوافق أي منهم على التخلص التدريجي**، أو الحد بشكل كبير من إنتاج الوقود الأحفوري، والذي يولد استخدامه المزيد من انبعاثات القطاع.

كيف تعمل تقنية احتجاز الكربون؟

هناك عدة طرائق لاحتجاز ثاني أكسيد الكربون من محطات الطاقة أو المصانع، ولكن الطريقة الأكثر شيوعًا هي "احتجاز ثاني أكسيد الكربون باستخدام الأمينات" أو "التنظيف بالأمينات". ويُلخص عمل هذه الطريقة في سبع نقاط يمكن توضيحها فيما يلي في **المخطط 6**.

مخطط 6: يبين أحدى الطرق التي تشرح كيف تعمل تقنيات احتجاز الكربون من المصدر



Source: https://climate.mit.edu/explainers/carbon-capture

- يتم ضخ العادم من المصنع، أو "غاز المداخن"، عبر قنوات، بدلاً من تنفيسه في الهواء من خلال المداخن. يمكن أن يحتوي غاز المداخن على ما يصل إلى 25٪ من ثاني أكسيد الكربون.
- يعمل برج التبريد على خفض درجة حرارة غاز المداخن.
- يذهب الغاز المبرد إلى "الممتص". هنا، يتدفق الغاز لأعلى عبر محلول يحتوي على مواد كيميائية تسمى الأمينات. يرتبط ثاني أكسيد الكربون الموجود في الغاز بتلك الأمينات ويبقى في الممتص.
- يتم تنفيس العادم الخالي من الكربون في الهواء.

- يذهب المحلول الغني بثاني أكسيد الكربون والأمينات إلى "المجدد" أو "المجرد"، والذي يمتلئ بالبخار. تفصل درجات الحرارة العالية ثاني أكسيد الكربون عن الأمينات، ما يُنشئ تيارًا نقيًا للغاية من ثاني أكسيد الكربون.
- يتم إرجاع الأمينات إلى الممتص لإعادة الاستخدام.
- يستمر ثاني أكسيد الكربون النقي في التحول من غاز إلى سائل بالضغط، لتسهيل نقله عبر الأنابيب أو شحنه إلى وجهته النهائية، لبيعه أو تخزينه بأمان تحت الأرض لاستخدامه عند الحاجة.

وتشمل تقنية احتجاز ثاني أكسيد الكربون(CDC) مجموعة واسعة من الأساليب والمفاهيم والمصطلحات والتقنيات الفرعية منها :

- احتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه مباشرة [Direct air carbon dioxide capture and storage (**DACCS**)]، وهذا يشير لعملية كيميائية يتم من خلالها التقاط ثاني أكسيد الكربون مباشرة من المصدر، ثم تخزينه لاستخدامه لاحقًا.
- احتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه [(Carbon Dioxide Capture and Storage "CDCS")] وهي عملية يتم فيها فصل (**CCS**) تيار نقي نسبيًا من ثاني أكسيد الكربون (CO_2) من المصادر الصناعية والمتعلقة بالطاقة، وتكييفه، وضغطه، ونقله إلى موقع تخزين لعزله عن الغلاف الجوي على المدى الطويل. والفكرة وراء احتجاز الكربون وتخزينه، هي احتجاز ثاني أكسيد الكربون الناتج عن حرق الوقود الأحفوري قبل إطلاقه في الغلاف الجوي.
- يُشار ايضا إلى تقنية احتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه أحيانًا باسم CCUS، وتعني احتجاز الكربون وتخزينه واستخدامه [Carbon Capture, Utilization, and Storage (**CCUS**)]. إذ يرمز الحرف "U" في هذا المفهوم إلى الاستخدام اللاحق.

II. إزالة ثاني أكسيد الكربون: Carbon Dioxide Removal (CDR)

من التقنيات الأخرى في هذا المسار هي تقنية الإزالة لثاني أُكسيد الكربون (CO_2) من الهواء الجوي (استرجاعه من الهواء الجوي). ولا تزال هذه التقنية حديثة ومكلفة ايضاً. و وفقاً لوكالة الطاقة الدولية توجد حالياً 15 محطة تجريبية لإزالة ثاني أُكسيد الكربون(CO_2) من الهواء مباشرة تبلغ قدرتها ما يزيد قليلاً عن 9 آلاف طن من ثاني أكسيد الكربون سنوياً.

وتقوم شركة النفط الأميركية «أكسيدنتال» بتطوير أكبر منشأة لالتقاط ثاني أُكسيد الكربون(CO_2) من الهواء مباشرة بالقرب من بعض حقول النفط في تكساس، تصل قدرتها إلى مليون طن سنوياً تقريبا. أما شركة «كلايميووركس» السويسرية الناشئة، فقد بدأت في سبتمبر 2021 بتشغيل مشروعها «أوركا»، الذي يقع بالقرب من العاصمة الآيسلندية ريكيافيك، ويعدّ أول وأكبر منشأة في العالم لالتقاط وإزالة الكربون من الهواء مباشرة وتخزينه تحت الأرض على المستوى التجاري. وتصل قدرة المشروع إلى 4 آلاف طن من ثاني أكسيد الكربون سنوياً. وهو يستخدم الطاقة المتجددة التي تنتج عن

محطة طاقة حرارية أرضية قريبة لتشغيل المراوح والفلاتر من أجل التقاط الكربون ثم خلطه بالماء وضخّه في أعماق الأرض. وتعمل شركة Climeworks السويسرية المتخصصة في التقاط وإزالة ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي على إنشاء أكبر منشأة لالتقاط وإزالة ثاني أُكسيد الكربون (CO_2) من الهواء الجوي.

ويشير مصطلح إزالة ثاني أكسيد الكربون (CDR) إلى الأساليب التي تزيل ثاني أُكسيد الكربون (CO_2) من الغلاف الجوي، ولا يشير مصطلح إزالة ثاني أكسيد الكربون إلى التقاط ثاني أُكسيد الكربون(CO_2) من مصدر محدد للوقود الأحفوري أو القطاع الصناعي، كما هو الحال في حالة تقنية الاحتجاز المشار اليها سلفا.

وتشتمل تقنية إزالة ثاني أكسيد الكربون(CDR) مجموعة واسعة من الأساليب والمصطلحات والتقنيات الفرعية، بما في ذلك التقاط الهواء المباشر(**DAC**) باستخدام عملية كيميائية إلى جانب التخزين الدائم، واحتجاز ثاني أُكسيد الكربون (CO_2) في التربة، وإزالة الكربون من الكتلة الحيوية وتخزينه، وتعزيز التمعدن، وإزالة ثاني أكسيد الكربون من المحيطات، والتشجير/إعادة التشجير.

كما تشتمل هذا التقنية على التقاط ثاني أكسيد الكربون من الهواء وتخزينه في شكل طاقة حيوية (**BECCS**) [Bioenergy with carbon capture and storage (BECCS)].

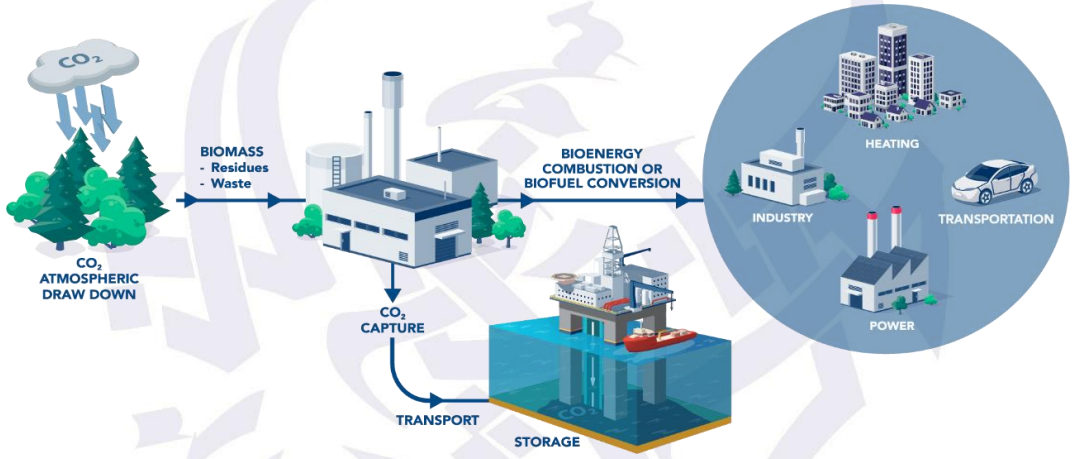
فنتيجة للاهتمام الكبير مؤخرًا باستخدام تقنيات التقاط ثاني أكسيد الكربون وتخزينه بهدف إزالته من الغلاف الجوي، فقد كان خياراتنا الطاقة الحيوية باستخدام التقاط ثاني أكسيد الكربون وتخزينه (BECCS) من بين الخيارات المتاحة، إذ تزيل الكتلة الحيوية (من مثل: الخشب أو الأعشاب) ثاني أكسيد الكربون من الهواء من خلال عملية التمثيل الضوئي. ثم يتم حصاد الكتلة الحيوية وحرقها في محطة للطاقة لإنتاج الطاقة، مع التقاط ثاني أكسيد الكربون وتخزينه. وهذا يخلق ما يسمى "الانبعاثات السلبية" لأنه يأخذ ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي ويخزنه.

تخضع عملية إنتاج الكتلة الحيوية لمجموعة من قيود الاستدامة، من مثل: ندرة الأراضي الصالحة للزراعة والمياه العذبة، وفقدان التنوع الحيوي، والمنافسة على إنتاج الغذاء، وإزالة الغابات وندرة الفوسفور، لذلك فإنه من المهم التأكد من استخدام الكتلة الحيوية بطريقة تزيد من فوائد الطاقة والمناخ.

كان هناك انتقادات لبعض سيناريوهات نشر الـBECCS المقترحة، إذ سيكون هناك اعتماد كبير جدًا على زيادة مدخلات الكتلة الحيوية . خلافاً لذلك ستكون هناك حاجة لمساحات كبيرة من الأرض لتشغيل الـBECCS على النطاق الصناعي.

ستصل الحاجة إلى 300 مليون هكتار من مساحة الأرض (أكبر من الهند) لإزالة 10 مليارات طن من ثاني أكسيد الكربون. ونتيجة لذلك، فإن الـBECCS تخاطر باستخدام الأراضي التي يمكن أن تكون أكثر ملاءمة للزراعة وإنتاج الغذاء، وخاصة في البلدان النامية.

مخطط 6: يبين كيفية التقاط ثاني أُكسيد الكربون من الغلاف الجوي وتخزينه ونقله واستخدامه



Source: https://www.babcock.com/home/renewable/biomass

وتؤدي غزارة الأمطار دوراً في التقاط ثاني أُكسيد الكربون من الغلاف الجوي و التخفيف من كميته في الهواء من خلال تحويله إلى حمض الكربونيك (H_2CO_3) .

ومع ذلك، فإن تركيز ثاني أُكسيد الكربون في الهواء أقل بنحو 300 مرة من تركيزه في مداخن محطات الطاقة أو المنشآت الصناعية، مما يجعل التقاطه أقل كفاءة بكثير. وبسبب هذا، فإن التقاط الهواء المباشر مكلف للغاية اليوم.

ولما كانت التكلفة المرتفعة هي العقبة الأساسية أمام انتشار تكنولوجيا احتجاز الكربون وتخزينه، تتزايد المطالبة بتوفير الدعم له بوصفه أحد أساليب التصدي للتغيُّر المناخي. كما يمكن الإسهام باسترداد النفقات عن طريق تجارة الكربون وعوائد زيادة إنتاج حقول النفط التي يجري حقن الكربون في مكامنها.

على سبيل المثال، دخلت شركة «إن آر جي» الأميركية في شراكة مع «جي إكس» اليابانية لتشغيل منشأة لاحتجاز الكربون في محطة للطاقة قرب هيوستن اعتباراً من سنة 2017. وبلغت تكلفة هذه المنشأة مليار دولار، بما فيها 190 مليون دولار على شكل دعم فيدرالي. وتبلغ استطاعة منشأة احتجاز الكربون هذه 5 آلاف طن من ثاني أكسيد الكربون يومياً، يتم ضخّها على بعد 130 كيلومتراً في حقل «ويست رانش» النفطي. ويؤدي حقن الكربون إلى زيادة إنتاج النفط من 300 برميل بالوسائل التقليدية إلى نحو 5 آلاف برميل يومياً. ومن الطبيعي أن ترتبط جدوى المشروع، في غياب الدعم، بأسعار النفط.

شكل 10: يبين أحدى مشروعات التقاط الكربون من الغلاف الجوي.

Source: https://www.aksalser.com/news/?p=580232; ***"smithsonianmag"***

وفيما يعترض البعض على توفير الدعم الحكومي لتقنيات احتجاز الكربون، يرى آخرون أنه أمر لا بد منه لدفع التقنيات في هذا المجال إلى مستويات متقدمة وخفض تكاليفه، كما جرى في حالة الطاقة المتجددة الناتجة عن الألواح الشمسية وتوربينات الرياح. وتترسخ القناعة اليوم أن التصدي لتغيُّر المناخ الكارثي يستلزم من الآن العمل على تطوير بنية تحتية راسخة لالتقاط الكربون واحتجازه بأفضل مردود وأقل تكلفة.

أن الارتفاع الملحوظ في درجات الحرارة خلال العام الماضي والعام الحالي والتغيرات المناخية المصاحبة التي نشهدها كل يوم من حيث تغير مواسم الامطار والفيضانات والسيول الجارفة وغيره، يوحي بأن الممارسات والإجراءات الذي تم اتخاذها تجاه الحد من ارتفاع درجات الحرارة غير فاعلة.

وعليه فقد أصبح من المعترف به الآن أن تقنيات احتجاز وإزالة ثاني أُكسيد الكربون تشكل عنصراً حاسماً لتحقيق أهداف مناخية طموحة مثل اقتصاد خالٍ من غازات الاحتباس الحراري بحلول عام 2050.

وبالتالي فإن نشر تقنيات وطرائق متنوعة لاحتجاز وإزالة ثاني أُكسيد الكربون ستسهل إزالة المليار طن من ثاني أكسيد الكربون بحلول منتصف القرن (2050). هذا لا يشمل مبادرات زراعة الأشجار، والتي تقدر بأنها تمثل معظم 2 مليار طن من ثاني أكسيد الكربون التي يتم إزالتها حاليًا سنويًا، وفقًا لتقرير أجرته كلية سميث للمشاريع والبيئة في أكسفورد.

تتوقع وكالة الطاقة الدولية أنه بحلول عام 2030، بأن هناك سعة كافية لالتقاط 435 مليون طن وتخزين 615 مليون طن من ثاني أكسيد الكربون سنويًا.

ومع ذلك، فإن كلا الرقمين أقل من مليار طن سنويًا من التقاط الكربون وتخزينه التي تقول وكالة الطاقة الدولية إنها ربما تكون مطلوبة للوصول إلى انبعاثات صفرية صافية في عام 2050.

وبالنسبة لقطاع المباني والإنشاءات فإنه يمكن استخدام تقنية التقاط أو احتجاز ثاني أُكسيد الكربون (CO_2) في مصانع الإسمنت ومصانع الحديد والصلب، كما يمكن استخدام تقنيات الإزالة في المدن القديمة بهدف حماية المباني التاريخية من التأثر بهذه الانبعاثات، وتُعدّ عملية التشجير وتوسيع المساحات الخضراء والحدائق من أهم الوسائل المستخدمة لإزالة ثاني أُكسيد الكربون (CO_2) من الهواء الجوي في هذا القطاع.

وفي دراسة (Heidi-Jayne Hawkins et al., 2023) نشرت مؤخراً في دورية "كارنت بيولوجي (Current Biology)" أوضحت أن شبكة الفطريات الجذرية (سواء تلك المنتشرة في الأراضي العشبية، أو تلك التي في الغابات أو الحدائق أو الطرقات) ، تُسهِم في الحد من تغيرات المناخ والاحتباس الحراري بشكل كبير، بفضل قدرتها على تخزين ثلث الكربون الناتج عن انبعاث الوقود الأحفوري في العالم سنويا، بالإضافة إلى إسهاماتها في الحفاظ على التنوع البيولوجي.

إن إزالة الكربون من قطاع المباني بحلول عام 2050 أمر بالغ الأهمية لتحقيق هذه التخفيضات. وللحد من الانبعاثات الإجمالية، يتعين على القطاع تحسين أداء الطاقة في المباني، وخفض البصمة الكربونية لمواد البناء، ومضاعفة الالتزامات السياسية جنبًا إلى جنب مع العمل وزيادة الاستثمار في كفاءة الطاقة.

ومع ذلك فأنه ينبغي الإشارة إلى أن المساعي والجهود في هذا المسار تلاحقها كثير من الاسئلة حول:

- فاعلية تلك التقنيات وتباين مقدرة مختلف دول العالم على تحمل تكلفة المتاح من تلك التقنيات المتنوعة.
- هل تقنيات احتجاز ثاني أُكسيد الكربون وإزالته من الهواء الجوي تُشكل هدفا مناخياً، أم أنها بمثابة رخصة لمزيد من الانبعاثات، كما أنها مثيرة للجدل عند استخدامها لتبرير استمرار إمداد النفط والغاز والفحم.

وقد تناولت كثير من الابحاث والدراسات هذا المسار بطرائق متنوعة وتحت مسميات ومفاهيم ومصطلحات عدة، إلا أن جميعها تصبُ في مفهومين رئيسين: المفهوم الأول يُبرز أهم تقنيات التقاط أو احتجاز ثاني أُكسيد الكربون (CO_2) من المصدر، بينما يُبين المفهوم الثاني التقنيات والطرائق المتنوعة لالتقاط أو إزالة ثاني أُكسيد الكربون(CO_2) من الغلاف الجوي. وعليه نذكر فيما يلي بعض تلك الدراسات وأحدثها:

(Möllersten et al., 2003; IPPC, 2005; Franklin et al., 2018; Morrow et al., 2020; Institute for Carbon Removal Law and Policy, American University, Washington DC, 2020; Lyons et al., 2021; Sirini Jeudy-Hugo et al., 2021; 2021 ،عبد الهادي النجار; Bellamy and Raimi, 2023; Jay Fuhrman et al., 2023; Sean Low et al., 2024; Huaiguang Li et al., 2024; Srinu Nagireddi et al., 2024).

3.2.3. استخدام اسواق الكربون (أرصدة الكربون) أو ضريبة الكربون:

في هذا المسار نستكشف دور أسواق الكربون الدولية لمساعدة البلدان والكيانات والشركات العملاقة على تحقيق أهدافها المتمثلة في خفض الانبعاثات الغازية إلى صافي الصفر.

تُشير عبارة "أسواق الكربون الدولية" إلى آليات ائتمان الكربون، التي تتضمن آلية تسجيل أرصدة الكربون، والآليات التي تسمح بالتحويلات لأرصدة الكربون من بلد إلى بلد آخر.

وآلية تسجيل أرصدة الكربون هي برنامج يسجل أنشطة التخفيف بالخفض أوالتجنب أوالإزالة ويصدر أرصدة كربون تقابل كمية محددة (طن واحد مكافئ من ثاني أكسيد الكربون عمومًا) من تخفيضات الانبعاثات أو عمليات الاحتجاز والإزالة التي حققتها الأنشطة والإجراءات، وغالبًا ما يشار إليها أيضًا باسم " آلية خط الأساس والائتمان" EDF, WWF-US and (Michaelwa et al., 2019; Oeko-Institute, 2020).

وهذا الاجراء عادة ما يكون معمول به وبشكل ملحوظ في قطاعات الطاقة، الصناعة (بما فيها صناعة الإسمنت والحديد والصلب ذات التأثير الكبير في انبعاثات قطاع البناء)، والنقل.

وتُعدّ أسواق الكربون الدولية وسيلة مهمة تستخدم للضغط على الشركات والدول والكيانات للالتزام بقواعد خفض الانبعاثات الغازية المقرة، من خلال جعل تكلفة خفض الانبعاثات أقل من تكلفة استخدام الوقود الأحفوري كمصدر للطاقة، ومع ذلك فقد عدّها كثير من المختصين بأنها قد تُستغل كرخصة لمزيد من الانبعاثات الغازية المسببة للاحتباس الحراري من تلك القطاعات، شأنها شأن تقنيات الاحتجاز والإزالة.

وكان المندوبون في الاجتماع العالمي بشأن تغير المناخ 2021 (مؤتمر الأطراف السادس والعشرين) في غلاسغو قد وافقوا على المادة 6 **من اتفاق باريس والخاصة بالقواعد المُنظِّمة لأسواق الكربون الدولية** (UNFCCC, 2015). وأطلقت هذه الموافقة إشارة البدء لقيام سوق يُمكِن فيها للبلدان تداول أرصدة الكربون التي تتولَّد عن تخفيض انبعاثات غازات الدفيئة أو إزالتها من الغلاف الجوي، مثلا عن طريق التحول من استخدام الوقود الأحفوري إلى الطاقة المتجددة أو بزيادة مخزونات الكربون أو حفظها في المنظومات البيئية مثل الغابات (World Bank Group, 2022).

لقد أصبح خفض انبعاثات غازات الدفيئة ضرورة ملحة، إذ تشهد البلدان في شتَّى أنحاء العالم الآثار المتفاقمة لتغيُّر المناخ. وفي هذا السياق، قالت الخبيرة الأولى بشؤون الطاقة بالبنك الدولي مونالي رانادي: "يجب تسريع وتيرة خفض الانبعاثات الكربونية وتدابير التكيف، وتتيح أسواق الكربون خيارا للتعويض عن تكاليف التحول عن استخدام الوقود الأحفوري والاتجاه نحو التحوّل إلى اقتصاد أخضر."

تؤدي أسواق الكربون دوراً في حشد الموارد وتقليل التكاليف بما يتيح للبلدان المجال لتسهيل التحول إلى اقتصاد منخفض الكربون. وتشير التقديرات إلى أن تداول أرصدة الكربون قد يخفض تكلفة تنفيذ الإسهامات الوطنية في مكافحة تغير المناخ بأكثر من النصف، بما يصل إلى 250 مليار دولار بحلول عام 2030. ومع مرور الوقت، من المتوقع أن تصبح أسواق الكربون زائدة عن الحاجة مع وصول كل بلد بصافي الانبعاثات إلى الصفر، وتلاشي الحاجة إلى تداول حقوق الانبعاثات.

ويتطلب استخدام أسواق الكربون الدولية بنية تحتية رقمية أساسها أنظمة للرصد والإبلاغ والتحقق، وربط بيانات انبعاثات غازات الدفيئة (التي يتم الحصول عليها من هذه الأنظمة)، ووحدات خفضها بالسجلات الوطنية أو الدولية. ويُمكِن لتكنولوجيا البلوك تشين- أن تقدم مزيداً من المساعدة لتحقيق الشفافية، وضمان أن أرصدة الكربون لا يمكن أن يطالب بها إلا بلدٌ واحد: سواء أكان البلد الذي تفادي انبعاثات غازات الدفيئة أم أزالها، أم البلد الذي اشتراها في شكل رصيد كربوني من أجل استخدامات متنوعة (World Bank Group, 2022).

سيصبح بمقدور البلدان بموجب **المادة 6 من اتفاق باريس**، التعاون بطرائق متنوعة لتحقيق أهدافها المناخية. ويمكن أن يكون العامل الأساسي للنجاح في خفض الانبعاثات العالمية لغازات الدفيئة هو البنية التحتية الرقمية التي تكفل أمن البيانات التي تم التحقق منها، وأن يجري حساب التخفيضات وتتبعها على وجه الدقة. وقد شهدت هذه الحلول الرقمية المبتكرة تطوراً سريعاً مع اقتراب سوق الكربون الدولية الجديدة من أن تصبح حقيقة واقعة.

I. تصنيف وتوصيف أنشطة إصدار الاعتمادات في أسواق الكربون الدولية

يُمثل رصيد الكربون الواحد بشكل عام طن واحد من مكافئ ثاني أكسيد الكربون، بغض النظر عن نوع النشاط أو الإجراء الذي ولده. وتميز الأبحاث والأدبيات بين ثلاث فئات من الأنشطة والإجراءات (التي عادة ما يتم القيام بها للحد من التغير المناخي) التي من خلالها يمكن لآليات الاعتماد أن تسمح بتوليد وإصدار أرصدة الكربون، وهي:

أنشطة خفض الانبعاثات وتجنبها وإزالتها. وينبغي الإشارة هنا إلى أنه لا يوجد في الأدبيات تعريف دقيق ولاسيما لأنشطة خفض الانبعاثات وتجنب الانبعاثات(Sirini Jeudy-Hugo et al., 2021). في بعض الحالات، يتم استخدام المصطلحين بالتبادل، و في حالات أخرى تُعد أنشطة "تجنب الانبعاثات" فئة فرعية من أنشطة "خفض الانبعاثات". على سبيل المثال، يستخدم بعضهم مصطلح "تجنب الانبعاثات" للإشارة إلى الأنشطة التي تمنع زيادة الانبعاثات المستقبلية إلى ما دون خط الأساس، مثل تركيب أنشطة الطاقة المتجددة الجديدة التي تحل محل توليد الطاقة من الوقود الأحفوري في شبكة الكهرباء.

(La Hoz Theuer et al., 2021; Myles Allen et al., 2020)

في المقابل، في أدبيات أخرى يستخدم مصطلح "تجنب الانبعاثات" للإشارة إلى منع أو وقف الأنشطة التي قد تطلق الكربون المخزن في الغلاف الجوي، مثل عدم استغلال احتياطيات الوقود الأحفوري.

.(Asian Development Bank, 2020; Koeler and Michaelowa, 2014)

في هذه الدراسة سيتم استخدام التصنيف الذي يذهب إلى تمييز ثلاث فئات من الأنشطة والإجراءات التي يمكن لها أن تسمح بإصدار أرصدة الكربون وتداولها، على أن تكون هذه الأنشطة والإجراءات في الاتجاه الصحيح وعلى المسار الصحيح وتسير بوتيرة عند أو أعلى من الوتيرة المطلوبة لتحقيق أهداف صافي الصفر، وتؤدي بالنتيجة إلى خفض لانبعاثات الغازات الدفيئة إلى ما دون المخطط له زمنيا.

(Sirini Jeudy-Hugo et al., 2021)

كما ينبغي الإشارة هنا إلى أن هذه الدراسة تربط استخدامها لهذا التصنيف بالتوصيف الدقيق لهذه الفئات من الأنشطة والإجراءات والمبين فيما يأتي.

- **أنشطة وإجراءات خفض الانبعاثات**

تُعرف أنشطة وإجراءات خفض الانبعاثات على أنها الأنشطة والإجراءات التي تعمل على تقليل كمية انبعاثات غازات الاحتباس الحراري (الغازات الدفيئة) المضافة إلى الغلاف الجوي مقارنة بما كان ليضاف في غياب النشاط. وبموجب هذا التعريف، يمكن لأنشطة خفض الانبعاثات أن تقلل مستويات انبعاثات غازات الاحتباس الحراري المطلقة، أو تخفض كثافة انبعاثات غازات الاحتباس الحراري المرتبطة بإنتاج أو استخدام السلع والخدمات، أو تزيد من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري المطلقة بمعدل أبطأ من خط الأساس الواقعي. من جانب آخر تُوصف هذه الأنشطة والإجراءات على أنها:

- أنشطة خفض الانبعاثات دون تخزين الكربون، على سبيل المثال أنشطة كفاءة الطاقة، والحد من انبعاثات الميثان أو أكسيد النيتروز، وتركيب أنشطة جديدة للطاقة المتجددة في شبكة إذ تم التخطيط في الأصل لأنشطة الوقود الأحفوري.

- أنشطة خفض الانبعاثات مع تخزين الكربون، على سبيل المثال تركيب نظام التقاط وتخزين الكربون في محطة طاقة تعمل بالوقود الأحفوري أو منشأة صناعية.
- أنشطة خفض انبعاثات الغازات الدفيئة عامة، سواء أكانت غازات ثاني أُكسيد الكربون أم غيرها من الغازات الدفيئة المسببة للاحتباس الحراري، وأن يُعبر عنها جميعا بما يُكافئها أو يعادلها من انبعاثات غاز ثاني أُكسيد الكربون.
- أنشطة خفض الانبعاثات التي تسعى إلى التحول التدريجي لمصادر الطاقة المتجددة بالتخلص التدريجي من الوقود الأحفوري كمصدر للطاقة، وليس الخفض التدريجي.

- **أنشطة وإجراءات تجنب الانبعاثات**

تُعرف أنشطة تجنب الانبعاثات بأنها الأنشطة والإجراءات التي تتجنب الانبعاثات من المصادر المحتملة لانبعاثات غازات الاحتباس الحراري (مختلف قطاعات الاقتصاد) المخزنة من الانبعاث إلى الغلاف الجوي.

وتشمل الأمثلة استخدام تقنيات الاحتجاز للغازات الدفيئة من المصدر، عدم استغلال احتياطيات الوقود الأحفوري، والحفاظ على استخدام الأراضي والممارسات الزراعية التي تحتفظ بالكربون المخزن بالفعل، وتجنب إزالة الغابات. ومثل هذه الأنشطة معرضة لخطر عدم ديمومة لانبعاثات المخزنة، على سبيل المثال، يمكن الاحتفاظ بالوقود الأحفوري في الأرض (أو يمكن تجنب إزالة الغابات) طوال الوقت الذي يتم فيه تلقي الدعم المالي من بيع الاعتمادات الدولية، ثم استخراجه (أو إزالة الغابات، على التوالي) إذا تغيرت الظروف، على سبيل المثال: إذا توقف تدفق الإيرادات من تسعير الكربون الدولي، وكذلك هو الحال بالنسبة لاستخدام تقنيات الاحتجاز.

- **أنشطة وإجراءات الإزالة**

تُعرف أنشطة إزالة الانبعاثات بأنها الأنشطة التي تعمل على إزالة الغازات الدفيئة بما فيها ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي وتخزينه. ويمكن توصيف هذه الأنشطة على النحو الآتي:

- تكنولوجيات إزالة ثاني أكسيد الكربون مع التخزين الطويل الأجل لها، مثل التقاط الكربون من الغلاف الجوي وتخزينه مباشرة [Direct Air Carbon Capture and Storage (DACCS)].
- تكنولوجيات التقاط ثاني أكسيد الكربون وتخزينه في شكل طاقة حيوية مثل تقنية الـBECCS [Bioenergy with Carbon Capture and Storage (BECCS)].
- التجوية المحسنة [Enhanced Weathering (EW)].

تسمح بعض هذه الأنشطة مثل الـDACCS بإزالة الكربون من الغلاف الجوي وتخزينه لمدة تتراوح بين قرون وآلاف السنين. إن خطر عدم ثبات الانبعاثات المخزنة من هذه الأنشطة منخفض للغاية، لأنه يمكن تخزين الكربون في خزانات جيولوجية أو تحويله إلى أشكال مستقرة. **من جانب آخر**، نجد أن مشاريع إزالة ثاني أكسيد الكربون مثل الـ BECCS المبنية على الحلول القائمة على الطبيعة (NBS) كالتشجير وإعادة التشجير والفحم

الحيوي وحجز الكربون في التربة، تتميز عمومًا بتخزين الكربون قصير الأجل (في حدود عقود من الزمن). كما أن خطر عدم ثبات الانبعاثات المخزنة من هذه الأنشطة مرتفع، إذ يمكن عكس اتجاه هذه الانبعاثات المخزنة بواسطة هذه التقنية مرة أخرى في وقت لاحق وإعادة أطلاقها في الغلاف الجوي بسبب حرائق الغابات أو الظواهر الطبيعية الأخرى، أو حتى نتيجة للإدارة البشرية غير السليمة (Myles Allen et al., 2020).

II. أنواع أرصدة الكربون المختلفة في سياق صافي الانبعاثات الصفرية

الدور الذي يمكن أن تؤديه مختلف الأنواع من أرصدة الكربون في تحقيق هدف صافي الصفر يعتمد على نوع النشاط والاجراء الذي بناء عليه تم اصدار هذا الرصيد. حتى الآن، تم إصدار الغالبية العظمى من الأرصدة لأسواق الكربون الدولية من خلال أنشطة خفض الانبعاثات دون تخزين، وإلى حد ما من خلال انشطة التخفيف القائمة على الطبيعة (NBS), وأنشطة تجنب الانبعاثات (UNEP DTU Partnership, 2021).

في حين أن جميع أنواع الأنشطة (خفض الانبعاثات وتجنبها وإزالتها) ضرورية، فإن مدى ملاءمتها لإصدار أرصدة في أسواق الكربون الدولية تختلف كما هو موضح أدناه:

- يمكن أن تكون أرصدة الكربون الناتجة عن **أنشطة خفض الانبعاثات** (مع أو دون تخزين) مفيدة على المدى القصير لتوفير تدفق إضافي للإيرادات لأنشطة خفض الانبعاثات. يمكن أن تذهب أسواق الكربون الدولية بمرور الوقت تدريجيًا نحو تسجيل الأرصدة من الأنشطة التي تنطوي على تخفيض مطلق لانبعاثات غازات الدفيئة وتلك التي لديها تخزين.

وبالنسبة للبلدان البائعة، فإن هذا يعني أن الإيرادات من أرصدة خفض الانبعاثات قد تبلغ ذروتها ثم تنخفض قبل عام 2050، حتى مع ارتفاع أسعار أرصدة الكربون.

- قد لا تكون الأرصدة الصادرة عن **أنشطة تجنب الانبعاثات** متوافقة مع مسار صافي الانبعاثات الصفرية، وقد يتعين إيقافها تدريجياً من أسواق الكربون الدولية، لأنها معرضة بشدة لخطر عدم ديمومة لانبعاثات المخزنة. وقد تكون هذه الأنشطة أكثر ملاءمة للتمويل من خلال أدوات سياسية أخرى.
- يمكن أن تؤدي أرصدة الإزالة لثاني أكسيد الكربون (CDR) القائمة على التكنولوجيا دورًا متزايد الأهمية في المستقبل على المسار المؤدي إلى صافي الانبعاثات الصفرية.

(Myles Allen et al., 2020; La Hoz Theuer et al., 2021; Carrillo Pineda, Chang and Faria, 2020; IIGCC, 2021; World Bank, 2021).

III. دور أسواق الكربون الدولية في تحقيق أهداف صافي الصفر

يعتمد دور أسواق الكربون الدولية في تحقيق أهداف صافي الصفر للبلدان والكيانات والشركات العملاقة على الآتي:

- **النهج الذي تتبعه تلك البلدان والكيانات والشركات في استخدام أسواق الكربون الدولية للوفاء بالتزاماتها بخفض الانبعاثات إلى مستوى الصفر.**

وفي هذا الجانب ينبغي الإشارة إلى أن غالبية البلدان والكيانات والشركات لم تحدد في وثائقها واستراتيجياتها المناخية، ما إذا كانت تنوي صراحة استخدام أسواق الكربون الدولية وكيف.

أوضحت دراسة سابقة (Sirini Jeudy-Hugo et al., 2021) أن 10 دول فقط من أصل 51 دولة والاتحاد الأوروبي، أبدت نية واضحة لاستخدام أسواق الكربون الدولية كجزء من استراتيجيتها المناخية لتحقيق هدفها المناخي. كما أعربت بعض البلدان أيضًا عن إمكانية استخدام آليات السوق الدولية والنهج التعاونية للوفاء بمساهماتها المحددة وطنيًا (UNFCCC, 2021). تتبنى البلدان أساليب مختلفة لاستخدام أسواق الكربون الدولية في خططها للوصول إلى صافي الكربون. استبعدت بعض البلدان صراحة استخدام أسواق الكربون الدولية لتحقيق هدفها المتمثل في خفض صافي الكربون إلى الصفر، مثل فرنسا (Government of France, 2020), و فنلندا (Government of Finland, 2021) تسمح بعض البلدان، مثل السويد، باستخدام أسواق الكربون الدولية لدعم هدفها المتمثل في خفض صافي الكربون إلى الصفر، ولكنها تضع حدًا أعلى لهذا الاستخدام

(Sweden's Ministry of Environment, 2021).

وتشير بلدان أخرى، مثل سويسرا، إلى عزمها استخدام أسواق الكربون الدولية لدعم هدفها المتمثل في صافي الصفر دون تحديد أي حدود كمية للاستخدام. (Federal Council of Switzerland, 2021)

في بعض البلدان مثل المملكة المتحدة، هناك نقص في الوضوح بشأن النهج الذي تتبعه الحكومة في استخدام أسواق الكربون الدولية للوصول إلى هدفها المتمثل في صافي الصفر، على الرغم من أن توصية مجلس التعاون الجمركي تركت استخدام أرصدة الكربون الدولية مفتوحًا بطريقة تسمح للمملكة المتحدة بتجاوز تحقيق الأهداف المحلية UK Government, (UK Parliament, 2019; 2019)

(Climate Change Committee, 2021).

وعلى الرغم من أن عدم وجود قواعد متفق عليها بشأن المادة 6 من اتفاق باريس **(الخاصة بالقواعد المُنظِمة لأسواق الكربون الدولية)**، قد يمنع بعض البلدان من وضع استراتيجيات أكثر تحديداً بهذا الشأن، إلا أن أكثر من ثلثي البلدان تعتزم استخدام أسواق الكربون للوفاء بإسهاماتها الوطنية لمكافحة تغير المناخ في إطار اتفاق باريس, World Bank Group). 2022)

وكان الأردن أول بلد نام عموما و أول بلد في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا يبني أنظمة للرصد والإبلاغ والتحقق وسجلاً لبيانات انبعاثات الدفيئة وفقا للمعايير الدولية التي تُشكِّل اللبنات الأساسية لنظام تداول حقوق إطلاق الانبعاثات في المستقبل، وذلك بالتعاون مع برنامج مستودعات المناخ والشراكة من أجل تجهيز الأسواق التابعين للبنك الدولي لتطوير هذه البنية التحتية الرقمية واختبارها. إذ أنشأ الأردن نظامه للرصد والإبلاغ والتحقق على درجة عالية من الجودة لتتبع انبعاثات

غازات الدفيئة في قطاعات مثل الطاقة والنقل والزراعة، وحسا بالانبعاثات وتخفيضاتها، وربط النتائج بإسهاماته الوطنية في مكافحة تغير المناخ. وأُنشأ نظامه لتسجيل البيانات لدعم عمليات التداول للمشروعات المؤهلة في أسواق الكربون الدولية. ووسط هذه العملية، تقرر جعل هذه البرمجية مفتوحة المصدر وإتاحتها لأي بلد مهتم. وفي إطار مشروع جديد (برنامج تمويل الاستثمارات الشاملة والشفافة والمراعية للمناخ وفقاً للنتائج)، يجري توسيع نظام الرصد والإبلاغ والتحقق ليشمل 22 مؤسسة ووزارة. وسيساعد البرنامج على دمج اعتبارات تغير المناخ في عملية اتخاذ القرارات، وتمكين نظام الرصد والإبلاغ والتحقق من حساب تخفيضات انبعاثات غازات الدفيئة للمشروعات المراعية لظروف المناخ لمعرفة ما إذا كانت مؤهلة للمشاركة في سوق الكربون.

ولتوحيد هذا النهج تسهيلا لتنفيذه في بلدان أخرى، يجري بالفعل محاكاة هذا النظام في فلسطين **(الضفة الغربية وغزة)**، وفي سري لانكا بمساعدة الشراكة من أجل تجهيز الأسواق. وعبَّر كثيرٌ من البلدان في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، وأفريقيا عموما وأمريكا اللاتينية وآسيا عن اهتمامها بالتقنية المفتوحة المصدر لأنظمة الرصد والإبلاغ والتحقق وتسجيل البيانات.

وهناك المزيد أيضا في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، فقد أعلنت بلدان منها السعودية وعُمان والإمارات العربية المتحدة والبحرين عن أهداف للوصول بالانبعاثات إلى مستوى الصفر. كما أنشأت المملكة العربية السعودية مؤخرا سوقاً إقليمية لتداول أرصدة الكربون. وفي الاطار نفسه أطلق صندوق الاستثمارات العامة في السعودية ومجموعة تداول السعودية مالكة البورصة السعودية للأوراق المالية منصة الرياض الطوعية لتداول وتبادل تأمينات وتعويضات الكربون عالية الجودة التي تم التحقق منها والموافقة عليها ويجري إنتاجها في المنطقة (World Bank Group, 2022; Jihad Azour et al., "IMF Blog", 2022).

- **التأثيرات المتباينة لمختلف الفئات من الأنشطة والإجراءات** (التي يمكن لها أن تسمح بإصدار أرصدة الكربون) **على مسارات البلدان والكيانات والشركات نحو تحقيق صافي انبعاثات صفرية.**

في هذا الجانب ينبغي الإشارة إلى أن التأثيرات المتباينة تظهر جلية بين البلدان نتيجة لتباين الامكانات والتقنيات المتاحة اللازمة للقيام بإجراءات التخفيف والإزالة للانبعاثات، وكذلك نتيجة لتباين مصادر تلك الانبعاثات. ففي بعض البلدان يصعب تخفيف انبعاثات بعض القطاعات بشكل كلي، كقطاع الصناعة وبشكل خاص الصناعات الثقيلة من مثل: صناعة الحديد والصلب وصناعة الإسمنت، وكذلك الحال في قطاع النقل البحري والجوي. وبالنسبة لتلك البلدان قد يكون استخدام أسواق الكربون الدولية ضرورياً لتحقيق هدفها المتمثل في خفض صافي الكربون إلى الصفر. وكون تنفيذ تلك الأنشطة والإجراءات يستغرق كثير من الوقت، وكسبا للوقت، يمكن ايضا استخدام أسواق الكربون الدولية على المدى القصير كتدبير انتقالي، بالتوازي مع أنشطة خفض وإزالة الكربون المحلية العميقة، لتسريع التحول العالمي إلى صافي الصفر كربون.

وتعجز بلدان أخرى عن القيام بإجراءات التخفيف والإزالة المطلوبة نظراً لعدم توافرا لإمكانات والتقنيات التكنولوجية اللازمة لذلك بسبب قلة أو انعدام الدعم المالي الكافي الذي يُمكنها من الحصول على تلك التقنيات.

وبالنسبة لإجراءات التخفيف التي لا تعتمد على التكنولوجيا، مثل الحلول الوطنية للإحصاءات، أو التي تكون صغيرة النطاق، من مثل: تركيب مواقد طهي أكثر كفاءة، فإن المنافع المشتركة للتنمية المستدامة يمكن أن تكون معيارا مهما آخر يجب مراعاته عند تقييم مثل هذه الأنشطة (أنشطة "الثمار الدانية"). ويمكن أن تختلف الفوائد المشتركة (مثل تحسين نوعية الهواء إلى حماية التنوع البيولوجي) بشكل كبير من نشاط إلى آخر، ويمكن أيضًا تحقيق تأثيرات تخفيف بعيدة المدى من خلال أنشطة التحول في جانب الطلب، من مثل: الحفاظ على الطاقة، أو تغيير الأنظمة الغذائية، أو إعادة التفكير في المساحات الحضرية. هناك خبرة محدودة في إصدار أرصدة الكربون من أنشطة كهذه، ولكن بعض الأساليب آخذة في الظهور (Sonja Butzengeiger et al., 2021).

وفي المجال نفسه، يجب الأخذ بعين الاعتبار مدى فاعلية أنواع معينة من الأنشطة لتحقيق الوصول إلى صافي الصفر على مستوى العالم، ومدى ملاءمتها لإصدار أرصدة في أسواق الكربون الدولية. ومع ذلك، ليست جميع أنواع الأنشطة مناسبة لدعمها من قبل أسواق الكربون الدولية في سياق صافي الصفر. على سبيل المثال، ستكون أنشطة تجنب الانبعاثات أقل ملاءمة لإصدار الاعتمادات من خلال آليات الكربون الدولية بسبب تعرضها الشديد لخطر عدم الدوام (Sirini Jeudy-Hugo et al., 2021).

- **التغيرات في حركية سوق الكربون الدولية.**

في هذا الإطار ينبغي الإشارة إلى أن هناك عدداً من المتغيرات التي لها تأثير على التغيرات المحتملة في حركية سوق الكربون الدولية، من مثل: تلك المتغيرات التي ترتبط بتزايد مستويات الخفض والإزالة عالميا، وكذلك عدم ديمومة بعض الأنشطة والإجراءات (التي بناء عليها تم إصدار هذه الأرصدة)، خلافا للدور الذي يمكن لأسواق الكربون الدولية أن تؤديه في تحقيق أهداف صافي الصفر.

4. أهم التوصيات التي خرجت بها هذه الدراسة

في مجال التوصيات سنكتفي بالإشارة إلى أهم التوصيات التي ينبغي تضمينها في استراتيجيات الدول الوطنية لتحقيق هدف صافي الصفر في قطاع المباني والإنشاءات.

- التخلص التدريجي من استخدام الوقود الأحفوري كمصدر رئيس للطاقة في مختلف أنشطة المباني والإنشاءات والصناعات المرتبطة بهذا القطاع.
- رفع القدرات البشرية في مجال البناء المستدام بتأهيل الكوادر المتخصصة (مهندسين، عمال بناء، ومقاولين)، ورفع الوعي العام لدى العامة بأهمية الاستدامة في المباني والمنشئات وانعكاساتها على جودة الهواء والصحة العامة.

- تضمين بنود الاستدامة وشروطها في عقود وتصاريح البناء، وجعلها ملزمة وذلك باعتمادها في قانون أو مادة ضمن تشريع، أو تضمينها في وثائق واستراتيجية الدولة الوطنية للتنمية.
- وضع آليات للحوكمة والترتيبات المؤسسية وتأسيس قاعدة بيانات احصائية لتقييم مدى تنفيذ و تقدم العمل ببنود الاستدامة وشروطها بشكل دوري خلال فترة البناء.
- تسهيل الاستثمار والتوظيف في قطاع البناء الأخضر.
- جعل صناعة مواد البناء والتصاميم المستدامة من ضمن أولويات البحث العلمي في الجامعات والمعاهد والمراكز البحثية المتخصصة (الحكومية والخاصة)، وتحفيز الإبداع والابتكار في هذا المجال بالدعم المعنوي والمادي.
- تحويل الإسهامات المحددة وطنياً إلى خطط عملية وشاملة تغطي مجالات العمل المناخي جميعها، بما في ذلك خفض الانبعاثات ومنع إزالة الغابات لتعزيز التنمية الاقتصادية والاجتماعية المستدامة للجميع.

5. المراجع

مراجع أجنبية

AISI (*American Iron and Steel Institute*). (N.D). Facts About American Steel Sustainability. Retrieved from www.steel.org/sustainability.

Alexandra Mallett, Prosanto Pal. (2022). Green transformation in the iron and steel industry in India: Rethinking patterns of innovation, *Energy Strategy Reviews*, 44, 100968, ISSN 2211-467X. Retrieved from https://doi.org/10.1016/j.esr.2022.100968

Arun Visweswaran, Alex Hirom, Josh Gibbons. (2024). Sustainable construction: key challenges and possible solutions. Retrieved from https://cnnbusinessarabic.com/economic-opinion-analysis/48082/.

Asian Development Bank. (2020). *Decoding Article 6 of the Paris Agreement-Version II*, Asian Development Bank, Metro Manila. Retrieved from http://dx.doi.org/10.22617/TCS200411-2.

Bellamy R and Raimi KT. (2023). Communicating carbon removal. *Front. Clim.* 5:1205388. doi: 10.3389/fclim.2023.1205388.

BloombergNEF (New Energy Finance). (2020). "Scale-Up of Solar and Wind Puts Existing Coal, Gas at Risk." April 28. Retrieved from https://about.bnef.com/blog/scale-up-of-solar-andwind-puts-existing-coal-gas-at-risk/.

Boehm S., Jeffery L., Hecke J., Schumer C., Jaeger J., Fyson C., Levin K., Nilsson A., Naimoli S., Daly E., Thwaites J., Lebling K., Waite R., Collis J., Sims M., Singh N., Grier E., Lamb W., Castellanos S., Lee A., Geffray M., Santo R., Balehegn M., Petroni M., and M. Masterson. (2023). *State of Climate Action 2023*. Berlin and Cologne, Germany, San Francisco, CA, and Washington, DC: Bezos Earth Fund, Climate Action Tracker, Climate Analytics, Climate Works Foundation, New Climate Institute, the United Nations Climate Change High-Level Champions, and World Resources Institute. Retrieved from https://doi.org/10.46830/wrirpt.23.00010.

Boehm S., Jeffery L., Levin K., Hecke J., Schumer C., Fyson C., Majid A., Jaeger J., Nilsson A., Naimoli S., Thwaites J., Cassidy E., Lebling K., Sims M., Waite R., Wilson R., Castellanos S., Singh N., Lee A., and Geiges A. (2022). *State of Climate Action 2022*. Berlin and Cologne, Germany, San Francisco, CA, and Washington, DC: Bezos Earth Fund, Climate Action Tracker, Climate Analytics, Climate Works Foundation, New Climate Institute, the United Nations Climate Change High-Level Champions, and World Resources Institute. https://doi.org/10.46830/wrirpt.22.00028.

Carrillo Pineda A., Chang A and P. Faria. (2020). *Foundations For Science-Based Net-Zero Target Setting In The Corporate Sector*, CDP on behalf of Science Based Targets initiative (SBTi). Retrieved from https://sciencebasedtargets.org/resources/files/foundations-for-net-zero-full-paper.pdf.

Climate Change Committee. (2021). *Letter: Advice on the use of international emissions credits to Rt Hon Kwasi Kwarteng MP*, UK Climate Change Committee, London. Retrieved from https://www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/2021/03/Letter-Lord-Deben-to-Rt-Hon-Kwasi-Kwarteng-MP-advice-on-the-use-of-international-emissions-credits.pdf.

Diogo José Horst, Pedro Paulo de Andrade Júnior. (2023). Sustainability of the Steel Industry: A Systematic Review. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 13(6), 525. https://doi.org/10.33263/BRIAC136.525

Dunant C. F., Joseph S., Prajapati R., and Allwood J. M. (2024). Electric recycling of Portland cement at scale. *Nature*, 629, 1055–1061. https://doi.org/10.1038/s41586-024-07338-8.

EC (*European Commission*) and JRC (*Joint Research Centre*). (2022). "EDGAR (Emissions Database for Global Atmospheric Research) Community GHG Database (a Collaboration between the European Commission, Joint Research Centre (JRC), the International Energy Agency (IEA), and Comprising IEA-EDGAR CO_2, EDGAR CH_4, EDGAR N_2O, EDGAR F-GASES, Version 7.0." Datasets. Retrieved from https://edgar.jrc.ec.europa.eu/dataset_ghg70.

EDF, WWF-US and Oeko-Institut. (2020). *What makes a high-quality carbon credit? - Phase 1 of the "Carbon Credit Guidance for Buyers" project: Definition of criteria for assessing the quality of carbon credits.* Retrieved from https://www.edf.org/sites/default/files/documents/what_makes_a_high_quality_carbon_credit.

EP (*European Parliament*). (2023). "Energy Performance of Buildings: Climate Neutrality by 2050". Retrieved from https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20230206IPR72112/energy-performance-of-buildings-climate-neutrality-by-2050.

Fan, Zhiyuan; Friedmann, S. Julio. (2021). "Low-carbon production of iron and steel: Technology options, economic assessment, and policy". Joule, 5 (4): 829–862. Bibcode:2021Joule...5..829F. doi:10.1016/j.joule.2021.02.018.

Federal Council of Switzerland. (2021). *Switzerland's Long-Term Climate Strategy*. Retrieved from https://unfccc.int/sites/default/files/resource/LTS1_Switzerland.pdf.

Franco Zunino, Fernando Martirena, and Karen Scrivener. (2021). Limestone Calcined Clay Cements (LC3). Materials Journal, 118(3), 49-60. DOI:10.14359/51730422.

Franklin M Orr Jr, Stanford University, (2018). Carbon Capture, Utilization, and Storage: An Update. SPE Journal, 23(6), 2444 – 2455. https://doi.org/10.2118/194190-PA

Friedlingstein, Pierre; O'Sullivan, Michael; Jones, Matthew; Andrew, Robbie M; Gregor, Luke; Hauck, Judith; Le Quéré, Corinne; Luijkx, Ingrid; Olsen, Are; Peters, Glen P; Peters, Wouter; Pongratz, Julia; Schwingshackl, Clemens; Sitch, Stephen; Canadell, Josep G; Ciais, Philippe; Jackson, Robert B; Alin, Simone; Alkama, Ramdane; Zheng, Bo. (2022). Global carbon budget. *Earth Syst. Sci. Data* 14, 4811–4900. DOI:10.5194/essd-14-4811-2022

Group 7 (G7) Germany. (2022). "G7 Climate, Energy and Environment Ministers' Communiqué." Retrieved from https://www.bundesregierung.de/resource/blob/974430/2044350/84e380088170c69e6b6ad45dbd133ef8/2022-05-27-1-climate-ministers-communique-data.pdf?download=1.

Gallucci Maria. (2023). "Boston Metal gets big funding boost to make green steel". Canary Media. Rocky Mountain Institute. Retrieved from https://www.canarymedia.com/articles/clean-industry/boston-metal-gets-big-funding-boost-to-make-green-steel.

Government of Finland. (2021). *Draft Reform of the Climate Act*. Retrieved from https://valtioneuvosto.fi/hanke?tunnus=YM036:00/2019.

Government of France. (2019). Retrieved from https://www.loc.gov/item/global-legal-monitor/2019-12-04/france-law-on-energy-and-climate-adopted/ .

Government of France. (2020). *National Low-Carbon Strategy*, French Ministry of Ecological Transition, Paris. Retrieved from https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/2020-03-25_MTES_SNBC2.pdf .

https://hansard.parliament.uk/commons/2019-06-12/debates/A348AE4C-8957-42C8-8180-0F59E597E3EA/NetZeroEmissionsTarget.

Heidi-Jayne Hawkins, Rachael I.M. Cargill, Michael E. Van Nuland, Stephen C. Hagen, Katie J. Field, Merlin Sheldrake, Nadejda A. Soudzilovskaia, and E. Toby Kiers. (2023). Mycorrhizal mycelium as a global carbon pool (Review). Current Biology 33, R560–R573. https://doi.org/10.1016/j.cub.2023.02.027.

Huaiguang Li, Mary E. Zick, Teedhat Trisukhon, Matteo Signorile, Xinyu Liu, Helen Eastmond, Shivani Sharma, Tristan L. Spreng, Jack Taylor, Jamie W. Gittins, Cavan Farrow, S. Alexandra Lim, Valentina Crocellà, Phillip J. Milner & Alexander C. Forse. (2024). Capturing carbon dioxide from air with charged-sorbents. Nature, 630, 654 - 659. https://doi.org/10.1038/s41586-024-07449-2.

IEA (*International Energy Agency*). (2017). "Energy Technology Perspectives". Retrieved from www.iea.org/etp2017.

IEA. (2020). Sustainable Recovery: World Energy Outlook Special Report. Paris: IEA. Retrieved from *https://www.iea.org/reports/sustainable-recovery.*

IEA. (2021a). "Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector". Retrieved from https://iea.blob.core.windows.net/assets/deebef5d-0c34-4539-9d0c-10b13d840027/NetZeroby2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector_CORR.pdf.

IEA. (2021b). "Net Zero by 2050 Hinges on a Global Push to Increase Energy Efficiency". Retrieved from https://www.iea.org/articles/net-zero-by-2050-hinges-on-a-global-push-to-increase-energy-efficiency.

IEA. (2021c). Tracking Buildings. Paris: IEA. Retrieved from https://www.iea.org/reports/tracking-buildings-2021.

IEA. (2022). Buildings. Paris: IEA. Retrieved from https://www.iea.org/reports/buildings.

IEA. (2023a). *Fossil Fuels Consumption Subsidies 2022*. Paris: IEA. Retrieved from https://www.iea.org/reports/fossil-fuels-consumption-subsidies-2022.

IEA. (2023b). "Global CO_2 Emissions from the Operation of Buildings in the Net Zero Scenario, 2010–2030". Retrieved from https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/ global-CO_2-emissions-from-the-operation-of-buildingsin-the-net-zero-scenario-2010-2030.

IEA. (2023c). "Global Floor Area and Buildings Energy Intensity in the Net Zero Scenario, 2010–2030". Retrieved from https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-floor-area-and-buildings-energy-intensity-inthe-net-zero-scenario-2010-2030.

IEA. (2023d). *CO_2 Emissions in 2022*. Retrieved from https://www.iea.org/reports/co2-emissions-in-2022.

IIGCC. (2021). *Net Zero Investment Framework 1.5C - Implementation Guide*. Retrieved from https://www.parisalignedinvestment.org/media/2021/03/PAII-Net-Zero-Investment Framework_Implementation-Guide.pdf .

Institute for Carbon Removal Law and Policy, American University, Washington, DC. (2020). Explainer: Carbon Removal. Retrieved from https://carbonremoval.info/factsheets.

IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*). (2018). *Special Report: Global Warming of 1.5C*. Cambridge. Retrieved from https://www.ipcc.ch/sr15/: Cambridge University Press.

IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*). (2005). "Chapter 5: Underground geological storage" IPCC Special Report on Carbon dioxide Capture and Storage. Retrieved from (http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srccs/srccs_chapter5.pdf). (https://web.archive.org/web/20170513141736/http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srccs/srccs_chapter5.pdf) 2017-05-13 at the Wayback Machine Prepared by WorkingGroup III of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Metz, B., O. Davidson, H. C. De Coninck, M. Loos, and L. A. Meyer (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp195-276.

IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*). (2022). Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Edited by* P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (eds.). Cambridge University Press. Cambridge, UK and New York, NY, USA. doi:10.1017/9781009157926. Retrieved from https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/.

Jaeger J. (2023). “These 8 Countries Are Scaling Up Renewable Energy the Fastest.” *WRI Insights* (blog), July 12. Retrieved from https://www.wri.org/insights/countries-scaling-renewable-energy-fastest.

Jan C. Minx, William F. Lamb, Robbie M. Andrew, Josep G. Canadell, Monica Crippa, Niklas Döbbeling, Piers M. Forster, Diego Guizzardi, Jos Olivier, Glen P. Peters, Julia Pongratz, Andy Reisinger, Matthew Rigby, Marielle Saunois, Steven J. Smith, Efisio Solazzo, and Hanqin Tian. (2021). “A Comprehensive and Synthetic Dataset for Global, Regional, and National Greenhouse Gas Emissions by Sector 1970–2018 with an Extension to 2019.” *Earth System Science Data* 13 (11): 5213–52. Doi:10.5194/essd-13-5213-2021.

Jay Fuhrman, Candelaria Bergero, Maridee Weber, Seth Monteith, Frances M. Wang, Andres F. Clarens, Scott C. Doney, William Shobe & Haewon McJeon. (2023). Diverse carbon dioxide removal approaches could reduce impacts on the energy–water–land system. *Nat. Clim. Chang.*, 13, 341–350. https://doi.org/10.1038/s41558-023-01604-9.

Jerome Henry. (2024). Decarbonizing Iron and Steelmaking with Green Hydrogen. Retrieved from https://www.hitachienergy.com/news-and-events/blogs/2024/05/decarbonizing-iron-and-steelmaking-with-green-hydrogen.

Jihad Azour, Gareth Anderson, Ling Zhu [International Monetary Fund (IMF Blog)]. (2022). How Fiscal Policy Can Help Middle East, Central Asia Reduce Emissions. Retrieved from https://www.imf.org/ar/Blogs/Articles/2022/11/06/how-fiscal-policy-can-help-middle-east-central-asia-reduce-emissions .

Koeler, M. and A. Michaelowa. (2014). “Limiting Climate Change by Fostering Net Avoided Emissions: Reducing Fossil Fuel Supply and Emissions from Fuel Exploitation”, *Carbon & Climate Law Review*, Vol. 8/1, pp. 55-64. Retrieved from https://www.jstor.org/stable/24323957.

La Hoz Theuer S., Doda, B., Kellner, K. and Acworth, W. (2021). *Emissions Trading Systems and Net Zero: Trading Removals*, Secretariat of the International Carbon Action

Partnership (ICAP), Berlin. Retrieved from https://icapcarbonaction.com/en/?option=com_attach&task=download&id=743.

Lyons, M., P. Durrant and K. Kochhar. (2021). *Reaching Zero with Renewables: Capturing Carbon*, International Renewable Energy Agency (IRENA), Abu Dhabi. ISBN: 978-92-9260-362-5.

Masdar. (2023). Retrieved from https://masdar.ae/ar/news/newsroom/masdar-and-emirates-steel-arkan-to-develop-mena-regions-first-green-hydrogen-based-project.

Michaelowa, Axel; Shishlov, Igor; Hoch, Stephan; Bofill, Patricio; Espelage, Aglaja. (2019). *Overview and comparison of existing carbon crediting schemes*, Nordic Initiative for Cooperative Approaches (NICA). Retrieved from https://www.nefco.int/wpcontent/uploads/2019/05/NICA-Crediting-Mechanisms-Final-February-2019.

Miller S. A., Horvath A. and Monteiro P. J. (2016). Readily implementable techniques can cut annual CO_2 emissions from the production of concrete by over 20%. *Environ. Res. Lett.*, 11, 074029. **DOI:** 10.1088/1748-9326/11/7/074029. Retrieved from https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/11/7/074029.

Möllersten, K.; Yan, J.; Westermark, M. (2003). "Potential and cost-effectiveness of CO_2 reductions through energy measures in Swedish pulp and paper mills" (http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kth:diva-338265). *Energy*, 28 (7), 691. https://doi.org/10.1016%2FS0360-5442%2803%2900002-1. S2CID 54647011 Retrieved from https://api.semanticscholar.org/CorpusID:54647011.

Morrow, D. R. and Thompson, M.S. (2020). “Reduce, Remove, Recycle: Clarifying the Overlap between Carbon Removal and CCUS,” Working Paper No. 2, Institute for Carbon Removal Law and Policy, American University, Washington, DC. Retrieved from http://research.american.edu/carbonremoval/wp-content/uploads/sites/3/2020/12/reduce-remove-recycle_final.pdf.

Muhammad Usama Salim, Mohammad Ali Mosaberpanah, Aamar Danish, Naveed Ahmad, Raja Abubakar Khalid, Carlos Moro. (2023). Role of bauxite residue as a binding material and its effect on engineering properties of cementitious Composites: A review. *Construction and Building Materials*, 409, 133844. ISSN 0950-0618. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.133844. Retrieved from https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061823035626.

Myles Allen, Kaya Axelsson, Ben Caldecott, Thomas Hale, Cameron Hepburn, Conor Hickey, Eli Mitchell-Larson, Yadvinder Malhi, Friederike Otto, Nathalie Seddon, & Steve Smith. (2020). *The Oxford Principles for Net Zero Aligned Carbon Offsetting*, Smith School of Enterprise and the Environment, University of Oxford. Retrieved from https://www.smithschool.ox.ac.uk/publications/reports/Oxford-Offsetting Principles-2020.pdf.

Nicole Voigt, Simon-Pierre Monette, Marc Gilbert, Raminder Gill, and Ingo Mergelkamp. (2022). Greener Steel, Greener Mining. Retrieved from web-assets.bcg.com

OECD and IISD (International Institute for Sustainable Development). (2023). "Fossil Fuel Subsidy Tracker". Retrieved from https://fossilfuelsubsidytracker.org/.

Rose Morrison. (2022). Sustainable Construction: A Comprehensive Guide. Unsustainable magazine, managing editor of Renovated. Retrieved from https://www.unsustainablemagazine.com/sustainable-construction-materials/:

Rose Morrison. (2023). unsustainable magazine, managing editor of Renovated. Retrieved from https://www.unsustainablemagazine.com/sustainable-construction-materials/ Original Article By Carolyn Mitchell.

Sean Low, Livia Fritz, Chad M. Baum & Benjamin K. Sovacool. (2024). Public perceptions on carbon removal from focus groups in 22 countries. *Nature Communications* 15:3453. https://doi.org/10.1038/s41467-024-47853-w.

Sirini Jeudy-Hugo (OECD), Luca Lo Re (IEA) and Chiara Falduto (OECD). (2021). Understanding Countries' Net-Zero Emissions Targets. Climate Change Expert Group Paper No.2021(3). Retrieved from www.oecd.org/environment/cc/ccxg.htm.

Sonja Butzengeiger, Axel Michaelowa, Kaja Weldner, Chang Deng-Beck, Eszter Mogyorósy, Jan-Albrecht Harrs, Maike Sippel. (2021). "Urban components under Article 6 of the Paris Agreement Final Report", CLIMATE CHANGE 06/2021. Retrieved from https://www.perspectives.cc/fileadmin/user_upload/Urban_components_under_Article_6_of_the_Paris_Agreement_PCG_2021-01-14.pdf .

Srinu Nagireddi, Jatin R. Agarwal, and Damodaran Vedapuri. (2024). Carbon Dioxide Capture, Utilization, and Sequestration: Current Status, Challenges, and Future Prospects for Global Decarbonization. *ACS Engineering*, 4 (1), 22-48. DOI: 10.1021/acsengineeringau.3c00049.

Stemmermann Peter ; Garbev Krassimir ; Beuchle Günter; Schweike Uwe. (2012). Reducing the CO_2 footprint of cements by alternative inorganic binders. *34th., International Conference on Cement Microscopy*, 473-478. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/287259179_Reducing_the_CO2_footprint_of_cements_by_alternative_inorganic_binders.

Sweden's Ministry of Environment. (2021). *Sweden's climate policy framework*. Retrieved from https://www.government.se/articles/2021/03/swedens-climate-policy-framework/.

The Economist. (2021). "How cement may yet help slow global warming" (https://www.economist.com/science-and-technology/how-cement-may-yet-help-slow-global-warming/21806083). *The Economist*. 2021-11-04. ISSN 0013-0613. Retrieved from https://search.worldcat.org/issn/0013-0613. Archived https://web.archive.org/web/20211110065203/https://www.economist.com/science-and-technology/how-cement-may-yet-help-slow-globalwarming/21806083.

UK Government. (2019). *PM Theresa May: we will end UK contribution to climate change by 2050 - GOV.UK*. Retrieved from https://www.gov.uk/government/news/pm-theresa-may-we-will-end-ukcontribution-to-climate-change-by-2050 .

UK Parliament. (2019). *Net Zero Emissions Target - Hansard – UK Parliament*, Volume 661. Retrieved from https://hansard.parliament.uk/Commons/2019-06-12/debates/A348AE4C-8957-42C8-8180-0F59E597E3EA/NetZeroEmissionsTarget.

UNEP (*United Nations Environment Programme*). (2017). "Global Review of Sustainable Procurement 2017". Retrieved from https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/20919/GlobalReview_Sust_Procurement.pdf?sequence=1&amp%3BisAllowed=y%2C%20Factsheets%7C%7Chttps%3A//wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/20919/GlobalReview_Sust_Procurement_factsheet.pdf%3Fsequence%3D3&amp%3Bis= .

UNEP (*United Nations Environment Programme*). (2022). 2022 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector. Nairobi. Retrieved from www.globalabc.org.

UNEP (*United Nations Environment Programme*). (2023). Emissions Gap Report 2023: Broken Record – Temperatures hit new highs, yet world fails to cut emissions (again). Nairobi. Retrieved from https://doi.org/10.59117/20.500.11822/43922.

UNEP (*United Nations Environment Programme*). (2024). Global Status Report for Buildings and Construction: Beyond foundations: Mainstreaming sustainable solutions to cut emissions from the buildings sector. Nairobi. Retrieved from https://doi.org/10.59117/20.500.11822/45095.

UNEP (*United Nations Environment Programme*) and GABC (Global Alliance for Buildings and Construction). (November 2022). Carbon dioxide emissions: buildings and construction hit-new high leaving sector. Retrieved from https://www.unep.org/news-and-stories/press-release/co2-emissions-buildings-and-construction-hit-new-high-leaving-sector.

UNEP (*United Nations Environment Programme*). (2021). 2021 Global Status Report for Buildings and Construction. Nairobi: UNEP. Retrieved from https://www.unep.org/resources/report/2021-global-status-report-buildings-and-construction.

UNEP DTU Partnership. (2021). *UNEP DTU CDM/JI Pipeline Analysis and Database*. Retrieved from http://cdmpipeline.org/.

UNFCCC **(**United Nations Framework Convention on Climate Change). (2016). Retrieved from https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf.

UNFCCC Secretariat. (2021). *Nationally determined contributions under the Paris Agreement. Synthesis report by the secretariat*. Glasgow Climate Change Conference. Retrieved from https://unfccc.int/documents/306848.

UNFCCC. (2015). *Adoption of the Paris Agreement*. Bonn, Germany: UNFCCC. Retrieved from https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/10a01.

Wiatros-Motyka, Dave Jones, Hannah Broadbent, Nicolas Fulghum, Chelsea Bruce-Lockhart, Reynaldo Dizon, Phil MacDonald, Charles Moore, Alison Candlin, Uni Lee, Libby Copsey, Sam Hawkins, Matt Ewen, Bryony Worthington, Harry Benham, Michele Trueman, Muyi Yang, Aditya Lolla, Achmed Shahram Edianto, Paweł Czyżak, Sarah Brown, Chris Rosslowe, and Richard Black. (2023). "*Global Electricity Review* 2023." Ember. Retrieved from https://ember-energy.org/app/uploads/2024/11/Global-Electricity-Review-2023.pdf.

Wiencke, Jan; Lavelaine, Hervé; Panteix, Pierre-Jean; Petitjean, Carine; Rapin, Christophe. (2018). "Electrolysis of iron in a molten oxide electrolyte". Journal of Applied Electrochemistry, 48 (1), 115–126. doi:10.1007/s10800-017-1143-5. ISSN 0021-891X.

World Bank Group. (2022). Countries on the Cusp of Carbon Markets. Retrieved from https://www.albankaldawli.org/ar/news/feature/2022/05/24/countries-on-the-cusp-of-carbon-markets.print.

World Bank. (2021). *State and Trends of Carbon Pricing 2021*, The World Bank, Washington, DC. http://dx.doi.org/10.1596/978-1-4648-1728-1.

World Resources Institute WRI, (2005). Navigating the Numbers: Greenhouse Gas Data and International Climate Policy. Retrieved from https://www.wri.org/data/world-greenhouse-gas-emissions-2005.

مراجع عربيه

عبد الهادي النجار. (2021). تقنيات التقاط الكربون واحتجازه تتقدَّم. صحيفة الشرق الأوسط. تم الاسترجاع من https://aawsat.com/home/article/3236576/

على بلاوالي. (2007). الوقود البديل في صناعة الإسمنت. تم الاسترجاع من www.bulawali.com. .

وليد مطر ودعاء الفيلالي. (2022). أنواع الوقود البديلة لصناعة الإسمنت في المملكة العربية السعودية وفقاً لأسعار الكربون المُتغيّرة بمرور الوقت. مركز الملك عبد الله للدراسات والبحوث البترولية (كابسارك). June 2022 / KS-2022--DP12-ARA . تم الاسترجاع من https://www.kapsarc.org/ar/research/publications/alternative-fuels-for-saudi-cement-manufacturing-with-time-varying-carbon-pricing/

المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم
شارع محمد علي عقيد
ـ المركز العمراني الشمالي
ص.ب 1120 ـ حي الخضراء 1003 ـ الجمهورية التونسية
www.alecso.org
alecso@alecso.org.tn
(+216) 70 013 900 (+216) 70 948 668