استدامة الموارد المائيّة في لبنان بين ضغط الاستهلاك وضرورة الإصلاح

Sustainability of Water Resources in Lebanon Between Consumption Pressure and the Need for Reform

د. مطانس ديب وهبه(*) Dr mtanos dib wehbeh

تاريخ الإرسال:2-6-2026 تاريخ القبول:16-6-2026

الملخص **Turnitin:3%**

تتناول هذه الدّراسة واقع استدامة الموارد المائيّة في لبنان من منظور جغرافي تطبيقي، من خلال تحليل العلاقة بين المقومات الطّبيعيّة للموارد المائيّة وضغوط الاستهلاك البشري والاقتصادي المتزايدة. وعلى الرّغم من تمتع لبنان بخصائص هيدرولوجيّة مميزة تتمثل في وفرة المتساقطات المطريّة والثلجيّة، وانتشار الأنهار والينابيع والخزانات الجوفيّة الكارستيّة، إلّا أنّ البلاد تواجه أزمة مائيّة متفاقمة انعكست في تراجع حصة الفرد من المياه وازدياد مظاهر الإجهاد المائي.

اعتمدت الدّراسة على المنهج الإقليمي والمنهج التّحليلي الكمّي والمنهج التّطبيقي، مع الاستفادة من تقنيات نظم المعلومات الجغرافيّة (GIS) لتّحليل التباين المكاني للموارد المائيّة ومناطق الضّغط والاستهلاك. وأظهرت النّتائج أنّ الأزمة المائيّة في لبنان لا تعود أساسًا إلى ندرة طبيعيّة في الموارد، بل إلى اختلالات هيكليّة وإداريّة تتمثل في تهالك شبكات التّوزيع، وضعف القدرة التّخزينيّة، وانتشار الآبار غير المرخصة، وتعدد الجهات المشرفة على القطاع، إضافة إلى التلوث المتزايد للمياه السّطحيّة والجوفيّة.

وبيّنت الدّراسة أن النموّ السّكاني، والتّمركز الحضري الكثيف وموجات النّزوح المتعاقبة أسهمت في رفع الطلب على المياه إلى مستويات تفوق قدرة البنية التّحتيّة الحاليّة، في حين يظل القطاع الزراعي المستهلك الأكبر للموارد المائيّة بسبب اعتماد أساليب ري تقليدية منخفضة الكفاءة. كذلك كشفت الدّراسة الآثار السّلبيّة للتلوث الصناعي والصرف

* أستاذ مساعد في كلية الآداب والعلوم الإنسانيّة في الجامعة اللبنانيّة - قسم الجغرافيا.

Assistant Professor at the Faculty of Arts and Humanities, Lebanese University - Department of Geography. Email:Tonywehbeh930@gmail.com

الصّحي غير المعالج، ولا سيما في حوض نهر الليطاني، أضف إلى مشكلة تداخل مياه البحر مع الخزانات الجوفيّة السّاحليّة.

وخلصت الدّراسة إلى أنّ تحقيق الاستدامة المائيّة في لبنان يتطلب تبني إصلاحات تشريعيّة ومؤسساتيّة شاملة، وتحديث شبكات النّقل والتّوزيع، وتوسيع مشاريع حصاد مياه الأمطار والتغذية الاصطناعيّة للمياه الجوفيّة، وتطوير محطات معالجة مياه الصّرف الصّحي وإعادة استخدامها، بما يضمن إدارة متكاملة وفعالة للموارد المائيّة ويعزز الأمن المائي والتنمية المستدامة في البلاد.

الكلمات المفتاحيّة: استدامة الموارد المائيّة، الثروة المائيّة في لبنان، الإجهاد المائي، إدارة الموارد المائيّة، المياه الجوفية والسّطحيّة، نظم المعلومات الجغرافيّة (GIS)، التلوث المائي، حصاد مياه الأمطار، التّغذية الاصطناعية للمياه الجوفيّة، الأمن المائي، التنمية المستدامة، حوض نهر الليطاني.

Abstract

This study examines the sustainability of water resources in Lebanon from an applied geographical perspective by analyzing the relationship between the natural characteristics of water resources and the increasing pressures of human and economic consumption. Despite Lebanon's distinctive hydrological features, including abundant rainfall and snowfall, numerous rivers and springs, and extensive karst groundwater reservoirs, the country is facing a growing water crisis reflected in the decline of per capita water availability and the increasing signs of water stress.

The study adopted the regional approach, quantitative analytical methods, and an applied research framework, while also utilizing Geographic Information Systems (GIS) techniques to analyze the spatial distribution of water resources and identify areas of pressure and consumption. The findings revealed that Lebanon's water crisis is not primarily the result of natural resource scarcity but rather of structural and administrative deficiencies, including deteriorating distribution networks, insufficient storage capacity, the widespread presence of unlicensed wells, the fragmentation of institutional responsibilities within the sector, and the growing pollution of both surface and groundwater resources.

The study further demonstrated that population growth, dense urban concentration, and successive waves of displacement have significantly increased water demand beyond the capacity of the existing infrastructure.

At the same time, the agricultural sector remains the largest consumer of water resources due to its reliance on traditional irrigation methods with low efficiency. The research also highlighted the negative impacts of industrial pollution and untreated wastewater, particularly in the Litani River Basin, as well as the problem of seawater intrusion into coastal groundwater aquifers.

The study concludes that achieving water sustainability in Lebanon requires comprehensive legislative and institutional reforms, modernization of water transmission and distribution networks, expansion of rainwater harvesting projects and artificial groundwater recharge initiatives, and the development of wastewater treatment and reuse facilities. Such measures would ensure integrated and effective water resource management while strengthening water security and supporting sustainable development in the country.

Keywords: Sustainable Water Resources, Lebanon's Water Resources, Water Stress, Integrated Water Resources Management (IWRM), Groundwater and Surface Water, Geographic Information Systems (GIS), Water Pollution, Rainwater Harvesting, Managed Aquifer Recharge (MAR), Water Security, Sustainable Development, Litani River Basin.

1 - المقدمة

تُشكل الموارد المائيّة المتغير الجغرافي الأكثر حيوية في تحديد الآفاق التنموية والجيوسياسيّة للدّول. (**فاعور، 2018؛ ESCWA،2020**)، وفي سياق جغرافيّة المشرق العربي الجافة وشبه الجافة، تميز لبنان تاريخيًّا بخصائص طبيعيّة وهيدرولوجيّة فريدة. وتعود هذه الوفرة النسبيّة إلى عوامل بنيوية ومناخيّة مترابطة، حيث تؤدي سلسلتي جبال لبنان (الغربيّة والشّرقيّة) ذات الطبيعة الكارستية، دورًا طبيعيًّا حاسمًا في تلقي المتساقطات المطريّة والثلجّية، وتحويلها عبر مسارات هيدرولوجيّة معقدة إلى شبكة غنية من الأنهار السّطحيّة (كالليطاني والعاصي والحاصباني) والينابيع، أضف إلى تغذية خزانات جوفيّة جوهريّة. (**Shaban, 2011؛ فاعور، 2015**).

إلّا أنّ هذه الوفرة الطّبيعيّة لم تعد وحدها كافية لضمان الاستدامة المائيّة، إذ يواجه لبنان تحولات ديموغرافيّة واقتصاديّة متسارعة أعادت رسم جغرافية الاستهلاك، وضغطت بشكل غير مسبوق على المخزون المائي المتجدد، مما يستدعي دراسة هذه

الثروة من منظور جغرافي تطبيقي يربط بين الطبيعة والمجتمع وأدوات الإصلاح. (وزارة الطاقة والمياه، 2023؛ FAO, 2023)

2- الإشكاليّة

تتبلور الإشكاليّة البحثيّة في التّناقض الصارخ بين «الهُويّة المائيّة الطّبيعيّة» للبنان بوصفه بلدًا غنيًّا بالموارد، وبين «الواقع الهيدرولوجي المعاش» الذي يضعه تحت خط الشّحّ المائي الحاد (أقل من 1000 متر مكعب للفرد سنويًا). إنّ هذا التحول الدراماتيكي لم يكن ناتجًا عن جفاف مناخي بنيوي مستدام، بقدر ما هو نتاج معادلة جغرافية بشرية اختل فيها التوازن بين العرض والطلب. (Bank World, 2024)

وتتمثل أبعاد المشكلة في ثلاثة محاور رئيسة:

- **ضغط الاستهلاك الفوضوي**: الناجم عن تركز سكاني كثيف في النّطاقات الحضريّة والسّاحليّة، مصحوبًا بنمو الأنشطة الاقتصاديّة (الزّراعيّة والصّناعيّة) غير المرشدة.
- **الهدر البنيوي واللوجستي**: المتمثل في اهتراء شبكات النقل والتّوزيع، وضياع الجزء الأكبر من المياه السّطحيةّ في البحر من دون تخزين.
- **فجوة الاستثمار والإدارة**: ويتجسد ذلك في عشوائيّة الضّخ الجوفي الجائر، وغياب الحوكمة المائيّة، مما أدى إلى تدهور نوعيّة المياه وتراجع كمياتها، وتحول الأزمة من «أزمة ندرة طبيعيّة» إلى «أزمة إدارة واستثمار مكانية». (Nakhle, 2016؛ World Bank, 2023)

3 - **فرضيّات الدّراسة**: تنطلق الدّراسة من فرضيتين أساسيتين تسعيان لتفسير أبعاد الفجوة المائيّة في لبنان:

- **الفرضيّة الأولى**: يرجع عجز استدامة المياه في لبنان، وظهور ملامح الشّح المائي، إلى سوء الإدارة اللوجستيّة (تهالك البنية التحتيّة، غياب التّخزين الاستراتيجي) والقصور التّشريعي والمؤسساتي في تطبيق القوانين، بدرجة يفوق أثرها بكثير أثر التّغيرات المناخيّة أو الشّحّ الطبيعي للموارد.
- **الفرضيّة الثانية**: يؤدي الضّغط السكاني المتزايد المتولد عن الاستقطاب الحضري السّاحلي من جهة، وأزمات النّزوح السكاني من جهة أخرى، إلى توليد طلب إضافي حاد يفوق القدرة الاستيعابيّة للشبكات المائيّة الحالية، مما يعمق الفجوة بين العرض والطلب المائي.

4- أهداف الدّراسة وأهميتها

أولاً: أهداف الدّراسة:

1- تشخيص واقع الموارد المائيّة في لبنان (سطحيّة وجوفيّة) ورسم كرتوغرافيّة

واضحة لتوزيعها الحجمي والمكاني.

2- تحليل بنية الطلب المائي قطاعيًّا (منزلي، زراعي، صناعي) وتحديد بؤر الضّغط الاستهلاكي الأعلى.

3- كشف مكامن الهدر الفني والتّشريعي في منظومة استثمار المياه الحاليّة.

4- تقديم رؤية جغرافيّة استشرافيّة تتضمن سياسات إصلاحيّة وحلولًا تطبيقيّة عمليّة تحقق الاستدامة المائيّة.

ثانيًا:

أهمية الدّراسة: تكتسب هذه الدّراسة أهمّية أكاديميّة وتطبيقيّة بالغة، فهي توفر إطارًا تحليليًّا يربط بين المفهوم الجغرافي للاستدامة والواقع الميداني المتأزم في لبنان. وتأتي أهميتها الحيوية في توقيت يعاني فيه لبنان من أزمات هيكليّة متعددة، إذ تقدم المادة العلميّة لصناع القرار والتخطيط الإقليمي لإعادة تقييم السياسات المائيّة على أسس جغرافية وبيئيّة سليمة، بعيدًا من الحلول المؤقتة والمجزأة. (**وزارة الطاقة والمياه، 2023؛ UNDP, 2023**)

5- منهجيّة الدّراسة والأدوات

تعتمد الدّراسة على تكامل مرن بين ثلاثة مناهج جغرافيّة أساسيّة تتناسب مع طبيعة الأزمة المائيّة:

- **المنهج الإقليمي**: ويُستخدم لتقسيم لبنان إلى أحواض ومناطق هيدرولوجيّة، ودراسة الخصائص الطّبيعيّة والبشرية لكل إقليم مائي بشكل مستقل، لفهم التباين المكاني في الوفرة والعجز.
- **المنهج التّحليلي الكمي**: ويقوم على تجميع وتحليل البيانات الإحصائيّة الرّقميّة المتعلقة بحجم المتساقطات، ومعدلات التّدفق، وحجم الاستهلاك القطاعي، ونسب الهدر، مما يمنح الدّراسة دقة رقميّة في إثبات الفرضيّات أو نفيها.
- **المنهج التّطبيقي (النّفعي)**: لربط البحث العلمي بمتطلبات التّخطيط وتطوير السياسات الإصلاحيّة.

أدوات الدّراسة: تعتمد الدّراسة بشكل رئيس على تقنيات **نظم المعلومات الجغرافيّة (GIS)**، لما لها من قدرة فائقة على:

1- إسقاط البيانات الهيدرولوجيّة برمجيًّا؛ وإنتاج خرائط موضوعيّة توضح جغرافيّة العجز المائي والتلوث.

2- تحليل الترابط المكاني بين الكثافة السّكانيّة؛ ونطاقات الضّغط على المياه الجوفيّة.

3- بناء نماذج كرتوغرافيّة تسهم في تحديد المواقع المثلى للمشاريع الإصلاحيّة المقترحة (مثل محطات التكرير أو تقنيات حصاد المياه).

الفصل الأول: المقومات الجغرافية للثروة المائيّة في لبنان وواقع العرض

المبحث الأول: الميزان المائي الطبيعي في لبنان

أولا: حجم المتساقطات السّنويّة وتوزيعها الجغرافي

تُعد الأمطار والثّلوج المصدر الرئيسي والمغذي الأوحد للدورة الهيدرولوجيّة في لبنان[2]. يتأثر التّوزيع الجغرافي للمتساقطات بالخصائص التّضاريسيّة، حيث تؤدي جبال لبنان الغربيّة دورًا حاسمًا كحاجز طبيعي في وجه الرّياح الرطبة القادمة من البحر الأبيض المتوسط (الأمطار التّصاعديّة والتّضاريسيّة).

وحيث تُظهر المقارنة الهيدرولوجية الطبيعية بين لبنان وفلسطين المحتلة تفوق لبنان من حيث وفرة الموارد المائية المتجددة. إذ يبلغ متوسط المتساقطات السنوية في لبنان نحو **800–900 ملم** (FAO, 2023؛ World Bank, 2024) مع تسجيل أكثر من **1400 ملم** على بعض المرتفعات الغربية، في حين يتراوح المتوسط العام في فلسطين المحتلة بين **400 و500 ملم** سنويًا، مع تباين واضح بين الشمال الرطب والجنوب الجاف. كما يتميز لبنان بوجود نحو **40 نهرًا رئيسيًا** ودفق مائي سطحي يُقدّر بحوالي **2.7 مليار متر مكعب سنويًا**، في حين تعتمد فلسطين المحتلة بدرجة أكبر على المياه الجوفية والأودية الموسمية. وتؤدي التضاريس الجبلية اللبنانية وارتفاعاتها التي تتجاوز **3000 متر** إلى تعزيز التساقطات وتغذية الخزانات الجوفية والينابيع. أما في فلسطين المحتلة فتتراجع معدلات الأمطار تدريجيًا من الشمال إلى الجنوب لتصل في مناطق النقب إلى أقل من **100 ملم سنويًا**. لذلك يُعد لبنان، من الناحية الطبيعية البحتة، أكثر غنى بالموارد المائية المتجددة مقارنة بفلسطين المحتلة، رغم محدودية مساحته الجغرافية. (Bank World, 2024).

يقدر الحجم الإجمالي السنوي للمتساقطات بنحو **8.6 مليار متر مكعب** (في السّنوات ذات المعدلات الطّبيعيّة)، إلّا أنّ هذا الرّقم يتسم بتباعد مكاني وزمني حاد

مستند رقم 1: معدلات المتساقطات لخمس سنوات متتالية: 2020 - 2025

السنة / الموسم المطري	بيروت (ملم)	طرابلس (ملم)	زحلة (ملم)	التقييم العام للموسم
2020/2021	720	810	520	موسم جيد وغزير نسبيًا
2021/2022	610	670	430	متوسط
2022/2023	275	269	152	جفاف حاد وانخفاض تاريخي
2023/2024	661	706	407	تحسن كبير وعودة الأمطار بغزارة
2024/2025	590	640	390	ضمن المعدلات حتى الآن

المصدر: مصلحة الأبحاث الزّراعيّة – 2025 - تل عمارة - البقاع

- **التّوزيع المكاني**: يسجل النطاق السّاحلي والمنحدرات الغربيّة لسلسة جبال لبنان الغربيّة أعلى معدلات هطول تتراوح بين **800 و1200 ملم/ سنويًّا**، وترتفع في القمم الجبلية إلى أكثر من **1400 ملم** (غالبيتها ثلوج تؤمن تخزينًا طبيعيًّا بطيء التدفق). في المقابل، ينخفض المعدل في السّفوح الشّرقيّة والدّاخليّة (شمال البقاع) بفعل ظاهرة «ظل المطر» ليصل إلى **ما بين200 و400 ملم/ سنويًّا**. (**فاعور، 2018**)
- **التّوزيع الزمني**: تتركز المتساقطات في مدّة زمنية ضيقة لا تتعدى 4 إلى 5 أشهر (من تشرين الثاني إلى آذار)، يعقبها فصل جاف طويل يمتد لنحو 7 أشهر، مما يخلق فجوة زمنيّة هيدرولوجيّة بين حِقب الوفرة وحِقب الـذّروة في الاستهلاك البشري والزراعي.

ثانيًا: المياه السّطحيّة (الأنهار الدّوليّة والمحليّة)

ينقسم النّظام الهيدرولوجي في لبنان إلى ثلاث مجموعات رئيسة وفاقًا لاتجاهات تصريفها المورفولوجي:

1- الأنهار الدّاخليّة عابرة الحدود:

- **نهر الليطاني**: الشّريان المائي الأكبر في لبنان، ينبع من هضبة بعلبك في البقاع الشّمالي ويصب في البحر المتوسط جنوبًا بطول 170 كم، ويقدر تصريفه السّنوي بنحو **700 مليون متر مكعب**، وهو يمثل الركيزة الأساسيّة للمشاريع المائيّة الزراعيّة والكهرومائيّة في لبنان. (**المصلحة الوطنية لنهر الليطاني، 2022**).
- **نهر العاصي**: نهر دولي ينبع من البقاع الشّمالي ويتجه شمالًا نحو سوريا، ويبلغ طول مجراه في لبنان 46 كلم ومعدل تصريفه السّنوي نحو **400 مليون متر مكعب** (يخضع لاتفاقيات دوليّة لتوزيع الحصص لا يُعمل بها). (FAO, 2023).

مستند رقم 2: خريطة لبنان المائيّة

المصدر: خريطة لبنان المائيّة - أطلس لبنان - د. علي فاعور

- **نهر الحاصباني (الوزاني)**: أحد الروافد العليا لنهر الأردن، ينبع من سفوح جبل الشّيخ وتتراوح طاقته التّصريفيّة بين **130 و150 مليون متر مكعب** سنويًّا، ويحمل أبعادًا جيوسياسيّة حساسة مع الاحتلال الإسرائيلي.

2- الأنهار السّاحليّة (المحليّة):

- تمتاز بقصر مجاريها وانحدارها الشّديد من القمم الغربيّة نحو البحر (مثل أنهار: الكبير الجنوبي، البارد، قاديشا، إبراهيم، الكلب، بيروت، والأولي). يقدر تدفقها الإجمالي بنحو **1150 مليون متر مكعب** سنويًّا، وتتسم بفيضانات شتويّة حادّة وشح في فصل الصيف. **(وزارة الطاقة، 2023)**

ثالثًا: المياه الجوفيّة (الخزانات الكارستية وخصائصها)

تشكل جغرافية لبنان الجيولوجيّة، التي تغلب عليها الصخور الكلسّية (الطباشيريّة والجوراسيّة) بنسبة تتجاوز 70% من المساحة، بيئة كارستية مثاليّة لتسرب المياه. تتميز الخزانات الكارستيّة اللبنانيّة بوجود فجوات وشقوق جوفيّة ضخمة تسمح بنفاذيّة سريعة للمياه وامتصاص ذوبان الثّلوج. **(Shaban, 2011)**.

تُقدر القدرة التّخزينية المتجددة للخزانات الجوفيّة (**شبارو، 2017**) بنحو **500 إلى 600 مليون متر مكعب** سنويًّا. وعلى الرّغم من أهميتها الاستراتيجية كخزان طبيعي يحمي المياه من التّبخر، إلّا أنّ طبيعتها الكارستيّة تجعلها **شديدة الحساسيّة والضعف** تجاه أمرين:

1- **التّلوث السّريع**: نظرًا لسرعة نفاذ الملوثات السّطحيّة (الصّرف الصّحي والزراعي) إلى العمق من دون تصفية طبيعيّة كافية.

2- **الاستنزاف**: سهولة حفر الآبار العشوائيّة الجائرة التي تؤدي إلى تراجع منسوب هذه الخزانات، ودخول مياه البحر المالحة إلى الخزانات السّاحليّة (تداخل المياه المالحة والعذبة). **(Shaban & Hamzé, 2018)**.

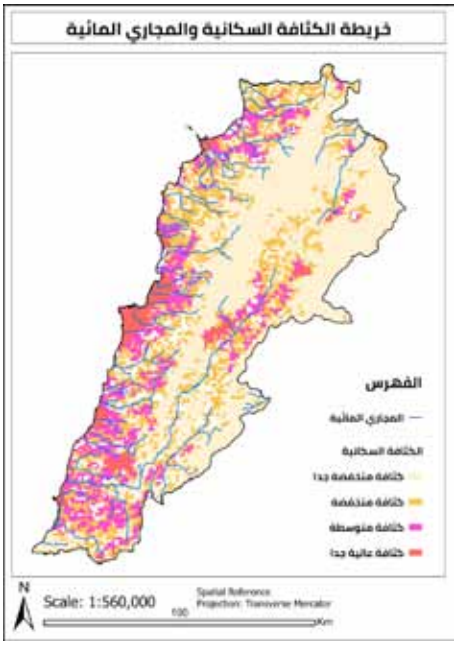
ومن خلال المستند رقم 3 - الخريطة أدناه تُظهر الخريطة علاقةً مكانية واضحة بين توزّع الكثافة السكانية وشبكة المجاري المائية في لبنان، حيث تتركز المناطق ذات الكثافة السكانية العالية جداً والمتوسطة على امتداد الشريط الساحلي وفي عدد من الأودية والأحواض الداخلية المرتبطة بالمجاري المائية الرئيسة. ويُلاحظ أن الساحل اللبناني، ولا سيما في الوسط والجنوب، يشهد أعلى درجات التركز السكاني

نتيجة توافر الموارد المائية وسهولة المواصلات وتركز الأنشطة الاقتصادية والخدماتية.

كما تكشف الخريطة عن ارتباط ملحوظ بين التجمعات السكانية والمجاري المائية، إذ تنتشر الكثافات المتوسطة والعالية بمحاذاة الأنهار والأودية التي توفر شروطاً ملائمة للاستقرار البشري والزراعة. في المقابل، تسود الكثافات المنخفضة والمنخفضة جداً في المناطق الجبلية والمرتفعات الداخلية، حيث تحدّ وعورة التضاريس وارتفاع الانحدارات من إمكانات التوسع العمراني والاستيطان.

وتُبرز الخريطة أيضاً وجود تباين مكاني واضح بين الأطراف الساحلية المأهولة والمناطق الداخلية الأقل كثافة، ما يعكس دور العوامل الطبيعية، وفي مقدمتها المياه والتضاريس، في توجيه توزيع السكان. وبصورة عامة، تؤكد الخريطة أن الموارد المائية تشكل عاملاً جاذباً للاستقرار السكاني، وأن العلاقة بين كثافة السكان وشبكة المجاري المائية في لبنان هي علاقة إيجابية قوية تسهم في تفسير أنماط التوزع السكاني على المستوى الوطني

مستند رقم 3: خريطة تظهر تركّز الكثافة السكانية في لبنان



من عمل الكاتب

المبحث الثاني: البنية التحتيّة والقدرة التّخزينيّة

أولا: واقع السّدود والبحيرات الجبليّة التّحديات الفنيّة

أمام التّباين الزّمني للمتساقطات، تبرز السّدود كأداة جغرافيّة وهندسيّة لإعادة توازن الميزان المائي عبر تخزين فائض الشتاء للاستخدام الصّيفي. ومع ذلك، يعاني لبنان من عجز حاد في قدرته التّخزينيّة الاصطناعيّة التي لا تتعدى **6%** من إجمالي الثروة المائيّة الجارية.

- **سدّ القرعون (بحيرة أنان)**: أضخم المنشآت المائيّة في لبنان، أُنشئ على نهر الليطاني بسعة تخزينيّة تصميميّة تصل إلى **220 مليون متر مكعب**. يواجه السدّ اليوم تحديات بيئيّة وفنيّة كارثيّة نتيجة ارتفاع مستويات التّلوث الكيميائي والعضوي (ظاهرة الإثراء الغذائي ونمو الطّحالب السّامة)، مما حدّ من استخدام مياهه في الشّرب وحصرها جزئيًّا في الري وتوليد الطاقة. (**المصلحة الوطنية لنهر الليطاني، 2022**).
- **سد شبروح**: يقع في أعالي فتوح كسروان بسعة **8 ملايين متر مكعب**، ويُعد نموذجًا ناجحًا نسبيًّا لتأمين مياه الشّرب للمناطق الجبليّة والسّاحليّة المجاورة.
- **التحدّيات الفنيّة للسدود الأخرى**: واجهت الاستراتيجيّة الوطنيّة للسدّود (مثل سدود: بقعاتا، بلعة، المسيلحة، وجنة) عقبات جيولوجيّة وهيدرولوجيّة بالغة التعقيد. فالطبيعة الكارستيّة المتشققة للأرض اللبنانيّة أدّت في بعض المواقع (مثل سد بريصا وسد المسيلحة) إلى مشاكل تسرب جوفي للمياه المخزنة، مما أثار جدلًا أكاديميًّا وجغرافيًّا واسعًا حول مدى ملاءمة إقامة السدّود السّطحية الكبيرة في بيئات كارستية نشطة، بدلًا من التوجه نحو التغذية الاصطناعيّة للخزانات الجوفيّة. (**Shaban, 2011**)

ثانيًا: حجم الهدر الطبيعي (التّبخر والتّسرب إلى البحر)

يتعرض الميزان المائي في لبنان لعمليات «فقدان هيدرولوجي» طبيعي وبنيوي ضخم نتيجة غياب الإدارة المتكاملة للموارد، ويمكن تصنيف الهدر الطبيعي إلى قسمين:

1- **التّبخر والنّتح المائي (Evapotranspiration)**: بفعل الامتداد الجغرافي للبنان في النّطاق شبه الجاف والارتفاع النّسبي لدرجات الحرارة صيفًا، يفقد لبنان ما يقارب **50% إلى 55%** من الحجم الإجمالي للمتساقطات (أي نحو **4.3 إلى 4.8 مليار متر مكعب**) يعود مباشرة إلى الغلاف الجوي عن طريق التبخر من السّطوح المائيّة والتربة، والنتح من الغطاء النباتي. (**وزارة الطاقة والمياه، 2010**)

2- **التّسرب والضّياع نحو البحر**: نتيجة لقصور القدرة التّخزينيّة للسدود، وقصر مجاري الأنهار السّاحليّة، والانحدار الطّوبوغرافي الشّديد لسلسلة الجبال الغربيّة باتجاه الشاطئ، فإنّ ما يقارب **1.2 إلى 1.5 مليار متر مكعب** من المياه السّطحيّة العذبة تتدفق سنويًّا بشكل

غير مستغل وتضيع مباشرة في البحر الأبيض المتوسط خلال فصل الشتاء. يضاف إلى ذلك، الهدر غير المرئي المتمثل في الينابيع البحريّة العذبة (Springs Submarine) التي تنفجر تحت سطح البحر مباشرة بفعل الضغط الهيدروستاتيكي للكارست الجبلي، من دون وجود تقنيات لالتقاطها واستثمارها. (**Bank World, 2024؛ FAO, 2023**)

الفصل الثاني: ضغط الاستهلاك البشري والاقتصادي على الموارد المائيّة

المبحث الأول: النمو السّكاني وتغير أنماط الاستهلاك

أولا: أثر التزايد السكاني الطبيعي والتمركز الحضري الكثيف (ESCWA, 2022)

يرتبط الضّغط على الموارد المائيّة في لبنان ارتباطًا وثيقًا بـ **جغرافية السكان** وإعادة توزيعهم المجالي. فقد شهد لبنان تحولًا حضريًّا متسارعًا أدى إلى تركز أكثر من 85% من السكان في النطاقات المدينيّة، وخاصة في شريط ساحلي ضيق ممتد من طرابلس شمالًا عبر بيروت الكبرى وصولًا إلى صيدا وصور جنوبًا. (**فاعور، 2015**).

هذا التّمركز الحضري الكثيف (لا سيما في تجمع بيروت الكبرى الذي يضم نحو نصف سكان البلاد) خلق معضلة مائيّة جغرافيّة تتمثل في **عدم التّطابق المكاني بين العرض والطلب**:

- تشهد المناطق السّاحليّة والمدن الكبرى أعلى معدلات طلب مائي منزلي وتجاري، في حين أن المخزونات المائيّة الكبرى والأحواض المغذيّة تقع في النّطاقات الجبليّة والدّاخليّة (البقاع).
- أدى تغير الأنماط السّلوكيّة والاجتماعيّة في البيئات الحضريّة إلى رفع معدل استهلاك الفرد اليومي من المياه (في حال توفرها) إلى مستويات تفوق القدرة التّغذوية للمصادر المحليّة المتاحة في تلك المدن، مما فرض على السّلطات المائيّة اللجوء إلى مشاريع جر مياه عابرة للأقاليم (مثل مشروع جر مياه نهر الأولي إلى بيروت) لسدّ العجز الهيدرولوجي المتنامي. (**UNHCR, 2023**)

ثانيًا: أثر أزمات النّزوح السّكاني على الشّبكات المائيّة والطلب الإضافي

إلى جانب النّمو السكاني الطبيعي، تعرضت الجغرافيا البشرية في لبنان لموجات نزوح سكاني قسريّة غير نمطيّة ومفاجئة، أبرزها اللجوء الفلسطيني التاريخي والنّزوح السوري الكثيف الذي بدأ العام 2011 والذي لا يزال مستمراً حتى

يومنا هذا، تلاها موجات نزوح داخلي حادة ومتكررة جراء الأزمات الأمنيّة والعسكريّة والاضطرابات الإقليميّة التي بلغت ذروتها في المرحلة الأخيرة. (**UNHCR, 2023؛ UNDP, 2023**)

أحدثت هذه التحولات الجيوديموغرافيّة المفاجئة ضغطًا هيدرولوجيًّا استثنائيًّا على البنية التحتية المائيّة المتهالكة أصلًا، (**UNDP, 2023**) ويمكن رصد هذا الأثر جغرافيًّا في نقطتين:

1- **الخلل في الموازين المائيّة المحلية**: تركز النّزوح بشكل أساسي في المجتمعات المضيفة ذات الهشاشة المائيّة العالية (كأقضية البقاع، وعكار، وضواحي المدن الكبرى)، ما أدّى في بعض البلدات إلى تضاعف حجم الطلب على المياه فجأة بنسبة تراوحت بين 40% و60%، مسببًا تراجعًا حادًّا في حصّة الفرد المقيم.

2- **الضّغط على الشّبكات والحلول البديلة الفوضويّة**: عجزت الشّبكات الرّسميّة لمديريات المياه عن مواكبة هذا الارتفاع المفاجئ في الاستهلاك، ما دفع نحو الاعتماد المفرط على صهاريج المياه الخاصة، وحفر آبار عشوائيّة داخل مخيمات ومجمعات النزوح، وهو ما سرّع في استنزاف المخزون الجوفي السّطحي وتدهور نوعيته البيئيّة نتيجة غياب شبكات الصّرف الصّحي النّظاميّة في تلك النطاقات. (**UNICEF, 2023**)

المبحث الثاني: الاستهلاك القطاعي والمنافسة على المياه

أولا: القطاع الزّراعي (الهدر البنيوي واستنزاف الموارد)

يستأثر القطاع الزراعي بنحو **60% إلى 70%** من إجمالي المياه المستهلكة في لبنان، وهي نسبة مرتفعة جدًا بالنّظر إلى مساهمة القطاع في الناتج المحلي الإجمالي، ويعود ذلك إلى تشوهات هيكليّة في الجغرافيا الزّراعيّة:

- **قنوات الرّي السّطحيّة والمفتوحة**: لا تزال المساحة الأكبر من الأراضي المروية (خاصة في سهل البقاع والسّهول السّاحليّة الشّماليّة) تعتمد على طرق الري التّقليديّة بالجاذبيّة والقنوات الترابيّة المكشوفة (الري السيحي)، مما يتسبب في هدر فني بالتّبخر والتّسرب يصل إلى اكثر من 40% من المياه المخصصة للري قبل وصولها إلى الحقول بالاضافة الى عدم انتفاع النبتة منها لفترة كافية. (**FAO, 2023**).
- **التركيبة المحصوليّة غير المرشدة**: تعتمد أجزاء واسعة من المخططات الزّراعيّة على محاصيل مستنزفة للمياه ذات قيمة اقتصاديّة منخفضة (مثل بعض أنواع الحمضيّات، والموز

في السّاحل، والخضروات الصّيفيّة والبطاطا في البقاع، وذلك بدلًا من التحول نحو الزّراعات الذكية مائيًّا والأقل استهلاكًا، ما يزيد من تفاقم العجز في الميزان المائي الإقليمي. (Darwish et al., 2018).

ثانيًا: القطاع الصناعي والسّياحي (حجم الطلب وغياب التدوير)

على الرّغم من أن حصة القطاعين الصناعي والسياحي أقل حجمًا مقارنة بالزّراعة، إلّا أنّ نمطهما التّوزيعي والتّشغيلي يشكل بؤر ضغط مائي نوعي:

- **القطاع الصناعي**: تتركز الصّناعات (خاصة الغذائيّة، والكيميائيّة، والورقيّة) في النطاقات الحضريّة وحول مجاري الأنهار (كحوض الليطاني ونهر إبراهيم)، (UNDP, 2023) فتستهلك كميات ضخمة من المياه الجوفيّة والسّطحيّة، مترافقة مع غياب شبه كامل لتقنيات إعادة تدوير مياه الصّرف الصّناعي (Recycling Water)، ما يجعل العائد المائي لكل وحدة إنتاجيّة منخفضًا للغاية. (Najem & Amacha, 2021)
- **القطاع السّياحي**: يتركز في الشّريط السّاحلي والمناطق الجبليّة، ويمتاز باستخدامه المكثف للمياه في الفنادق، والمنتجعات، والمسابح خلال فصل الصيف (موسم الذروة الجاف)، ما يفاقم العجز المائي الموسمي ويقحم القطاع السّياحي في منافسة حادة مع قطاع مياه الشرب المنزلي. (World Bank, 2023)

ثالثًا: الاستهلاك المنزلي (فوضى الحفر العشوائي وتراجع الشبكات الرّسميّة)

يمثل قطاع مياه الشّرب والاستخدام المنزلي التّحدي اليومي الأكثر تعقيدًا في لبنان. فنظرًا لتراجع كفاءة الشّبكات الرّسميّة وعجز مؤسسات مياه لبنان الأربع عن تأمين التغذية المستدامة والمستمرة (إذ لا تتعدى ساعات التغذية في كثير من النطاقات ساعات قليلة أسبوعيًّا)، (وزارة الطاقة والمياه، 2023) نشأ نظام توزيع موازٍ غير شرعي وفوضوي:

مستند رقم 3: مقالة بعنوان: إنفوغراف: الخارطة المائيّة في لبنان مبهجة ومحزنة

هل لبنان من الدول الغنية بالمياه، أم من الدّول الفقيرة؟ سؤال تبدو الإجابة عليه للوهلة الأولى سهلة، فالبلد يحتوي أكثر من 12 نهرًا، منها ثلاثة أنهار عابرة للحدود، وأكثر من 2000 نبعٍ، ناهيك عن مئات العيون، فيما يصل معدل المتساقطات سنويًّا إلى ما يقارب 1000 ملم. لكن على الرّغم من هذه الثروة المائيّة، إلّا أنّ الواقع يشير إلى أنّ لبنان من الدول الفقيرة بالمياه.

الهدر: سنويًّا، يعيش المواطنون مأساة الحصول على مياه الشّرب والاستخدام المنزلي، خصوصًا خلال فصل الصيف، حين تنخفض كميات المياه العذبة المتوفرة، ما يضطرهم إلى شرائها، وبأسعار مرتفعة. اللافت للنظر، أن لبنان يملك كميات هائلة من المياه العذبة، لكن غياب المشاريع الهادفة إلى الاستفادة منها، يحول دون استخدامها بالطريقة المثلى، ما يجعل نصيب الفرد من إجمالي الموارد المائيّة العذبة، وحسب بيانات البنك الدولي، لا يتعدى 856 مترًا مكعبًا سنويًّا ما يضعه في مستوى الشح المائي، فيما المعدل العالمي يبلغ 1019 متر مكعب سنويًا.

ويكفي القول إنّ أنهار العاصي والليطاني والحاصباني، هي من الأكثر الأنهار تدفقًا للمياه، وتساهم بنحو 45 في المئة من كمية المياه المتجددة سنويًّا، حسب أرقام منظمة الأمم المتحدة للأغذية والزراعة "فاو"، التي تشير أيضًا إلى أن كمية المياه المتجددة المتاحة تقدر بنحو 4.1 مليار متر مكعب، منها نحو 1.6 مليار متر مكعب مستخرجة من الآبار الخاصة والسدود. ويمكن للبنان في حال المضي في تنفيذ مشاريع السدود، توفير كميات كبيرة من المياه، والاستفادة منها.

وتشير الدّراسات الخاصة بالبنك الدّولي إلى أن لبنان يمتلك ما يقارب 2.3 مليار متر مكعب من المياه القابلة للاستثمار اقتصاديًّا، يذهب منها نحو 1.1 مليار متر مكعب هدرًا إلى البحر من دون التمكن من استخدامها بالشكل السّليم، ويبقى نحو 1.2 مليار متر مكعب يُستفاد منها على الشكل التالي: 810 مليون متر مكعب لري الأراضي الزراعية، 300 مليون متر مكعب لسد حاجات السكان، ونحو 100 مليون متر مكعب للقطاع الصناعي.

فوضى واستنزاف: يسود منطق الفوضى في إدارة هذا الملف، إن لناحية السدود، أو لناحية التراخيص الممنوحة لحفر الآبار. وكانت دراسة صادرة، في العام 2018، عن برنامج الأمم المتحدة الإنمائي لصالح وزارة الطاقة والمياه اللبنانيّة، قد أشارت إلى أن إجمالي عدد الآبار الخاصة المرخصة لعام 2012، وصل إلى ما يقارب 20537 بئرًا، فيما وصل عدد الآبار الخاصة غير المرخصة لأكثر من 60 ألف بئر. واستنكر معدو الدّراسة، الفوضى في توزيع التراخيص، لأنّها تساهم في استنزاف الثروة المائيّة الباطنيّة.

مقالة في جريدة المدن الالكترونيّة - بتاريخ 2018/11/11 - لين عبد الرضا

- **ظاهرة الحفر العشوائي للآبار**: تشير التقديرات الأكاديميّة إلى وجود عشرات الآلاف من الآبار الجوفيّة غير المرخصة والمحفورة عشوائيًّا في مختلف الأراضي اللبنانيّة،

(UNDP, 2018؛ وزارة الطاقة والمياه، 2023) ولا سيما في الضواحي الحضريّة الكبرى وسهل البقاع. هذا الضخ الجائر وغير الخاضع للرّقابة أدى إلى هبوط حاد في مستويات الموائد المائيّة الجوفية. (UNDP, 2018)

- **تراجع التغذية الرّسميّة والاستنزاف المالي**: دفع انهيار المنظومة الرّسميّة للمياه بالمواطنين إلى الاعتماد الكامل على شراء المياه عبر صهاريج مجهولة المصدر والمواصفات البيئيّة، ما شكل عبئًا اقتصاديًّا مضافًا، وحوّل الاستهلاك المنزلي من إطار الخدمة العامة المنظمة إلى سوق سوداء تعتمد على استنزاف الموارد الطّبيعيّة من دون أي اعتبارات لمعايير الاستدامة المائيّة. (UNICEF, 2023)

الفصل الثالث: تحدّيات الاستثمار المائي وواقع التلوث

المبحث الأول: المظاهر الجغرافيّة لسوء الاستثمار والهدر

أولاً: تهالك شبكات التوزيع والاهتراء الفني

يُعد الهدر الفني والبنيوي في شبكات النقل والتوزيع أحد أبرز المظاهر الجغرافيّة لفشل استثمار الموارد المائيّة في لبنان. فعلى الرّغم من الميزان المائي الطبيعي الذي يؤمن تدفقات جيدة في مواسم الهطل، إلّا أنّ المنظومة الهندسة لنقل هذه المياه تعاني من تقادم تاريخي واهتراء فيزيائي حاد. (Bank World, 2024)

تشير التّقارير الهيدرولوجيّة والدّراسات الأكاديميّة إلى أن حجم الفاقد المائي الفني (المياه غير المحتسبة) يتجاوز **40 إلى 48%** في معظم شبكات مؤسسات مياه لبنان. (وزارة الطاقة والمياه، 2023؛ World Bank, 2024) ويعود هذا الهدر المكاني الجسيم إلى عوامل رئيسة:

- **تقادم الأنابيب والخطوط الرئيسة**: يعود تاريخ إنشاء أجزاء واسعة من شبكات التّوزيع (لا سيما في المدن الكبرى كالتجمع الحضري لبيروت الكبرى وطرابلس) إلى منتصف القرن الماضي، ما يؤدي إلى تسرب كميات هائلة من المياه العذبة المعالجة إلى باطن الأرض قبل وصولها إلى العدادات المنزليّة. (Bank World, 2024؛ وزارة الطاقة والمياه، 2023).
- **ضعف الضبط الهيدروليكي وغياب الصيانة الدّوريّة**: بفعل الأزمات الاقتصاديّة المتعاقبة، تراجعت قدرة المؤسسات الرّسميّة على تتبع الأعطال أو تحديث المنظومة الذّكيّة لإدارة الضغط داخل الشّبكات، مما يسبب انفجارات متكررة في الخطوط وضياعًا مستمرًا للموارد المائيّة المتاحة. (UNDP, 2022)

ثانيًا: التعديات القانونيّة والضّخ غير الشّرعي

لا يقتصر الهدر على الجانب الفني، بل يتعداه إلى «الهدر البشري والتشريعي» المتمثل في استفحال ظاهرة التّعديات غير القانونيّة على خطوط الإمداد ومجاري الأنهار. يعكس هذا الواقع ضعف سيادة الحوكمة المائيّة وتراخي السّلطات التّنفيذيّة في تطبيق التشريعات الردعيّة:

- **السّرقة المباشرة من خطوط الجر**: تتعرض خطوط مياه الشّرب الرئيسة لعمليات ثقب وسحب غير شرعية لجر المياه نحو ري الأراضي الزراعيّة؛ أو تعبئة الخزانات الخاصة والصّهاريج التجاريّة، مما يحرم التجمعات السّكنيّة الواقعة في نهايات خطوط التوزيع من حصصها المشروعة، ويخلق اختلالًا مجاليًّا في التّوزيع. (**الجمهورية اللبنانية، 2020**)
- **فوضى الحفر وضخ الاستقواء**: يتجلى الضخّ غير الشّرعي في الانتشار الكثيف للآبار الارتوازيّة غير المرخصة، حيث تُستنزف المياه الجوفيّة خارج أي رقابة حكوميّة على كميات السحب اليوميّة، ما يشكل تعدّيًا سافرًا على حقوق الأجيال والقوانين المائيّة (لا سيما قانون المياه رقم 2020/192)، ويحول الثروة المائيّة من "ملك عام عام" إلى ملكيّة خاصة تخضع لمنطق القوة وفرض الأمر الواقع. (**Nakhle, 2016**)

المبحث الثاني: تدهور الجودة البيئيّة للمياه

أولا: تلوث المياه السّطحيّة والجوفيّة (نموذج حوض الليطاني)

انتقل التحدّي المائي في لبنان من «أزمة كمية» إلى «أزمة نوعيّة» حادّة بفعل التلوث الكيميائي والعضوي المستمر الذي يهدد استدامة الاستخدام. ويبرز **حوض نهر الليطاني** (بقاعًا وجنوبًا) كأوضح نموذج جرافي وتطبيقي للكارثة البيئيّة المائيّة في البلاد.

يعاني نهر الليطاني وبحيرة القرعون من تدهور هيدروبيولوجي حاد ناتج عن تضافر ثلاثة مصادر تلوث رئيسة:

1- **الصّرف الصّحي غير المعالج**: يصب أكثر من 60 تجمعًا سكانيًّا في البقاع مياهه المبتذلة وغير المعالجة مباشرة في مجرى النهر وروافده، نتيجة غياب أو تعطل محطات التكرير الهيكليّة. (**المصلحة الوطنية لنهر الليطاني، 2022؛**)

2- **النُّفايات الصّناعيّة السّائلة**: تصريف المصانع المنتشرة في الحوض (معامل الأجبان والألبان، الكيماويات، ومسالخ الدّواجن) سمومها الكيميائيّة والمعادن

الثقيلة من دون معالجة أولية. (الخطيب، 2020)

3- **الجريان السّطحي**: جرف مياه الري للأسمدة الكيماويّة والمبيدات الحشرية نحو مجرى النّهر، ما أدى إلى ظاهرة **الإثراء الغذائي** وتفشي الطحالب السّامة في بحيرة القرعون، (Saadeh & Assaf, 2008) وتحوّل النّهر من شريان حياة إلى ناقل للأوبئة والمعادن المسرطنة التي تتسرب أيضًا عبر الشقوق الكارستية إلى الخزانات الجوفيّة العميقة.

ثانيًا: تداخل مياه البحر مع الخزانات الجوفيّة السّاحليّة

تتعرض جغرافيّة النّطاق السّاحلي اللبناني، وخاصة في مدن بيروت، وطرابلس، وجونية، وصيدا، لظاهرة هيدروجيولوجيّة مدمرة تُعرف بـ **تداخل المياه المالحة**. (Shaban & Hamzé, 2020).

تنجم هذه الظاهرة مباشرة عن الضّخ الجائر والمكثف من الآبار الجوفيّة السّاحليّة السّكنيّة، والتّجاريّة لسدّ العجز الناجم عن انقطاع مياه الدّولة:

* يؤدي السّحب المفرط للمياه العذبة إلى انخفاض الضغط الهيدروستاتيكي داخل الخزان الجوفي السّاحلي، ما يؤدي إلى هبوط منسوب "مستوى المائدة المائيّة" عن مستوى سطح البحر. (Khair & Greco, 2014)
* استجابة لهذا الخلل الدّيناميكي، تندفع مياه البحر الأبيض المتوسط الثقيلة؛ والمالحة عبر الصخور الكلسيّة المتشققة لتتداخل مع الخزان الجوفي العذب وتزيح جبهة الالتقاء نحو الدّاخل البري.

أدّى هذا التّداخل إلى تملح آلاف الآبار في العاصمة بيروت وضواحيها، ما جعل مياهها غير صالحة للشّرب أو الاستخدام المنزلي والزراعي، ودمر البنية التحتيّة والمباني بفعل التآكل الملحي، وهو ما يمثل تدميرًا شبه نهائي لمخزون جوفي استراتيجي كان من الممكن استثماره بشكل مستدام لو أُدير بآليات جغرافيّة صحيحة.

الفصل الرّابع: الاستراتيجيات والسّياسات الإصلاحية لتحقيق الاستدامة

المبحث الأول: الإصلاح التّشريعي والمؤسساتي

أولا: تفعيل قانون المياه الجديد (قانون رقم 2020/192) وتطبيقه كاملا

ينطلق التّخطيط الجغرافي الحديث من قناعة راسخة بأنّ حماية الموارد الطّبيعيّة تبدأ بإطار تشريعي رادع ومنظم. يمثل «قانون المياه الجديد في لبنان» (القانون رقم 192 المعدل عام 2020) طفرة تشريعيّة نوعيّة لو طُبقت آلياته التّنفيذيّة بشكل

كامل، فيتبنى مفهوم **الإدارة المتكاملة للموارد المائيّة (IWRM)**. (**الجمهورية اللبنانية، 2020**).

يتطلب تفعيل هذا القانون استراتيجيّة جغرافيّة بيئية حاسمة ترتكز على:

* **تثبيت الملكيّة العامة للمياه**: تفعيل المواد القانونيّة التي تحظر بشكل قاطع حفر الآبار الجوفيّة أو استغلال الينابيع من دون ترخيص مسبق مبني على دراسات هيدرولوجيّة تحدد «السّعة الآمنة للضخ» لكل حوض مائي. (**وزارة الطاقة والمياه، 2010**)
* **تطبيق مبدأ «الملوث يدفع» (Principle Pays Polluter)**: تفعيل الذراع القضائي والبيئي لفرض عقوبات ماليّة وجنائيّة صارمة على المنشآت الصناعيّة؛ والبلديّة التي تصرف مخلفاتها في المجاري المائيّة، مما يسهم في لجم التّدهور النّوعي البيئي وضمان استدامة الجودة.

ثانيًا: توحيد جهود المؤسسات المائيّة ومنع التّداخل الصّلاحياتي

يعاني قطاع الاستثمار المائي في لبنان من تفتت هيكلي، ومؤسساتي يؤدي إلى تضارب الصّلاحيات وهدر الجهود بين ثلاث جهات رئيسة: وزارة الطاقة والمياه (المسؤولة عن السياسات العامة والسدود)، مؤسسات مياه لبنان الأربع (بيروت وجبل لبنان، البقاع، لبنان الشّمالي، لبنان الجنوبي وهي المسؤولة عن التّوزيع الاستهلاكي والمنزلي)، والمصالح المستقلة مثل المصلحة الوطنيّة لنهر الليطاني (المسؤولة عن إدارة حوض الليطاني والري وتوليد الطاقة). (**Nakhle, 2016**)

لتحقيق الاستدامة، يجب تبني **نهج الإدارة اللامركزيّة القائمة على الأحواض النهريّة جغرافيًّا**:

* إعادة هيكلة الصّلاحيات عبر دمج التّنسيق التخطيطي تحت مظلة الهيئة الوطنية للمياه (المنصوص عليها في القانون)، فتتولى رسم السياسة المائيّة بناءً على معطيات الخرائط الهيدرولوجيّة الموحدة.
* إلغاء التّداخل في الصّلاحيات بين البلديات ومؤسسات المياه لضمان توحيد معايير الرّقابة على الشّبكات ومحطات التكرير، والحد من «العشوائيّة الإداريّة» التي استنزفت القدرات الماليّة واللوجستيّة للقطاع على مدار عقود. (**Bank World, 2024؛ Nakhle, 2016**)

المبحث الثاني: الحلول الجغرافيّة والتّطبيقيّة المقترحة

أولا: تحديث شبكات النقل والتّوزيع باستخدام تقنيات الرّصد الذكي

لمواجهة الهدر الفني واللوجستي الجسيم الذي يفقد البلاد ما يقارب نصف مياهها الشبكيّة، يتوجب الانتقال بالبنية التّحتيّة من الإدارة التقليديّة إلى **الإدارة الرّقميّة الذّكيّة**:

* **إحلال وتجديد الخطوط وتقسيم الشبكات**: استبدال الشّبكات المهترئة بقساطل حديثة مرنة ومقاومة للتسرب، وتطبيق نظام «المناطق المعزولة هيدروليكيًّا» (DMAs–Areas Metered District) لتسهيل حصر الهدر ومراقبته. (**World Bank, 2024**)
* **تبنّي تقنيات المراقبة والتّحكم من بعد** (**SCADA**): تركيب مستشعرات ذكيّة على طول خطوط الجر الرئيسة وشبكات المدن لرصد أي انخفاض مفاجئ في الضغط الهيدروليكي (والذي يشير فورًا إلى وجود تسرب فني أو تعدٍّ غير شرعي). أو ما يُطلق عليه تركيب عدادات تقيس كمية المياه التي يستهلكها المنزل وتتم المحاسبة على أساسه، وهذا النّظام يتيح لمديريات المياه التدخل اللحظي وإغلاق المحابس إلكترونيًّا والمحاسبة الدقيقة مما يخفف الهدر ويؤمن التمويل الذاتي المربح لمؤسسات المياه، ويقلص «المياه غير المحتسبة» إلى الحدود المعياريّة العالميّة (أقل من 15%). (**UNDP, 2022**)

ثانيًا: التوسع في تقنيات "حصاد مياه الأمطار" والتغذية الاصطناعيّة

أمام التحدي المتمثل في ضياع كميات هائلة من مياه الشتاء نحو البحر، وفي ظل الطبيعة الكارستيّة المتشققة للأرض اللبنانيّة، تبرز الحلول المستدامة البديلة للسدود الكبيرة:

* **حصاد مياه الأمطار** (**Harvesting Rainwater**): على المستوى الكلي من خلال إنشاء بحيرات جبليّة صغيرة مكشوفة أو مبطنة في المرتفعات لتجميع مياه السيول الشّتوية؛ واستخدامها محليًّا في ري الأراضي الزراعيّة صيفًا، وعلى المستوى الجزئي بفرض أنظمة حصاد مياه الأسطح في الأبنية السّكنيّة الحديثة بالمدن. (**FAO, 2021**)
* **التغذية الاصطناعيّة للخزانات الجوفيّة** (**MAR–Recharge Aquifer Managed**): الاستفادة من الخصائص الكارستية لطبقات الصّخور الكلسيّة عبر حفر «آبار حقن» خاصة، أو توجيه مياه السيول النّظيفة ومياه ذوبان الثّلوج نحو بالوعات كارستية طبيعيّة

محددة. تسهم هذه الآلية في إعادة ملء الخزانات الجوفيّة المستنزفة، ورفع الضغط الهيدروستاتيكي في النّطاقات السّاحليّة، ما يشكل خط الدّفاع الجغرافي الأول لوقف ظاهرة تداخل مياه البحر المالحة (Shaban, 2011).

ثالثًا: تطوير محطات تكرير مياه الصّرف الصّحي لإعادة الاستخدام القطاعي

تمثل مياه الصّرف الصّحي والرّمادية موردًا مائيًّا غير تقليدي مهمل في لبنان، وتحويله من مصدر للتلوث إلى مصدر للوفرة يعد ركيزة أساسية للاقتصاد المائي الدائري:

* **تفعيل محطات التكرير الهيكليّة المعطلة وتطويرها**: استكمال شبكات الربط للمحطات السّاحليّة والدّاخليّة (مثل محطات الغدير، طرابلس، زحلة، وإيعات) وتزويدها بتقنيات المعالجة الثلاثيّة (Treatment Tertiary) لضمان خروج مياه مطابقة للمواصفات البيئيّة والصّحيّة. (WHO, 2022؛ UNEP, 2022)
* **إعادة الاستخدام الموجه قطاعيًّا**: تخصيص المياه المعالجة بالكامل لدعم القطاع الزّراعي (ري الزراعات العلفيّة، الأشجار المثمرة، والمساحات الخضراء) والصناعي (أغراض التبريد والغسيل).

هذا الإجراء التّخطيطي كفيل بتحرير ملايين الأمتار المكعبة من المياه العذبة السّطحيّة والجوفيّة التي كانت تستنزف في الري، وإعادة توجيهها حصريًّا لتأمين مياه الشّرب المنزلي، مما يحقق التّوازن المنشود في الميزان المائي اللبناني.

الخاتمة والتوصيات

أولا: خلاصة شاملة لنتائج الفرضيات

شكلت هذه الدّراسة محاولة لتشخيص واقع «استدامة الموارد المائيّة في لبنان» من منظور جغرافي تطبيقي، يرصد أبعاد التباين المكاني والزّمني بين العرض المائي الطبيعي والطلب البشري والاقتصادي المتنامي. وقد أفضى التّحليل المنهجي والهيدرولوجي للمادة العلمية إلى النتائج الإيجابيّة التالية التي تبرهن صحة فرضيات الدّراسة:

1. تقييم الفرضية الأولى (أزمة إدارة لا أزمة ندرة طبيعيّة)

أثبتت الدّراسة **صحة الفرضيّة الأولى**، إذ تبين بالأرقام الهيدرولوجيّة أن لبنان لا يعاني من «شح مائي بنيوي» ناتج عن جفاف المناخ، بدليل أن حجم المتساقطات السّنويّة المتجددة (8.6 مليار متر مكعب) يفيض عن حاجة السّكان الفعليّة لو أُحسن

استثماره. إنّ الأزمة الحقيقية هي «**أزمة إدارة مكانيّة وفشل لوجستي**» تتجلى في ضياع أكثر من 40% من المياه المعالجة نتيجة اهتراء وتلف شبكات التوزيع الفنيّة، أضف إلى تدفّق نحو 1.5 مليار متر مكعب من المياه السّطحيّة العذبة شتاءً إلى البحر المتوسط من دون الاستفادة منها، بسبب قصور القدرة التّخزينيّة للسدود وفشلها الجيولوجي في البيئات الكارستية المتشققة. هذا الاختلال البنيوي والتّشريعي هو المسؤول الأول عن الهبوط الحاد في الموازين المائيّة وتحول البلاد نحو عتبة الإجهاد المائي. (**Bank World, 2024؛ Nakhle, 2016**)

2. تقييم الفرضيّة الثانية (الضّغط الدّيموغرافي والاختلال المجالي)

أثبت البحث **صحة الفرضيّة الثانية**؛ فقد أظهر التّحليل الديموغرافي والجغرافي أنّ النموّ السّكاني المتسارع والتركز الحضري في الشّريط السّاحلي (لا سيما بيروت الكبرى)، مترافقًا مع موجات النزوح السّكّاني القسريّة والمفاجئة من الأخوة السوريين إلى مناطق هشّة مائيًّا كالبقاع وعكار، قد أدى إلى خلق «**فجوة مكانيّة حادة بين العرض والطلب**». لقد تسببت هذه التحولات الجيوديموغرافيّة غير النمطية في تحميل البنية التحتية المائيّة أعباءً تفوق طاقتها الاستيعابيّة، ما دفع نحو خيارات بديلة فوضويّة ومستنزفة، أبرزها ظاهرة الحفر العشوائي والضخّ الجائر للآبار الجوفيّة (خصوصاً مع دخول الطاقة الشمسية التي تستنزف المياه الجوفية بشكل خطير)، وتدهور الجودة البيئيّة للمياه السّطحيّة والجوفيّة (كما هو الحال في كارثة حوض الليطاني)، وتداخل مياه البحر مع الخزانات السّاحليّة. (**ESCWA, 2022؛ UNHCR, 2023**)

- مصفوفة التّوصيات التنفيذيّة الاستراتيجيّة

بناءً على المعطيات الجغرافية التي رُصِدَت، وضعت الدّراسة مصفوفة توصيات عمليّة متكاملة، مصنفة زمنيًا لمساعدة صناع القرار والتّخطيط الإقليمي في الانتقال بقطاع المياه من الفوضى إلى الاستدامة:

تنظيم مصفوفة التوصيات التنفيذية الاستراتيجية لقطاع المياه في جدول أكاديمي واضح كما يلي:

النطاق الاستراتيجي	توصيات قصيرة الأجل (1–3 سنوات)	توصيات طويلة الأجل (5–10 سنوات)
التخطيط والبنية التحتية	• المباشرة بحملة وطنية عاجلة لإصلاح وصيانة شبكات المياه المهترئة في المدن الكبرى للحد من الهدر الفني. • تركيب عدادات ومستشعرات تدفق رقمية ذكية على الخطوط الرئيسية لضبط التعديات والسرقات المباشرة.	• التحول التدريجي نحو منظومة الإدارة الذكية المتكاملة للشبكات المائيّة باستخدام تقنيات التحكم والرقابة عن بعد (SCADA). • إنشاء بحيرات جبلية صغيرة مكشوفة أو مبطنة في المرتفعات لتجميع مياه السيول شتاءً بدلاً من السدود الكبيرة غير الملائمة جيولوجياً.
الإدارة والسياسات البيئية	• تفعيل الهيئة الوطنية للمياه المنصوص عليها في القانون 2020/192 لتوحيد الرؤية المؤسسية ومنع تضارب الصلاحيات بين الجهات المعنية. • تطبيق إغلاق إداري وقانوني صارم للآبار الجوفية غير المرخصة في النطاق الساحلي للحد من تملح المياه الجوفية.	• تطبيق مبدأ الحوكمة اللامركزية على أساس الأحواض النهرية، بحيث يُدار كل حوض مائي كوحدة جغرافية وبيئية مستقلة. • التوسع في مشاريع التغذية الاصطناعية للمكامن الجوفية (MAR) عبر آبار الحقن الهيدروليكية لتخزين الفائض الشتوي في الطبقات الكارستية.
الاستهلاك والبدائل غير التقليدية	• إلزام المنشآت الصناعية الكبرى الواقعة على ضفاف الأنهار، ولا سيما ضمن حوض الليطاني، بتركيب وحدات معالجة أولية لمياه الصرف الصناعي. • إدخال نظم الري الحديثة (التنقيط والرش) في المشاريع الزراعية في البقاع بدلاً من الري التقليدي بالجاذبية.	• تشغيل وتحديث محطات المعالجة الثلاثية لمياه الصرف الصحي وتوجيه المياه المعالجة للاستخدام الزراعي والصناعي. • تخصيص الموارد المائيّة العذبة السطحية والجوفية بشكل كامل لتلبية احتياجات مياه الشرب والاستهلاك البشري وتقليص استخدامها في القطاعات الأخرى.

المصادر والمراجع

أولاً: المراجع الرسمية اللبنانية

1. وزارة الطاقة والمياه. 2023. التقرير الوطني لقطاع المياه في لبنان. بيروت، لبنان: وزارة الطاقة والمياه.
2. وزارة الطاقة والمياه. 2010. الاستراتيجية الوطنية لقطاع المياه. بيروت، لبنان: وزارة الطاقة والمياه.
3. الجمهورية اللبنانية. 2020. قانون المياه رقم 2020/192. الجريدة الرسمية، بيروت.
4. المصلحة الوطنية لنهر الليطاني. 2022. التقرير السنوي حول واقع حوض الليطاني. بيروت، لبنان.
5. المجلس الوطني للبحوث العلمية. 2022. حالة البيئة في لبنان. بيروت، لبنان.
6. مصلحة الأبحاث العلمية الزراعية 2025. النشرة المناخية السنوية للأمطار والمتساقطات. تل عمارة، لبنان.

ثانياً: المراجع العربية

7. فاعور، علي- 2015. أطلس لبنان. بيروت: الجامعة اللبنانية.
8. فاعور، علي. 2018. الجغرافيا الطبيعية للبنان. بيروت: دار العلم للملايين.
9. شبارو، فادي. 2017. المياه الجوفية في لبنان وإشكاليات الاستدامة. بيروت: الجامعة اللبنانية.
10. الإسكوا. 2022. تقرير التنمية المستدامة في المنطقة العربية. بيروت: الأمم المتحدة.
11. الإسكوا. 2020 إدارة الموارد المائية في الدول العربية. بيروت: الأمم المتحدة.
12. برنامج الأمم المتحدة الإنمائي. 2018. دراسة إدارة المياه الجوفية في لبنان. بيروت.
13. برنامج الأمم المتحدة الإنمائي. 2022. تقي يم البنية التحتية للمياه في لبنان. بيروت.
14. أبو جودة، فؤاد. (2019). الجغرافيا المائية للبنان بين الوفرة وسوء الإدارة. المجلة الجغرافية العربية، 54(2)، 89-118.
15. الخطيب، أحمد. (2020). تلوث الموارد المائية في حوض الليطاني. مجلة البيئة والتنمية، 29(1)، 44-69.

ثالثاً: المراجع الأجنبية الأساسية

16 . Food and Agriculture Organization .(2023) .*AQUASTAT Country Profile :Lebanon*. Rome: FAO.

17. Food and Agriculture Organization. (2021). *Water Resources Review for Lebanon*. Rome: FAO.

18. World Bank. (2024). *Lebanon Water Sector Public Expenditure Review*. Washington, DC: World Bank.

19. World Bank. (2023). *Beyond Scarcity: Water Security in the Middle East and North Africa*. Washington, DC: World Bank.

20. World Bank. (2024). *World Development Indicators*. Washington, DC: World Bank.

21. United Nations Development Programme. (2023). *Water Governance and Sustainability in Lebanon*. New York: UNDP.

22. United Nations Environment Programme. (2022). *State of Water Resources in West Asia*. Nairobi: UNEP.

23. United Nations Children's Fund. (2023). *Water, Sanitation and Hygiene Assessment in Lebanon*. New York: UNICEF.

24. United Nations High Commissioner for Refugees. (2023). *Lebanon Water Sector Report*. Geneva: UNHCR.

25. World Health Organization. (2022). *Guidelines for Drinking-water Quality* (4th ed.). Geneva: WHO.

رابعاً: الدراسات العلمية المحكمة (الأهم في المشاريع الجامعية)

26 . El-Fadel ,M ,.Zeinati ,M & ,.Jamali ,D .(2000) .Water resources management in Lebanon :Institutional and economic assessment .*Water Policy*277–263 ,(5–4)*2* ,.

27. El-Fadel, M., Bou-Zeid, E., & Chahine, W. (2003). Climate change and water resources in Lebanon and the Middle East. *Journal of Water Resources Planning and Management, 129*(5), 343–355.

28. Shaban, A. (2011). *Hydrological and Geochemical Aspects of Karst Groundwater in Lebanon*. Springer.

29. Shaban, A., & Hamzé, M. (2018). Groundwater vulnerability assessment in Lebanon. *Environmental Earth Sciences, 77*(12), 1–16.

30. Khair, K., & Greco, R. (2014). Water scarcity and groundwater management in Lebanon. *Water International, 39*(6), 825–842.

31. Amacha, N., & Najem, W. (2021). Sustainable water management challenges in Lebanon. *Environmental Monitoring and Assessment, 193*(9), 1–17.

32. Assaf, H., & Saadeh, M. (2008). Geostatistical assessment of groundwater contamination in Lebanon. *Hydrological Sciences Journal, 53*(6), 1320–1336.

33. Nakhle, C. (2016). Water resource governance in Lebanon: Challenges and opportunities. *Water Policy, 18*(5), 1140–1154.

34. Darwish, T., Atallah, T., & Jomaa, I. (2018). Agricultural water use efficiency in Lebanon. *Agricultural Water Management, 203*, 23–32.

35. Hamzé, M., & Shaban, A. (2020). Groundwater depletion and coastal aquifer salinization in Lebanon. *Environmental Earth Sciences, 79*(8), 1–15.