

L'efficacité de l'utilisation de l'eau : une revue de littérature macroéconomiques

Water Use Efficiency: A Macroeconomic Literature Review.

Auteur 1 : HASNAOUIY Ismail,

Auteur 2 : YOUSFI Abdellah,

HASNAOUIY ISMAIL, Doctorant en laboratoire d'analyse économique et modélisation Faculté des sciences juridique économiques et sociales, Souissi, Maroc. Université Mohamed V, Rabat, Maroc,

YOUSFI ABDELLAH Enseignant, Faculté des Sciences Juridiques, Économiques et Sociales - Souissi, Université Mohammed V de Rabat, laboratoire d'analyse économique et modélisation

Déclaration de divulgation : L'auteur n'a pas connaissance de quelconque financement qui pourrait affecter l'objectivité de cette étude.

Conflit d'intérêts : L'auteur ne signale aucun conflit d'intérêts.

Pour citer cet article : HASNAOUIY .I & YOUSFI .A (2026) « L'efficacité de l'utilisation de l'eau : une revue de littérature macroéconomiques », African Scientific Journal « Volume 03, Num 37 » pp: 001 – 025.



DOI : 10.5281/zenodo.22745357
Copyright © 2026 – ASJ



Résumé : Cet article analyse la gestion des ressources hydriques aux échelles nationale et internationale. Pour mener à bien cette étude, nous mobilisons un corpus d'articles économiques publiés entre 2017 et 2025 et dédiés à la gestion de l'eau.

En combinant des approches microéconomiques et macroéconomiques, l'étude quantifie les tensions entre la pénurie d'eau et la croissance économique, nous allons parler sur l'importance de sécurité alimentaire des pays les plus touchables. Le travail s'articule autour d'une revue de la littérature mondiale, suivie d'une analyse spécifique au contexte marocain. L'étude démontre que, malgré la forte ambition politique du Maroc, la gestion actuelle atteint ses limites en restant focalisée sur l'offre technique, telle que le dessalement. À travers un *benchmark* des méthodes de gestion, l'article plaide pour une transition vers une maîtrise de la demande intégrant des solutions fondées sur la nature, des instruments économiques régulateurs et les technologies digitales. *In fine*, la résilience du système dépendra d'une gouvernance intégrée liant agriculture et énergie pour favoriser un usage collectif et durable de cette ressource vitale.

Mots clés : Gestion de l'eau, Pénurie hydrique, Croissance économique, Sécurité alimentaire, Maroc, Macroéconomie, Gouvernance de l'eau, Benchmark, Digitalisation, Développement durable.

Abstract: This article analyzes water resource management at both national and international levels. To conduct this study, we draw upon a corpus of economic literature published between 2017 and 2025 focusing on water management.

By combining microeconomic and macroeconomic approaches, this study quantifies the tensions between water scarcity and economic growth, while placing the food security of the most vulnerable countries at the heart of the debate. The research is structured around a global literature review, followed by an analysis specific to the Moroccan context. The study demonstrates that, despite Morocco's strong political ambition, current management has reached its limits by remaining focused on technical supply-side solutions, such as desalination. Through a benchmark of management methods, the article advocates for a transition toward demand-side management that integrates nature-based solutions, regulatory economic instruments, and digital technologies. Ultimately, the resilience of the system will depend on integrated governance linking agriculture and energy to promote a collective and sustainable use of this vital resource.

Keywords: Water Management, Water Scarcity, Economic Growth, Food Security, Morocco, Macroeconomics, Water Governance, Benchmarking, Digitalization, Sustainable Development.

Introduction

Au cours de dernières décennies, on observe un regain d'intérêt dans les études économiques pour la question de l'eau en quantité limitée, poussant à explorer comment répartir mieux les richesses naturelles. Partant de ce constat, cette section s'appuie sur des concepts tirés de la macroéconomie concrète, l'intégration des ressources hydriques au sein de la théorie macroéconomique redéfinit les trajectoires de croissance du PIB. Et pour les théories de la croissance exogène subissent la rareté de l'eau comme une contrainte physique stricte face à la pression démographique, les théories de la croissance endogène démontrent que l'innovation technologique et l'accumulation de capital permettent de s'en affranchir. Ce mécanisme d'innovation induite par la population, théorisé par Ester Boserup (1965), stimule la productivité agricole de l'eau WPagri, principal vecteur de découplage entre croissance économique et stress hydrique. L'atteinte de cette efficacité allocative repose sur l'évaluation de la valeur marginale de l'eau entre secteurs concurrents (Gibbons, 1986), mais elle est constamment entravée par des externalités négatives (surutilisation, pollution). Pour y remédier, l'approche institutionnelle d'Elinor Ostrom (1990) privilégie l'auto-gouvernance des usagers pour réguler ces externalités à l'échelle locale. À l'échelle macroéconomique, Sheila Olmstead (2007) prouve que l'usage d'instruments de marché et de tarifications incitatives réduit considérablement les pertes de PIB lors des sécheresses par rapport aux quotas rigides. Cette flexibilité est renforcée à l'échelle internationale par le commerce d'eau virtuelle (Aldaya, 2010), qui permet aux pays arides d'importer des cultures intensives en eau pour préserver leurs ressources locales. Enfin, en intégrant la rente de rareté de l'eau dans les modèles de long terme, Phoebe Koundouri (2014) démontre que seule une tarification optimale des externalités hydriques permet de stabiliser le PIB et d'assurer une trajectoire de croissance endogène verte et soutenable.

La macroéconomie de l'eau adopte une perspective systémique pour mesurer l'impact des chocs hydriques et des sécheresses sur le Produit Intérieur Brut (PIB), tout en orientant la programmation des grands investissements publics. Dans un contexte marqué par l'aggravation du changement climatique, la croissance démographique et la pression croissante sur des ressources de plus en plus rares, la gestion de l'eau ne peut plus être abordée de manière uniquement sectorielle. Le dimensionnement des infrastructures stratégiques notamment les barrages, les usines de dessalement et les transferts d'eau inter-bassins constitue désormais un levier déterminant pour

consolider la sécurité hydrique et soutenir la trajectoire de croissance économique globale, en particulier dans des zones très vulnérables comme le Maghreb et le bassin méditerranéen.

Cette recherche s'inscrit dans une posture post-positiviste, combinant la mesure quantitative des agrégats macroéconomiques et l'analyse contextualisée des réalités institutionnelles et territoriales. Pour appréhender la complexité du problème, l'étude adopte un raisonnement abductif (déductif-inductif) : elle s'appuie d'une part sur la déduction en mobilisant les cadres théoriques internationaux (modèles de découplage, Nexus WEF), et d'autre part sur l'induction en confrontant ces concepts aux données empiriques du cas marocain. Ce choix méthodologique permet de faire émerger les spécificités nationales notamment le paradoxe de l'efficacité d'irrigation et la fragmentation de la gouvernance afin de formuler des recommandations stratégiques adaptées au contexte local.

L'objectif principal de cette revue analytique est d'évaluer les interactions complexes entre le stress hydrique, les dynamiques macroéconomiques et les arbitrages de politiques publiques à différentes échelles. Plus spécifiquement, cette étude vise à :

Analyser l'efficacité des instruments de gestion de l'offre (dessalement, transferts, réutilisation des eaux) et de la demande (l'irrigation localisée) pour favoriser un découplage durable entre la croissance du PIB et la consommation d'eau.

Évaluer l'efficacité des politiques hydriques et des gouvernances institutionnelles à l'échelle internationale et au niveau spécifique du Royaume du Maroc.

Mettre en évidence les arbitrages stratégiques entre les choix de cultures agricoles à forte valeur ajoutée et la préservation à long terme de la ressource hydrique.

Structure du travail

Pour répondre à ces enjeux, ce travail s'organise autour de deux axes principaux :

Le premier axe porte sur la macroéconomie de l'eau aux échelles internationale et nationale. Il propose une revue de la littérature consacrée à la régulation de la demande, aux technologies de traitement, au nexus Eau-Énergie-Alimentation, aux modèles d'équilibre général ainsi qu'à la

tarification de la ressource. Il est également consacré à l'étude du cas marocain, en analysant les effets de la crise hydrique structurelle sur l'économie nationale, les arbitrages régionaux notamment dans les oasis et les bassins prioritaires —, les infrastructures de transfert, ainsi que l'impact des stratégies nationales, telles que le Plan Maroc Vert et le PNE 2020-2050.

Le deuxième axe : propose une analyse comparative synthétique entre les enseignements des études internationales et la réalité marocaine, en mettant en lumière les convergences, les divergences théoriques, les limites des gouvernances institutionnelles et les contradictions liées à la promotion des cultures agricoles fortement consommatrices d'eau.

1. Arbitrages économiques et résilience hydrique : évaluation des stratégies de management de l'eau aux échelles nationale et internationale

1.1. L'échelle internationale

La macroéconomie de l'eau adopte une perspective systémique pour mesurer l'impact des sécheresses sur le Produit Intérieur Brut (PIB) et orienter la programmation des grands investissements publics. Cette approche holistique s'avère déterminante pour le dimensionnement des infrastructures stratégiques notamment les barrages et les transferts d'eau interbassins afin de consolider la sécurité hydrique et de soutenir la trajectoire de croissance économique nationale.

Selon (Noureddine et al., 2021) analyse la crise hydrique au Maghreb, où la croissance démographique et le changement climatique accentuent une pénurie structurelle sévère. En s'appuyant sur des données régionales comparatives, les auteurs révèlent que la disponibilité en eau est bien inférieure au seuil de pénurie absolue, entraînant une surexploitation critique des nappes phréatiques. Les problématiques majeures résident dans l'inefficience de l'irrigation agricole, qui consomme 80 % des ressources, et l'intrusion saline menaçant les côtes. Les résultats mettent en exergue la nécessité d'une réorientation stratégique immédiate en faveur de la régulation de la demande. Ce virage structurel combine l'optimisation de l'efficacité technique de l'irrigation et la diversification du mix hydrique par le biais de désalinisation et à la réutilisation des eaux usées. Ce cadre d'action intégré constitue le socle indispensable pour renforcer la résilience des systèmes

anthropiques et sécuriser la trajectoire de croissance économique régionale face aux chocs climatiques futurs.

Selon (Frascati et al., 2018), Le projet MADFORWATER, dont l'objectif est de lutter contre le stress hydrique en Égypte, au Maroc et en Tunisie, a généré un ensemble de solutions intégrées alliant innovations technologiques et stratégies de gestion. Les résultats majeurs incluent le développement de 14 technologies de traitement des eaux usées adaptées aux contextes locaux, telles que le lagunage aéré, les bioréacteurs à membrane ou encore des procédés d'oxydation avancée pour traiter les eaux municipales et industrielles. Parallèlement, 6 technologies d'irrigation ont été mises au point afin d'optimiser l'utilisation de l'eau en agriculture, en particulier via les micro-asperseurs basse pression limitant l'évaporation et des logiciels de pilotage de l'irrigation optimisant les apports hydriques et d'engrais. Ces solutions ont fait l'objet d'une première confirmation en milieu contrôlé avant d'être déployées et éprouvées sur le terrain dans quatre stations pilotes, au cœur de bassins versants prioritaires tels que le Souss-Massa au Maroc et le Cap-Bon en Tunisie. Au-delà de l'axe technique, le projet a produit des dispositifs d'assistance à la décision ainsi que des recommandations politiques pour faciliter l'acceptation par la société et l'adoption par les acteurs du marché de la réutilisation des eaux usées traitées. La finalité de ces travaux est d'atténuer durablement la vulnérabilité hydrique via une articulation stricte entre l'offre d'eau traitée et les exigences agricoles. Cette synthèse s'attache à étudier les relations entre stress hydrique, dynamiques économiques et comportements humains à différentes échelles. Elle examine comment l'innovation technique et la régulation politique peuvent favoriser un découplage durable entre croissance et consommation d'eau. (Markantonis & Bidoglio, 2019), Cet article examine le passage d'une gestion sectorielle isolée à une approche intégrée Nexus WEF en Méditerranée pour contrer la rareté des ressources. Validée par 22 experts internationaux, la feuille de route proposée met en relief les gains d'efficacité (dessalement propre, emplois verts), mais identifie des verrous majeurs liés à la gouvernance fragmentée et au manque de données harmonisées. L'étude conclut sur la nécessité d'institutionnaliser un cadre juridique et financier contraignant pour coordonner les investissements d'avenir.

Au niveau macroéconomique, la dépendance à la ressource reste un frein au développement durable. L'étude de (Zhang et al., 2021), révèle que le Nord-Ouest de la Chine n'a atteint qu'un

découplage faible entre sa croissance économique et sa consommation d'eau, restant très dépendant de la ressource. Elle souligne une répartition critique des impacts : l'agriculture accapare 90 % du volume d'eau, tandis que l'industrie est responsable de 63 % de la dégradation de sa qualité. Cette dualité entre pression sur la ressource et potentiel de durabilité est confirmée en Asie Centrale. Selon (Using & Data, 2023), Représentant 60 % de la consommation d'eau en Asie Centrale, l'agriculture s'inscrit au cœur des tensions croissantes qui pèsent sur le nexus eau-énergie-environnement. Les estimations sur données de panel couvrant la période 1992–2020 révèlent une élasticité-revenu des émissions de CO₂ de 0,652 %, illustrant l'impact environnemental délétère de la trajectoire de croissance actuelle. Néanmoins, l'analyse montre qu'un gain de productivité agricole de 1 % réduit les émissions de 0,762 %, validant l'hypothèse qu'une modernisation agricole peut coexister avec des objectifs de décarbonation. Pour compléter ces observations historiques, certains auteurs modifient l'échelle d'analyse ; ainsi, les travaux de Zhou privilégient une approche macroscopique et prospective projetée à l'horizon 2035.

Selon (Zhou et al., 2024), En s'appuyant sur les modèles SWAT et CGE, l'étude montre que , d'ici 2035, la croissance économique peut ne plus provoquer, de façon systématique, une augmentation de la demande en eau.. Plutôt que d'augmenter leur besoin en ressource, certaines politiques permettent même une baisse des volumes prélevés malgré un PIB en nette augmentation. Ce constat repose sur un scénario où le produit intérieur grimpe de 42,3 % tandis que les pressions sur les nappes diminuent de 1,9 %. À mesure que ces données sont analysées, il devient clair qu'un tel équilibre tient à une coordination fine entre agriculture, industrie et usages domestiques. Sans cette approche croisée, les tensions liées à la rareté risquent de freiner l'évolution socio - économique du territoire. Finalement, c'est bien ce type de pilotage global qui offre aux décideurs locaux une marge de manœuvre accrue.

Cette analyse examine l'efficacité des politiques de tarification comme levier de résilience face au stress hydrique croissant en Algérie. Elle compare les modèles de coût moyen et de coût marginal pour optimiser l'équilibre entre bien-être social et stabilité économique.

Quand la pénurie d'eau devient plus sévère sous l'effet du changement climatique, la modélisation en équilibre général calculable appliquée par (Hafid, 2024), parle sur la pénurie d'eau aggravées par le changement climatique, une modélisation algérienne en équilibre général calculable compare

deux politiques de tarification. Sous le régime actuel (coût moyen), un choc hydrique provoque après dix ans une hausse de 17,77 % du prix de l'eau potable et une perte de bien-être allant jusqu'à 0,46 % pour les ménages urbains. En revanche, une tarification au coût marginal (avec subvention publique) permettrait de réduire les prix à la consommation et d'augmenter la production du secteur, malgré une baisse de 5,77 % de l'épargne publique. Cette approche apparaît plus résiliente face aux crises hydriques. En suite cette supériorité d'un mécanisme de tarification basé sur le coût marginal est confirmée par les travaux de (Touitou et al., 2020), faisons une étude algérienne utilisant un modèle d'équilibre général calculable compare deux politiques de tarification de l'eau face à un choc hydrique. Les résultats montrent que la tarification au coût marginal est plus efficace que celle au coût moyen pour atténuer les effets des pénuries : elle stimule l'investissement, limite la baisse du bien-être et réduit le taux de chômage. Cette approche offre ainsi un signal-prix plus juste, favorisant une adaptation économique plus résiliente. En fin dans les autres qui parlons sur la tarification pour minimiser l'utilisation de l'eau.

La transition vers une management multisectorielle de l'eau à l'horizon 2035 se heurte à un double défi : le plafonnement de la rentabilité économique et l'inefficacité systémique des infrastructures actuelles. D'une part, les travaux de (Zhou et al., 2024), démontrent qu'il existe un seuil critique de croissance au-delà duquel l'expansion économique exige un prélèvement insoutenable sur les ressources vitales, marquant ainsi une limite physique à la corrélation entre revenu et consommation d'eau..par la suite (An et al., 2025), On constate que l'efficacité hydrique dans le secteur agricole chinois atteint seulement 0,532 , bien en dessous des niveaux courants dans les nations industrialisées , même si ce domaine absorbe à lui seul 62,3 % de l'eau disponible au niveau national . Sous la pression d'un climat qui se modifie - avec des températures plus élevées et moins de pluie - la situation s'aggrave , puisque ces conditions augmentent mécaniquement la demande en eau pour l'irrigation .vers la fin (Mahdhi et al., 2019), Cette étude identifie trois stratégies des irrigants tunisiens face au stress hydrique : offensive (offre), défensive (optimisation) et contractive (réduction). Elle démontre que les approches offensives et défensives sont les plus rentables, soulignant que l'investissement proactif est la clé de la résilience des systèmes agricoles.

1.2. L'échelle nationale Maroc

La fragmentation des risques hydriques au Maroc impose une rupture avec les modèles de gestion centralisés au profit d'une gouvernance adaptative et territorialisée. Alors que la dotation par habitant s'effondre sous le seuil critique (Mohammed EL YOUSRYN, 2024), Le Maroc connaît une crise hydrique structurelle qui met en péril sa sécurité alimentaire et freine son développement, avec une disponibilité par habitant ayant chuté de 2500 m³ en 1960 à moins de 600 m³ aujourd'hui. Afin de répondre à ce défi, l'État lance des initiatives ambitieuses, notamment le Plan National de l'Eau 2050 et le Programme 2020-2027, qui visent à accroître les ressources disponibles (barrages, dessalement de l'eau de mer) et à moderniser l'irrigation (Plan Maroc Vert et Génération Green). Malgré ces efforts et un arsenal juridique renforcé (loi 36-15), les résultats montrent que la croissance économique reste très vulnérable aux aléas climatiques, comme en témoigne la perte de plus de 200000 emplois agricoles lors des récentes sécheresses. La conclusion impose donc un changement de paradigme : La transition consiste à passer d'une gestion de l'offre à une gouvernance recherchant l'efficacité maximale, appuyée par des modèles économétriques pour mieux anticiper les besoins futurs du pays. Pour (MADHER Khalid & ELMOUTAOUKIL Abdelkader, 2024), L'étude appelle à une refonte de la gouvernance de l'eau au Maroc, en passant d'une gestion d'urgence à une approche proactive et adaptée aux vulnérabilités locales. À partir d'indicateurs d'Aqueduct Water Risk traités par ACP et clustering (SPSS), elle met en évidence une segmentation régionale : le Souss-Massa, Marrakech-Safi et Béni Mellal sont les zones les plus exposées au stress hydrique extrême, tandis que l'axe Casablanca-Rabat-Fès cumule stress, pollution et risques d'inondation. Elle conclut à l'urgence nationale, le pays étant proche du seuil de pénurie absolue (620 m³ par habitant et par an). Selon (Ouabouch, 2018), L'agriculture oasienne au Maroc traverse une crise profonde, marquée par une vulnérabilité extrême face aux changements climatiques et un stress hydrique aigu qui place le royaume parmi les pays les plus menacés au monde à l'horizon 2040. Ce déclin est exacerbé par des menaces biologiques telles que la maladie du Bayoud, des catastrophes naturelles comme les incendies de palmeraies liés aux fortes chaleurs, ainsi qu'une pression anthropique poussant les jeunes vers l'exode rural. Pour analyser cette dynamique, une étude multidimensionnelle a été menée dans la région d'Errachidia (Tafilalet), s'appuyant sur une recherche bibliographique des enjeux climatiques mondiaux (COP 21 à 23) et une enquête de terrain auprès de 50 exploitations phœnicicoles familiales à Boudnib, Talsint et

Bouanane. Face à ces défis, l'État a déployé des stratégies ambitieuses, notamment via le Plan Maroc Vert (2008) et la Politique du Changement Climatique du Maroc (PCCM) à l'horizon 2030. Ces initiatives se traduisent concrètement par le reboisement de 3 millions de palmiers et une transition vers l'irrigation localisée, aujourd'hui adoptée par 55 % des agriculteurs.

Cependant, malgré l'importance vitale du secteur qui assure jusqu'à 60 % du revenu de deux millions de Marocains, les résultats restent mitigés : la production de dattes demeure instable et les oasis, autrefois autosuffisantes, font désormais face à une insécurité alimentaire croissante sous la pression de la dégradation aride des terres et leur salinisation. Pour (Nourredine et al., 2023), Ce projet d'éducation par l'action à Casablanca transforme les eaux usées d'un hammam en ressource pour irriguer un jardin scolaire, sensibilisant ainsi les élèves à la gestion de l'eau. En privilégiant l'apprentissage pratique, cette initiative locale démontre l'efficacité du recyclage des eaux grises pour répondre aux défis de la durabilité urbaine. Dans le même sens (Dinar et al., 2019) Cet article analyse l'impact du stress hydrique sur la sécurité alimentaire marocaine. Le pays approche du seuil de la pénurie absolue avec 500 m³ d'eau par habitant et par an. La demande alimentaire devrait pourtant s'accroître de 70 à 100 % à l'échéance 2050. L'agriculture capte plus de 85 % des ressources hydriques et mobilise 40 % des emplois. Bien que restreint à 15 % des terres, l'irrigué génère 45 % de la valeur ajoutée sectorielle. Toutefois, un choc thermique de +1 % de la température contracterait cette valeur de 5 %. Cet impact agricole entraînerait par ricochet une baisse de 6,5 % du PIB national. Pour garantir la viabilité économique, d'importants défis structurels doivent être levés. L'étude préconise une modernisation urgente des systèmes de gestion de la ressource. Elle souligne la nécessité de corriger de manière proactive les inégalités commerciales. Il est également crucial de stimuler l'innovation et de freiner la dégradation des milieux. Cette approche intégrée s'avère indispensable pour assurer la durabilité du Royaume. (Hicham, 2019) Afin de pallier les limites des approches traditionnelles de l'offre hydrique au Maroc, cet article explore la faisabilité institutionnelle des PSE comme mécanisme de financement durable de la GIRE. L'étude critique le biais historique en faveur des grandes infrastructures de stockage (barrages), source de déséquilibres écosystémiques et de lacunes de gouvernance. L'examen diachronique des cadres réglementaires, culminant avec la loi 36-15, révèle un cadre propice à l'émergence des PSE. Le succès de cette transition repose sur l'hybridation des instruments modernes de l'économie publique notamment le principe préleveur-payeur et des

normes coutumières de cogestion de la ressource (Agdal). Toutefois, la transition vers ce nouveau modèle se heurte à des défis de taille, notamment une centralisation excessive des décisions, un manque de coordination entre les acteurs du secteur et l'absence d'expériences pratiques concrètes sur le terrain pour valider ces mécanismes académiques. Selon (Badr et al., 2022), Cet article analyse les interactions au sein du système de gestion de l'eau du sous-bassin de la R'Dom (Maroc) en utilisant la méthode prospective MACTOR pour évaluer la convergence vers une Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE). La problématique centrale souligne que la fragmentation institutionnelle et la multiplicité des intervenants freinent la gouvernance durable, aggravant la surexploitation des ressources face aux pressions de l'agriculture intensive. La méthodologie participative a permis d'identifier et de confronter 10 acteurs clés à 12 objectifs stratégiques, tels que la lutte contre la pollution ou l'amélioration de l'irrigation.

Les résultats, illustrés par le plan d'influence et de dépendance des acteurs, révèlent que l'Agence de Bassin Hydraulique (ABH) et l'Office Régional de Mise en Valeur Agricole (ORMVA) dominent le système avec les scores d'influence les plus élevés. Le graphique de convergence entre acteurs (CAA) montre une forte alliance (degré 2 ou 3) entre les autorités étatiques sur des objectifs prioritaires comme la préservation des eaux souterraines et la valorisation de l'eau d'irrigation. Cependant, les graphiques mettent aussi en évidence des acteurs plus autonomes ou "dominés", tels que les industriels et les associations d'usagers, qui présentent une faible influence malgré leur rôle crucial. Le défi majeur demeure l'opérationnalisation des politiques sur le terrain pour inclure ces usagers de base, réduire les déséquilibres de pouvoir visibles sur les graphiques et transformer cette synergie institutionnelle en une gestion durable et équitable du cycle de l'eau. Selon (Khalid & El Moujahid, 2023), Pour sécuriser ses ressources, le Maroc déploie une stratégie combinant cadre réglementaire strict (Loi 36-15), optimisation agricole via le goutte-à-goutte et diversification par le dessalement et la réutilisation des eaux usées. Cette approche intégrée, complétée par des transferts interbassins et la sensibilisation, vise à répondre durablement à l'urgence de la crise hydrique. La résolution de la crise hydrique au Maroc repose sur un arbitrage complexe entre innovations de substitution et gestion rigoureuse de la demande. Selon (Hssaisoune et al., 2020), Le Maroc affronte un déficit annuel de 862 millions de m³ d'eaux souterraines dû à une surexploitation agricole intense et au changement climatique. Pour analyser cette crise, les chercheurs ont croisé des données historiques, des mesures de qualité sur 282 échantillons et l'étude

des cadres législatifs nationaux. Les résultats révèlent une baisse alarmante des nappes (jusqu'à 65 m) et une dégradation saline de l'eau. Pour y remédier, l'étude préconise le dessalement, l'irrigation goutte-à-goutte et une gestion participative via des contrats de nappe. pour (DFOUF et al., 2024), utilise le modèle ARIMA pour projeter l'évolution du stress hydrique au Maroc jusqu'en 2026. Les prévisions annoncent une amélioration de la situation, témoignant de l'efficacité des politiques de gestion de l'eau actuelles. Toutefois, l'article nuance ces résultats en rappelant les limites du modèle, notamment face aux aléas météorologiques et aux incertitudes propres aux prévisions à long terme. Vers la suite (Ouabouch, 2018), L'étude de Hassan Ouabouch (2018) analyse la vulnérabilité de l'agriculture oasienne au Maroc face aux dérèglements climatiques, en soulignant que ces écosystèmes, bien que piliers socio-économiques assurant 40 à 60 % du revenu de plus de deux millions de personnes, sont aujourd'hui dans une situation critique. Utilisant une méthodologie mixte combinant recherche bibliographique, suivi des débats des COP et une enquête de terrain auprès de 50 exploitations dans la région d'Errachidia (Tafilalet), l'auteur identifie une rupture de l'équilibre oasien traditionnel due à la récurrence des sécheresses, à la baisse des nappes phréatiques et à la montée des températures. Les problématiques majeures incluent des défis naturels comme l'ensablement, la salinité des sols et la maladie du Bayoud, mais aussi des pressions anthropiques telles que l'introduction de cultures gourmandes en eau (pastèque, melon) et un morcellement foncier qui pousse les jeunes vers l'exode rural. Les résultats mettent en évidence une production de dattes très instable, bien que le palmier reste l'ossature de la région avec environ 1,5 million de pieds sur 15000 hectares. Sur le plan technique, l'étude révèle une transition vers l'irrigation localisée (goutte-à-goutte) utilisée par 55 % des agriculteurs grâce aux incitations de l'État comme le Plan Maroc Vert, mais souligne que le manque d'infrastructures frigorifiques et la dégradation continue des écosystèmes obligent désormais les populations à importer la quasi-totalité de leur alimentation, menaçant ainsi la sécurité alimentaire historique de ces régions. L'étude menée par (Ouabouch, 2018), dans la région de Tafilalet (incluant Boudnib, Talsint et Bouanane) souligne l'extrême vulnérabilité des oasis face au changement climatique. Les résultats chiffrés mettent en évidence une transformation technique notable : 55 % des agriculteurs ont adopté l'irrigation localisée (micro-irrigation) afin d'améliorer l'efficacité d'utilisation de l'eau et de compenser le déficit hydrique, tandis que 45 % demeurent tributaires du système gravitaire traditionnel. D'un point de vue agronomique, le palmier dattier reste l'élément structurant de

l'économie locale, avec un effectif d'environ 1,5 million de pieds répartis sur 15 000 hectares. Toutefois, la production connaît des variabilités interannuelles marquées, liées notamment à des conditions thermiques pouvant atteindre 50 °C. L'enquête menée auprès de 50 exploitations familiales montre également une rupture de la sécurité alimentaire : alors que les oasis étaient historiquement autosuffisantes, les populations locales sont aujourd'hui contraintes d'importer la quasi-totalité de leurs besoins alimentaires, les revenus issus de la datte ne suffisant plus à couvrir les besoins vitaux face à la baisse constante des nappes phréatiques. L'étude menée par (Saghiry et al., 2025) développe un cadre conceptuel intégré visant à optimiser le pilotage des moyens en eau grâce au maillage des retenues d'ouvrages de stockage. La méthode s'appuie sur une évaluation intégrée et détaillée, qui va au-delà des seuls facteurs opératoires pour incorporer des axes écologiques, socio-économiques et de pilotage institutionnel. Ce modèle est validé par l'examen du projet de transfert d'eau entre les bassins du Sebou et du Bouregreg au Maroc. Cette approche répond à la problématique majeure de l'irrégularité spatio-temporelle des précipitations, qui crée un déséquilibre entre le Nord excédentaire et le Sud déficitaire, tout en palliant la complexité technique des transferts massifs et l'effet de la modification atmosphérique sur les retenues de stockage non interconnectées, entraînant des variations du régime hydrologique pouvant affecter leur capacité de stockage et leurs performances opérationnelles. Les résultats démontrent qu'une telle infrastructure permet une optimisation stratégique des stocks en réduisant l'évaporation et les pertes en mer. Le système sécurise l'approvisionnement des pôles urbains comme Rabat et Casablanca avec un transfert annuel de 300 à 400 millions de m³, tout en instaurant un modèle décisionnel capable de prioriser en temps réel l'eau potable par rapport aux besoins agricoles. L'article de (Ouhbi & Hafsa, 2025) propose une évaluation critique de la durabilité des politiques hydriques marocaines, notamment le PNE 2020-2050. Par une approche multidimensionnelle incluant une revue législative (Loi 36-15) et institutionnelle, les auteurs soulignent l'urgence de répondre à une pénurie structurelle où la dotation par habitant chute sous les 600 m³/an. La recherche met en exergue la tension entre une agriculture consommant 80 % des ressources et les besoins domestiques croissants, parallèlement à une surexploitation des nappes phréatiques dépassant un milliard de m³ de déficit annuel.

La recherche met en évidence la nécessité de mettre en place un portefeuille hydrique fondé sur le dessalage (cible : 1,3 milliard de m³ à l'horizon 2030) et la valorisation des eaux usées, afin de

renforcer le rôle des ouvrages de stockage. Bien que l'irrigation localisée (goutte-à-goutte) constitue une avancée, les auteurs insistent sur le fait qu'elle doit s'accompagner d'une régulation stricte des assolements et d'un pilotage déconcentré assuré par les Agences de Bassins Hydrauliques (ABH). Cette stratégie devrait également être soutenue par une politique tarifaire traduisant concrètement la pénurie et la rareté effective de la ressource en eau.

En somme, les différentes contributions analysées convergent vers un même constat : Le Maroc est confronté à une crise de l'eau durable et profonde, marquée par l'effondrement de la dotation par habitant, qui menace à la fois sa sécurité alimentaire, son agriculture oasienne et son développement économique. Cette crise se décline en plusieurs problématiques territorialisées, allant du stress hydrique extrême dans le Souss-Massa et Béni Mellal, aux risques mixtes de pollution et d'inondation sur l'axe Casablanca-Rabat-Fès, en passant par la fragmentation institutionnelle qui freine une gouvernance intégrée et équitable de l'eau. Face à ces défis, les solutions proposées s'articulent autour de deux leviers complémentaires : D'une part, accroître et diversifier la disponibilité de l'eau via le dessalement, le traitement/réemploi des eaux usées et les transferts interbassins ; d'autre part, organiser une meilleure gestion de la demande avec l'irrigation localisée, une tarification basée sur la rareté et des outils innovants comme les Paiements pour Services Environnementaux. Ces réponses convergent enfin vers la nécessité d'une gouvernance décentralisée et différenciée, capable de dépasser le modèle centralisé historique pour adapter chaque intervention aux vulnérabilités spécifiques de chaque territoire.

2. Analyse comparative des études internationales par rapport au Maroc

À l'échelle macroéconomique, la crise hydrique mondiale menace directement la sécurité alimentaire nationale en pesant sur la croissance globale et sur les équilibres commerciaux des pays importateurs. Au Maroc, ce stress hydrique structurel fragilise l'ensemble de l'économie en freinant le PIB agricole et en menaçant les réserves hydriques stratégiques du pays. Alors que les modèles théoriques internationaux prévoient souvent des ajustements macroéconomiques fluides par le biais des marchés mondiaux, la réalité marocaine révèle une vulnérabilité systémique face à la récurrence des sécheresses. Cette confrontation met en évidence l'urgence de déployer des politiques d'investissement public et de planification de grande envergure pour préserver la souveraineté alimentaire et stabiliser la croissance nationale.

2.1. Convergences et divergences dans le diagnostic de la crise

Selon (Noureddine et al., 2021). Analysent la crise hydrique au Maghreb (Maroc, Algérie, Tunisie) à travers une approche comparative régionale. Leur contribution révèle une disponibilité en dessous du seuil de pénurie absolue, avec une focalisation sur la régulation de la demande et le recours aux eaux non conventionnelles.

Pour (Zhang et al., 2021) en étudiant le nord-ouest de la Chine, démontrent que l'agriculture consomme 90 % des ressources hydriques et soulignent un faible découplage entre croissance et consommation d'eau.

D'après (Dinar et al., 2019), appliqué au Maroc, anticipent une hausse de la demande alimentaire de 70 à 100 % d'ici 2050, alors même que le pays se rapproche du seuil de pénurie absolue.

Les deux auteurs établissent un lien fort entre agriculture et pression hydrique. Cependant, Zhang adopte une approche centrée sur l'efficacité sectorielle, tandis que Dinar intègre explicitement la dimension sécurité alimentaire et dépendance extérieure.

2.2. Croissance économique et consommation d'eau : opposition théorique

Selon (Zhou et al., 2024) Leurs résultats montrent, via des modèles SWAT et MEGC, qu'il est possible d'obtenir une croissance de 42,3 % sans hausse de la demande en eau, pour autant que la coordination entre secteurs soit assurée.

À l'inverse, (Hssaisoune et al., 2020), montrent que la croissance et la pression anthropique au Maroc ont entraîné une baisse alarmante des nappes phréatiques et une dégradation saline. Zhou défend une hypothèse optimiste de découplage croissance-eau. Hssaisoune adopte une posture empirique plus prudente, démontrant que, dans le contexte marocain, ce découplage reste difficilement observable sans réforme structurelle profonde. Selon (Using & Data, 2023), l'étude en Asie Centrale montre qu'une augmentation de la productivité agricole réduit les émissions de CO₂, suggérant un potentiel de transition verte.

Pour (Khalid & El Moujahid, 2023), proposent une stratégie intégrée combinant cadre réglementaire et optimisation agricole pour sécuriser les ressources au Maroc. A l'inverse Using

& Data adoptent une perspective économétrique axée sur la relation croissance-environnement. Khalid & El Moujahid traduisent cette logique en proposition stratégique nationale.

2.3.Gouvernance et fragmentation institutionnelle

Selon (Markantonis & Bidoglio, 2019) proposent l'intégration du Nexus Eau-Énergie-Alimentation comme solution aux inefficacités sectorielles.

(Badr et al., 2022), à travers la méthode MACTOR, montrent que la fragmentation institutionnelle au Maroc constitue un frein majeur à la gestion intégrée, avec des déséquilibres de pouvoir entre acteurs dominants.

Markantonis développe un cadre conceptuel normatif pour Badr démontre empiriquement les obstacles à son application dans le contexte marocain.

2.4.Approches sociales et territoriales

En Tunisie, (Mahdhi et al., 2019), identifie des stratégies offensives et défensives adoptées par les irrigants.

(Ouabouch, 2018), dans les oasis marocaines, met en évidence une vulnérabilité multidimensionnelle et une insécurité alimentaire croissante :

Les deux approches partagent une dimension territoriale. Toutefois, Mahdhi analyse les stratégies adaptatives, tandis qu'Ouabouch insiste davantage sur les fragilités structurelles.

2.5.Encouragement des produits agricoles qui consomment moins d'eau

L'évaluation des politiques de gestion de l'eau met en lumière un arbitrage global : développement de cultures de rente très consommatrices d'eau d'un côté, protection durable des ressources de l'autre. À l'échelle internationale, la pression sur les écosystèmes est dictée par des produits phares à forte empreinte écologique ; ainsi, **selon** (Ortiz et al., 2025), la filière de l'avocat au Chili montre comment la demande mondiale (telecoupling) pousse à une expansion agricole agressive et souvent illégale qui, amplifiée par la privatisation des droits d'eau, génère de graves pénuries et des conflits sociaux locaux. La lourde exigence biologique de ce produit est confirmée **selon** (Cárceles

Rodríguez et al., 2023), et **selon** (Gómez-Tagle et al., 2022) qui précisent que la consommation de l'avocatier fluctue de 1,2 mm/jour en hiver à plus de 5 mm/jour en été, tout en prouvant que des stratégies d'irrigation appliquées dans plusieurs pays leaders (Espagne, Israël, Chili) à 75 % de l'évapotranspiration (ETc) permettent d'économiser 25 % d'eau sans altérer le rendement. Pour réussir le déploiement de ces technologies face aux sécheresses, **selon** (Reints et al., 2020), l'exemple de la Californie démontre que la durabilité de ces cultures à forte intensité d'eau dépend du regroupement (*bundling*) des innovations et de facteurs informationnels essentiels, notamment l'accès aux dispositifs de vulgarisation agricole et le niveau d'instruction des producteurs. Cependant, la comparaison avec le cas marocain révèle que l'introduction d'outils d'efficience sans contrôle volumétrique global produit un effet inverse : **selon** (Benabderrazik et al., 2021), les subventions du Plan Maroc Vert pour le goutte-à-goutte ont paradoxalement accéléré l'épuisement des nappes phréatiques en stimulant la production intensive de la tomate, créant un risque d'effondrement financier pour les petits producteurs de plein champ d'ici 2030 face aux grands agro-exportateurs sous serre. Ce choix stratégique axé sur des produits "assoiffés" installe un contresens macroéconomique majeur ; **selon** (Boudhar et al., 2023), le commerce d'eau virtuelle du Maroc est dominé à 72,47 % par les légumes (tomates, olives) et à 27,12 % par les fruits (agrumes, fraises), ce qui accentue la pression sur des bassins déjà critiques. **Selon** (Benabderrazik et al., 2022), cette exportation cumulée de 95,03 Gm³ d'eau à travers des cultures de rente hydro-intensives contredit frontalement la théorie du commerce international qui exigerait qu'un pays en stress hydrique préserve sa ressource en important les produits les plus énergivores, imposant de restructurer les subventions et d'ajuster la carte agricole. L'impact de ces spéculations se répercute sur toute l'économie nationale puisque, **selon** (Boudhar et al., 2017), Avec une dotation critique de 730 m³/hab/an, le pays doit évoluer d'une logique d'offre vers une gestion de la demande (modèle Input-Output). Ainsi, une hausse de 20 % de la demande industrielle dans l'agroalimentaire portant sur des cultures fortement consommatrices provoquerait, par diffusion des effets, une hausse de 8 % de la consommation totale d'eau. Enfin, selon (Sraïri et al., 2022), ce modèle axé sur le maraîchage et l'arboriculture d'exportation mène à une double impasse écologique et sociale, car ces cultures épuisent irréversiblement les nappes avec des consommations supérieures à 20,000 m³ ha tandis que l'élevage traditionnel n'offre plus de revenus décents, ce qui oblige à abandonner la

course aux produits à forte consommation d'eau pour bâtir l'avenir sur la conservation de la ressource et la création d'emplois ruraux non agricoles.

2.6. Les défis de la recherche

Dans plusieurs contextes, notamment dans les pays du pourtour méditerranéen et dans certaines régions d'Asie, les séries statistiques portant sur l'eau et l'agriculture sont souvent marquées par des informations manquantes, des discontinuités temporelles et une incertitude notable. Cela limite la robustesse des estimations économétriques et peut introduire des biais dans les résultats. De plus, les données sur les nappes souterraines, souvent surexploitées, sont parfois insuffisamment actualisées. Cela rend difficile une évaluation rigoureuse de la soutenabilité des ressources à long terme.

Au niveau international, certaines études adoptent une approche macroéconomique très agrégée, qui tend à négliger les disparités territoriales et sociales. Les modèles globaux peuvent masquer les inégalités d'accès à l'eau entre zones urbaines et rurales, ou entre grandes exploitations agricoles et petits agriculteurs. Cette vision agrégée limite la compréhension des effets distributifs des politiques hydriques, notamment en matière de justice sociale et de sécurité alimentaire. En outre, l'approche technico-économique dominante accorde parfois une place secondaire aux dynamiques culturelles, institutionnelles et comportementales, pourtant déterminantes dans la gestion des ressources communes.

Plusieurs travaux mettent en lumière la sévérité de la crise et proposent des orientations stratégiques pertinentes, toutefois sans toujours les étayer par des modélisations chiffrées approfondies permettant d'en apprécier la portée macroéconomique effective. Par ailleurs, le volet prospectif demeure parfois restreint, en particulier lorsqu'il s'agit d'estimer les charges budgétaires associées aux investissements (dessalement, interconnexion des barrages, modernisation agricole) ou d'évaluer, sur le long terme, leurs effets sur l'endettement public et la compétitivité sectorielle.

Une autre limite transversale concerne l'insuffisante intégration entre les dimensions environnementales, économiques et institutionnelles. Bien que certaines études évoquent l'approche intégrée ou le Nexus Eau-Énergie-Alimentation, peu d'analyses parviennent réellement

à articuler ces dimensions dans un cadre opérationnel cohérent. La coordination intersectorielle est souvent présentée comme une solution théorique, mais les mécanismes institutionnels concrets permettant sa mise en œuvre restent insuffisamment explorés. Cela crée un décalage entre la conceptualisation stratégique et la faisabilité politique.

Enfin, une limite partagée entre les travaux nationaux et internationaux concerne l'intégration insuffisante de l'incertitude climatique. Les scénarios climatiques à venir présentent un niveau d'incertitude élevé, lié aux trajectoires des émissions, aux variations régionales et aux événements extrêmes. Or, de nombreuses études utilisent des hypothèses climatiques relativement linéaires, ce qui peut sous-estimer les risques systémiques liés aux sécheresses prolongées ou aux chocs extrêmes. L'absence d'analyses robustes de sensibilité ou d'approches probabilistes avancées réduit la capacité d'anticipation stratégique.

En somme, bien que ces études constituent une base scientifique solide pour l'élaboration des politiques hydriques, leurs limites tiennent principalement à la simplification des modèles, aux contraintes de données, au caractère parfois normatif des recommandations et à une intégration encore incomplète des dimensions institutionnelles et sociales. Une recherche future plus interdisciplinaire, combinant modélisation économique, analyse institutionnelle, approche territoriale et évaluation sociale, permettrait de renforcer la pertinence et l'opérationnalisation des stratégies proposées face à la pénurie hydrique.

Conclusion

La politique hydrique du Maroc doit opérer une transition structurelle en dépassant l'approche traditionnelle par l'offre caractérisée par de lourds investissements publics dans des infrastructures de dessalement à forte intensité capitalistique au profit d'une régulation macroéconomique axée sur la gestion de la demande. Ce changement implique d'intégrer la rareté de la ressource dans le calcul économique national via des mécanismes de tarification favorisant les comportements adéquats et des instruments fiscaux capables de guider l'affectation optimale des facteurs de production au niveau macro-sectoriel. Pour préserver la trajectoire de croissance potentielle du Royaume face au choc exogène du changement climatique, il est crucial d'intégrer les modèles prospectifs globaux de croissance verte fondés sur le découplage absolu entre la création de valeur (PIB) et l'empreinte hydrique tout en les calibrant selon les rigidités structurelles de l'économie marocaine. *In fine*, la viabilité à long terme du sentier de développement national et la viabilité des finances publiques reposent sur l'arbitrage coordonné du nexus Eau-Énergie-Agriculture (au sein d'un modèle d'équilibre général), soutenu par un cadre de gouvernance institutionnelle modernisé capable d'ériger l'efficacité hydrique en déterminant clé de la productivité globale des facteurs.

Bibliographer

Articles scientifiques

- An, Y., Li, Q., & Zhang, L. (2025). *Managing Agricultural Water Use in a Changing Climate in China* © 2022 Institution of Chemical Engineers . This manuscript version is made available under the CC-BY-NC-ND 4 . 0 license <https://creativecommons.org/licenses/by-nc->.
- Badr, M. B., Mahrad, E., Adina, G., Aniss, E., El, L., Mohamed, M., Ali, E., & Samir, E. (2022). *Stakeholders ' Interaction in Water Management System : Insights from a MACTOR Analysis in the R ' Dom Sub-basin , Morocco*. 5. <https://doi.org/10.1007/s00267-022-01773-x>
- Benabderrazik, K., Kopainsky, B., Monastyrnaya, E., Thompson, W., Tazi, L., Joerin, J., & Six, J. (2022). Climate resilience and the human-water dynamics. The case of tomato production in Morocco. *Science of the Total Environment*, 849. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157597>
- Benabderrazik, K., Kopainsky, B., Tazi, L., Joerin, J., & Six, J. (2021). Agricultural intensification can no longer ignore water conservation – A systemic modelling approach to the case of tomato producers in Morocco. *Agricultural Water Management*, 256(August 2021), 107082. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107082>
- Boudhar, A., Boudhar, S., & Ibourk, A. (2017). An input–output framework for analysing relationships between economic sectors and water use and intersectoral water relationships in Morocco. *Journal of Economic Structures*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s40008-017-0068-9>
- Boudhar, A., Boudhar, S., Oudgou, M., & Ibourk, A. (2023). Assessment of Virtual Water Flows in Morocco's Foreign Trade of Crop Products. *Resources*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/resources12040049>

- Cárceles Rodríguez, B., Durán Zuazo, V. H., Franco Tarifa, D., Cuadros Tavira, S., Sacristan, P. C., & García-Tejero, I. F. (2023). Irrigation Alternatives for Avocado (*Persea americana* Mill.) in the Mediterranean Subtropical Region in the Context of Climate Change: A Review. *Agriculture (Switzerland)*, 13(5). <https://doi.org/10.3390/agriculture13051049>
- Cardona, J. A., Segovia, O. C., Böttger, S., Medellín, N. A., Cavallo, L., Ribeiro, I. E., & Schlüter, S. (2017). Reuse-oriented decentralized wastewater and sewage sludge treatment for rural settlements in Brazil : a cost – benefit analysis. *Desalination and Water Treatment*, 91, 82–92. <https://doi.org/10.5004/dwt.2017.21421>
- Chebil, A., Bahri, W., & Frija, A. (2013). Mesure et déterminants de l’efficacité d’usage de l’eau d’irrigation dans la production du blé dur: Cas de Chabika (Tunisie). *New Medit*, 12(1), 49–55.
- Climatique, C., Les, S. U. R., En, R., Le, E. A. U., Espagne, C. A. S. D. E. L., Gracia-de-rentería, P., Pérez-zabaleta, A., Escalera-izquierdo, G., Gracia-de-rentería, P., Pérez-zabaleta, A., & Escalera-izquierdo, G. (2019). *L ’ ÉCONOMIE CIRCULAIRE COMME OUTIL POUR ATTÉNUER LES EFFETS DU CLIMAT ÉVOLUTION DES RESSOURCES EN EAU : LE CAS DE L ’ ESPAGNE . d*, 1–5.
- DFOUF, S., FAIDI, A., & LAKHYAR, Z. (2024). Analyse et prévision du stress hydrique au Maroc Une approche modélisatrice avec le modèle ARIMA. *International Journal of Economics and Management Sciences*, 3(1), 85–106.
- Dionisio, C. P., Standardi, G., Gil-garcía, L., & Guti, C. (2022). *Assessing farmers ’ adaptation responses to water conservation policies through modular recursive hydro-micro-macro-economic modeling*. 360(May 2021). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132208>
- Grafton, R. Q., & Chu, L. (2023). *The price and value of water : An economic review*.

- Hafid, H. (2024). *Climate change and water resources : A comparative study in the MAGHREB* To cite this version : HAL Id : hal-04528259 *Climate change and water resources : A comparative study in the MAGHREB* *Changement climatique et ressources en eau : Une étude comparative*.
- MADHER Khalid, & ELMOUTAOUKIL Abdelkader. (2024). Risques Hydriques au Maroc : Similitudes et Divergences entre régions MADHER, K 1 et ELMOUTAOUKIL Water Risks in Morocco: Similarities and Differences among Regions. *Revue Ame*, 6, 165–183. <https://revues.imist.ma/?journal=AME>
- Mahdhi, N., Sghaier, M., Fouzai, A., & Kadri, N. (2019). Eau et changement climatique: Quelles stratégies d'adaptation pour la gestion de l'eau d'irrigation dans le sud-est tunisien. *New Medit*, 2019(1), 15–28. <https://doi.org/10.30682/nm1901b>
- Markantonis, V., & Bidoglio, G. (2019). *Can the Implementation of the Water-Energy-Food Nexus Support Economic Growth in the Mediterranean Region ? The Current Status and the Way Forward*. 7(July), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00084>
- Mrani, Youssef. Productivité de l'Eau Agricole . ORMVA du Haouz, dans le cadre d'un protocole d'accord avec la FAO, 28 août 2017
- Menu, P. D. F., & Charrette, R. (2017). *Vers l ' adaptation des systèmes de ressources en eau aux changements climatiques et socio - économiques*.
- Mohammed EL YOUSRYN, F. H. (2024). La Pénurie d'Eau au Maroc : Entre Gestion et Répartition. *International Journal of Economics and Management Sciences*, 3(1), 01–25.
- MOHAMMED, T., & AL-AMIN, A. Q. (2018). Climate change and water resources in Algeria: vulnerability, impact and adaptation strategy. *Economic and Environmental Studies*, 18(45), 411–429. <https://doi.org/10.25167/ees.2018.45.23>
- Ortiz, A. M. D., Baeza-González, S., Jensen, M., Huaico Malhue, A., Lavín-Oviedo, U., & Celis-Diez, J. L. (2025). Telecoupled social-ecological systems: The case of avocado in Chile. *Global Sustainability*, 8. <https://doi.org/10.1017/sus.2025.10011>

- Reints, J., Dinar, A., & Crowley, D. (2020). Dealing with water scarcity and salinity: Adoption of water efficient technologies and management practices by California Avocado growers. *Sustainability (Switzerland)*, 12(9). <https://doi.org/10.3390/SU12093555>
- Sapino, F., Hazimeh, R., Dionisio, C. P., & Jaafar, H. H. (2024). *Socioeconomic impact of agricultural water reallocation policies in the Upper Litani Basin (Lebanon) : a remote sensing and microeconomic ensemble forecasting approach*. 296(April 2023). <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.108805>
- Scientifique, C. (2020). *Économie agricole mondiale : pénurie d'eau*. 6.
- Sraïri, M. T., Assis, L., & Bentahar, K. (2022). Water Scarcity and Work Constraints in Semi-Arid Agricultural Regions: Current Challenges and Future Intervention Strategies. *Global Journal of Agricultural Innovation, Research & Development*, 9(212), 110–121. <https://doi.org/10.15377/2409-9813.2022.09.9>
- Tountou, M., Laib, Y., & Boudeghdegh, A. (2020). Management of water resources sector to face climatic shocks in Algeria: A dynamic CGE model analysis. *Environmental and Socio-Economic Studies*, 8(1), 48–55. <https://doi.org/10.2478/enviro-2020-0006>
- Using, E., & Data, P. (2023). *The Nexus between Agriculture , Water , Energy and*.
- Wang, S., Yang, J., Wang, A., Yan, Y., & Liu, T. (2022). *Coupled coordination of water resources – economy – ecosystem complex in the Henan section of the Yellow River basin*. 22(12), 8835–8848. <https://doi.org/10.2166/ws.2022.410>
- Wang, T., Jian, S., Wang, J., & Yan, D. (2022). Dynamic interaction of water – economic – social – ecological environment complex system under the framework of water resources carrying capacity. *Journal of Cleaner Production*, 368(May), 133132. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133132>