Aménagement territorial et vulnérabilité hydrique : la ville de Tinghir et son arrière-pays oasien

Lahcen AZOUGARH
Laboratoire Environnement, Développement et Gestion de l'Espace,
Université Ibn Tofail
lahcen.azougarh@uit.ac.ma
Maroc

Résumé :

Aujourd'hui, les villes marocaines sont confrontées à de nombreux défis en matière de développement durable, parmi lesquels la sécurité hydrique constitue un enjeu majeur pour la stabilité et la résilience des territoires. La rareté des ressources en eau dans les espaces oasiens, conjuguée à leur vulnérabilité, fait émerger un risque croissant de pénurie, accentué par la surexploitation des ressources et la succession des cycles de sécheresse.

La ville de Tinghir, dont la population a quadruplé depuis 1994, est aujourd'hui confrontée à un déséquilibre hydrique résultant de l'interaction entre les fluctuations climatiques, les mutations anthropiques et les transformations spatiales. Dans ce contexte, cette réflexion vise à analyser l'action conjuguée de ces facteurs et leurs effets sur les dynamiques territoriales, en mettant l'accent sur les enjeux d'aménagement liés à la gestion des ressources en eau. Ces transformations ont progressivement façonné un espace urbain et son arrière-pays oasien en quête d'un nouvel équilibre entre croissance urbaine, développement territorial et disponibilité des ressources hydriques.

Pour atténuer l'ampleur de ce déséquilibre et renforcer la résilience hydrique de cette ville oasienne, l'aménagement territorial doit s'appuyer sur des approches intégrées et participatives. Dans cette perspective, la mise en œuvre de projets communautaires de mobilisation, de préservation et de rationalisation de l'eau constitue une piste d'action prioritaire. Ces initiatives, fondées sur une gouvernance participative, pourraient contribuer à une gestion plus durable de la ressource, tout en valorisant les savoir-faire locaux et en renforçant la capacité du territoire à faire face aux pressions hydriques futures.

Mots clés : Dynamique territoriale ; vulnérabilité hydrique ; enjeux d'aménagement ; gouvernance et résilience.

© Authors. Licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 (CC BY-NC 4.0) non-commercial reuse with attribution
https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/

Abstract :

Today, Moroccan cities face numerous challenges related to sustainable development, among which water security has become a major concern for the stability and resilience of territories. The scarcity of water resources in oasis areas, combined with their vulnerability, is generating a growing risk of water shortages, exacerbated by the overexploitation of resources and the recurrence of drought cycles. The city of Tinghir, whose population has quadrupled since 1994, is currently facing a water imbalance resulting from the interaction between climatic fluctuations, anthropogenic changes, and spatial transformations. In this context, this study aims to analyze the combined effects of these factors on territorial dynamics, with particular emphasis on planning challenges related to water resource management. These transformations have progressively shaped the urban area and its surrounding oasis hinterland into a territory seeking a new balance between urban growth, territorial development, and the availability of water resources.

To mitigate the extent of this imbalance and strengthen water resilience in this oasis city, territorial planning should rely on integrated and participatory approaches. From this perspective, the implementation of community-based projects for water mobilization, conservation, and rational use constitutes a potential local priority. Based on participatory governance, such initiatives could contribute to more sustainable water-resource management while promoting local knowledge and strengthening the territory's capacity to cope with future water pressures.

© Authors. Licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 (CC BY-NC 4.0) non-commercial reuse with attribution
https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/

Introduction :

Devenue une ressource rare, vulnérable et inégalement répartie, l'eau se trouve aujourd'hui au cœur des préoccupations de la communauté internationale et des politiques publiques. Les enjeux humains, sociaux, économiques, environnementaux et sanitaires associés à la disponibilité et à l'accès à cette ressource sont particulièrement importants dans les pays en développement[1]. La question de l'eau constitue ainsi un enjeu majeur de développement et d'aménagement des territoires, dans la mesure où sa disponibilité conditionne à la fois l'implantation des populations, les activités économiques, les dynamiques urbaines et l'équilibre des écosystèmes. Dans cette perspective, la communauté internationale s'était engagée, lors du Sommet du Millénaire de New York en 2000, à réduire de moitié la proportion de la population n'ayant pas accès à l'eau potable ou ne disposant pas des moyens nécessaires pour s'en procurer (ONU, 2000).

Au Maroc, la pression croissante exercée sur les ressources en eau s'inscrit dans un contexte marqué par une diminution de la disponibilité des ressources, une demande en augmentation et une succession de périodes de sécheresse. Cette situation fait du risque hydrique un enjeu majeur d'aménagement et de développement territorial, susceptible d'accentuer les disparités entre les territoires en matière d'accès, d'usage et de sécurisation de la ressource. Ces disparités sont particulièrement perceptibles dans les espaces oasiens du Sud marocain, notamment le long du corridor oasien allant de Figuig à Guelmim, où les conditions climatiques subarides, la récurrence des sécheresses et la fragilité des systèmes hydriques se conjuguent à une pression démographique et urbaine croissante. Dans ces territoires, l'accroissement des besoins en eau et la transformation des modes d'occupation et d'utilisation de l'espace posent de nouveaux défis aux politiques d'aménagement et de gestion des ressources hydriques.

C'est dans ce contexte que s'inscrit cette réflexion consacrée à la ville oasienne de Tinghir et à son arrière-pays de Toudgha, dans le Centre-Sud marocain. Cet espace connaît de profondes mutations démographiques, urbaines et socio-économiques qui reconfigurent progressivement les relations entre la ville, l'agriculture oasienne et les ressources en eau. La croissance urbaine, l'évolution des usages de l'eau, les transformations des espaces agricoles et les pressions exercées sur les ressources hydriques s'articulent à des contraintes climatiques de plus en plus marquées. L'enjeu ne se limite donc plus à la disponibilité de l'eau, mais concerne également la capacité du territoire à organiser, aménager et adapter ses espaces et ses usages face à une ressource devenue plus incertaine.

Dès lors, l'article s'interroge sur les interactions entre les dynamiques climatiques, anthropiques et spatiales qui contribuent à la vulnérabilité hydrique de Tinghir et de son arrière-pays oasien. Il cherche plus précisément à comprendre comment les transformations urbaines et territoriales reconfigurent les pressions exercées sur les ressources en eau, et dans quelle mesure les stratégies d'adaptation et les choix d'aménagement peuvent contribuer à réduire cette vulnérabilité et à renforcer la résilience hydrique du territoire. L'analyse porte ainsi sur les relations entre vulnérabilité hydrique, dynamiques territoriales et aménagement, afin d'identifier des pistes susceptibles de favoriser un meilleur équilibre entre développement urbain, activités oasiennes, préservation des ressources et résilience territoriale.

1. Méthodes et approches :

L'analyse de la vulnérabilité hydrique de la ville de Tinghir et de son arrière-pays oasien s'inscrit dans une approche interdisciplinaire et territoriale, nécessaire pour appréhender la

[1] Makkaoui R., 2009, Réflexion sur les formes d'action collective et la gouvernance des ressources en eau dans les pays en développement, thèse pour le doctorat en sciences économiques, Université de Versailles Saint-Quentinen-Yvelines.

© Authors. Licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 (CC BY-NC 4.0) non-commercial reuse with attribution
https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/

complexité des interactions entre ressources en eau, dynamiques climatiques, croissance démographique, mutations spatiales et activités économiques. Cette démarche mobilise ainsi des apports issus de plusieurs champs disciplinaires, notamment l'hydrologie, la climatologie, la démographie, l'économie et la géographie, afin de mettre en évidence les facteurs qui contribuent à la fragilisation de la ressource et leurs implications en matière d'aménagement territorial.

Dans un premier temps, l'évolution des conditions climatiques a été appréhendée à travers l'analyse des données pluviométriques de la station hydrologique d'Aït Boujjane, située dans la ville de Tinghir. Cette analyse permet d'identifier les principales tendances et fluctuations pluviométriques susceptibles d'influencer la disponibilité de la ressource en eau. Dans un deuxième temps, l'étude s'est intéressée à l'évolution des besoins en eau potable et industrielle de la ville de Tinghir et de son arrière-pays, afin de mettre en relation l'évolution de la demande avec les capacités et les contraintes de mobilisation de la ressource. Cette approche permet ainsi d'appréhender les déséquilibres entre offre et demande en eau et leurs conséquences sur l'organisation et l'aménagement du territoire.

Enfin, notre logique méthodologique poursuit trois niveaux d'analyse illustrés dans le tableau suivant :

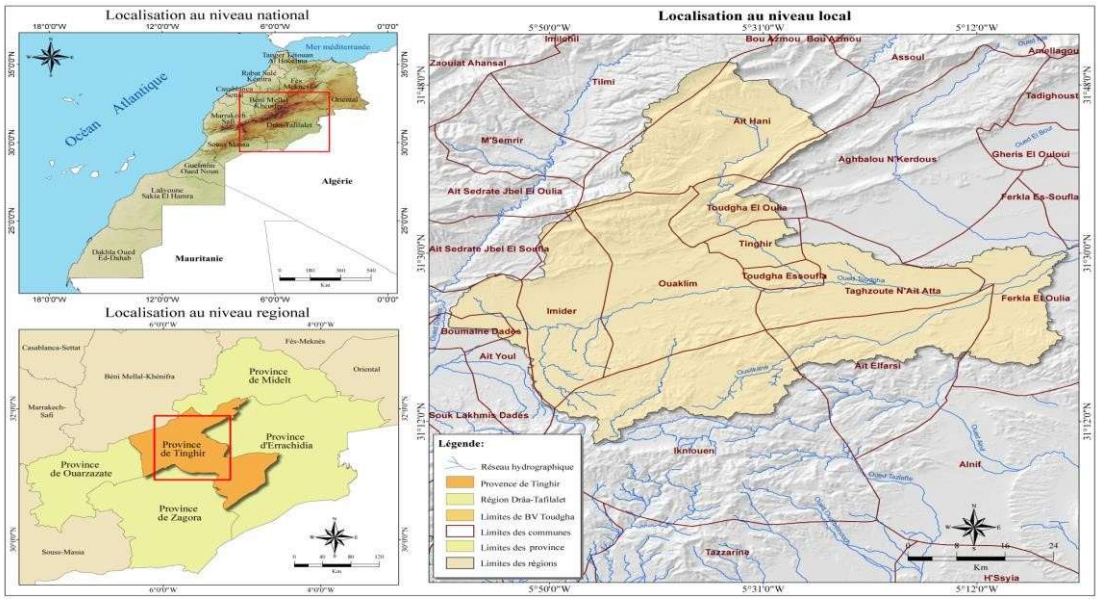
Tableau 1 : les étapes d'analyse de notre méthodologie

Niveau	Données / approche	Finalité
Climatique	Données pluviométriques d'Aït Boujjane	Identifier la pression climatique sur la ressource
Territorial	Besoins en eau potable et industrielle	Mesurer le déséquilibre offre/demande et ses implications pour l'aménagement
Local et participatif	Projet communautaire	Analyser les réponses locales, la gouvernance et l'adaptation

2. Description de la zone d'étude :

La ville de Tinghir s'inscrit géographiquement au sein de l'oasis de Toudgha, qui constitue une portion du bassin du même nom, relevant administrativement de la province de Tinghir (carte 1).

© Authors. Licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 (CC BY-NC 4.0) non-commercial reuse with attribution
https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/



Carte 1 : Localisation du bassin oasien de Toudgha dans la province de Tinghir.

Source : L.AZOUGARH, 2023

La zone d'étude appartient en grande partie au domaine présaharien et forme, avec son arrière-pays, une entité territoriale relativement homogène sur les plans géologique, morphologique, climatique et végétal. Son fonctionnement hydrologique est étroitement lié aux apports provenant du Haut Atlas, dont les montagnes assurent l'essentiel de l'alimentation des cours d'eau, des écoulements de crue et, indirectement, des ressources hydriques souterraines.

La ville de Tinghir est traversée par l'oued Toudgha, qui joue un rôle structurant dans le fonctionnement de l'oasis. Il contribue à l'irrigation des espaces agricoles situés en amont et participe à la recharge de la nappe phréatique dans les secteurs situés en aval. Cette interdépendance entre eaux superficielles, eaux souterraines, agriculture oasienne et espace urbain confère à l'oued une fonction essentielle dans l'organisation et l'aménagement du territoire.

Située en amont du bassin, la station d'Aït Boujjane constitue la principale station météorologique fonctionnelle mobilisée dans le cadre de cette étude. Les précipitations annuelles y atteignent en moyenne environ 143 mm, avec une forte irrégularité interannuelle. Le territoire se caractérise ainsi par un climat à dominante aride, marqué par la faiblesse des précipitations et une aridité prononcée, ce qui accentue la dépendance du système oasien aux ressources hydriques issues du Haut Atlas et aux mécanismes de mobilisation et de gestion de l'eau.

Sur le plan démographique, le bassin de Toudgha comptait 93 294 habitants en 2014 (RGPH), avec une population caractérisée par une diversité sociale et un brassage historique des groupes et communautés locales. Cette dynamique démographique s'accompagne de transformations importantes des fonctions et des usages de l'espace. L'extension urbaine, le développement des activités agricoles, touristiques et industrielles ainsi que l'évolution des besoins en eau exercent une pression croissante sur les ressources disponibles.

Ainsi, la zone d'étude apparaît comme un territoire oasien en mutation, où se confrontent des fonctions urbaines, agricoles, touristiques et productives, dans un contexte de fortes

© Authors. Licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 (CC BY-NC 4.0) non-commercial reuse with attribution
https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/

contraintes climatiques et hydriques. Ces dynamiques posent des enjeux importants en matière d'aménagement territorial, notamment en ce qui concerne la maîtrise de l'expansion urbaine, la préservation des espaces oasiens, la gestion des ressources en eau et la recherche d'un équilibre durable entre les différents usages du territoire.

3. Résultats et discussions :

3.1 Conditions climatiques contraignantes et enjeux d'aménagement hydrique:

Les conditions naturelles, et particulièrement les caractéristiques climatiques, constituent un facteur déterminant dans le fonctionnement et l'organisation des activités humaines dans la ville oasienne de Tinghir et son arrière-pays. À l'échelle du Sud-Est marocain, l'aridité représente l'une des principales contraintes du milieu. Elle se traduit notamment par de faibles précipitations, généralement comprises entre 140 et 150 mm par an en moyenne, ainsi que par des températures élevées durant une grande partie de l'année[1]. Ces caractéristiques climatiques contribuent à limiter la disponibilité des ressources hydriques et constituent, par conséquent, une contrainte importante pour le développement des activités agricoles, urbaines et économiques.

Par ailleurs, l'exposition de la région aux influences sahariennes favorise une évaporation importante et une faible humidité atmosphérique. La combinaison de ces facteurs accentue le déficit hydrique du milieu et renforce la dépendance du système oasien à l'égard des ressources en eau provenant du Haut Atlas, des écoulements de surface et des eaux souterraines. Dans ce contexte, les conditions climatiques ne constituent pas uniquement une contrainte environnementale ; elles représentent également un enjeu majeur d'aménagement et de gestion des ressources hydriques, particulièrement dans un territoire soumis à une croissance des besoins en eau.

Afin de caractériser l'irrégularité pluviométrique et d'identifier les périodes présentant un déficit par rapport aux conditions moyennes, plusieurs méthodes peuvent être mobilisées. Dans le cadre de cette étude, nous avons retenu une méthode simple fondée sur l'écart à la moyenne pluviométrique. Celle-ci consiste à comparer, pour chaque année d'observation, le cumul annuel des précipitations à la moyenne pluviométrique de l'ensemble de la période étudiée. L'écart est exprimé selon la formule suivante :

$$D = P - Pm$$

où D représente l'écart pluviométrique, P le total annuel des précipitations et Pm la moyenne annuelle des précipitations sur la période considérée.

Un écart négatif traduit ainsi une année caractérisée par un déficit pluviométrique par rapport à la moyenne, tandis qu'un écart positif indique une année plus humide que la moyenne. L'analyse de cette variabilité permet d'identifier les périodes de déficit susceptibles d'accroître la pression sur les ressources hydriques et, par conséquent, de mettre en évidence certains des facteurs climatiques à prendre en compte dans les stratégies d'aménagement, d'adaptation et de résilience hydrique du territoire de Tinghir.

De plus, l'ouverture aux influences sahariennes de cette zone favorise une forte évaporation et une hygrométrie réduite, ces facteurs ont fragilisé les ressources hydriques pendant de longues périodes. Il existe plusieurs méthodes pour appréhender le déficit en précipitations, mais on va se contenter d'une méthode simple, celle de l'écart à la moyenne. Le principe est de

[1] Azougarh, L ; Mouline A.M, 2020 : Des ressources en eau fragiles face à la variabilité climatique et l'activité anthropique dans le sous bassin Toudgha (sud-est marocain) / Journal International Sciences et Technique de l'Eau et de l'Environnement, Volume (V) - Numéro 2 - Décembre 2020, pp. 61-67, 153 pages.

© Authors. Licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 (CC BY-NC 4.0) non-commercial reuse with attribution
https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/

présenter la différence du total annuel des précipitations et la moyenne de toutes les années d'observation ; sous la formule (P - Pm) ; pour obtenir les résultats suivants :

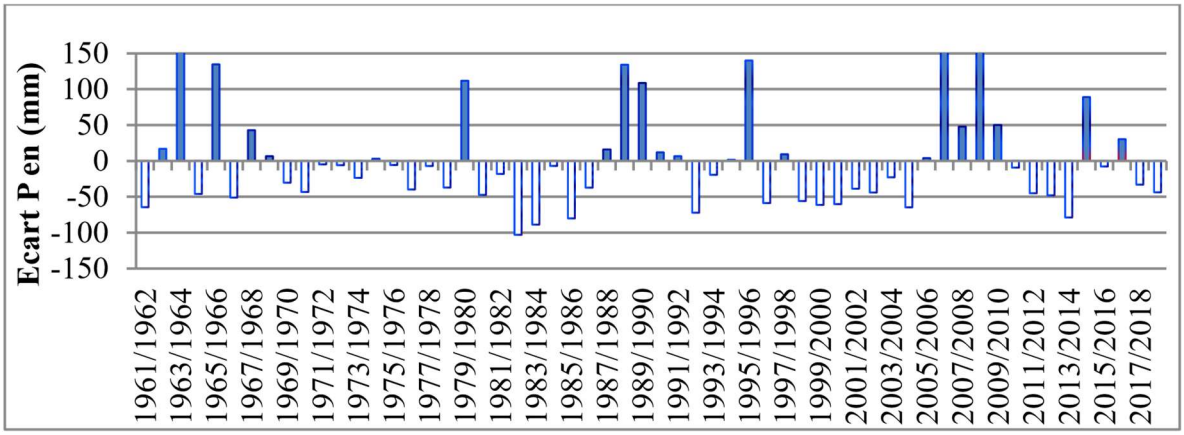


Figure 1 : Écart pluviométrique annuel, station Aït Boujjane (1962-2020).

Source : L.AZOUGARH, 2023

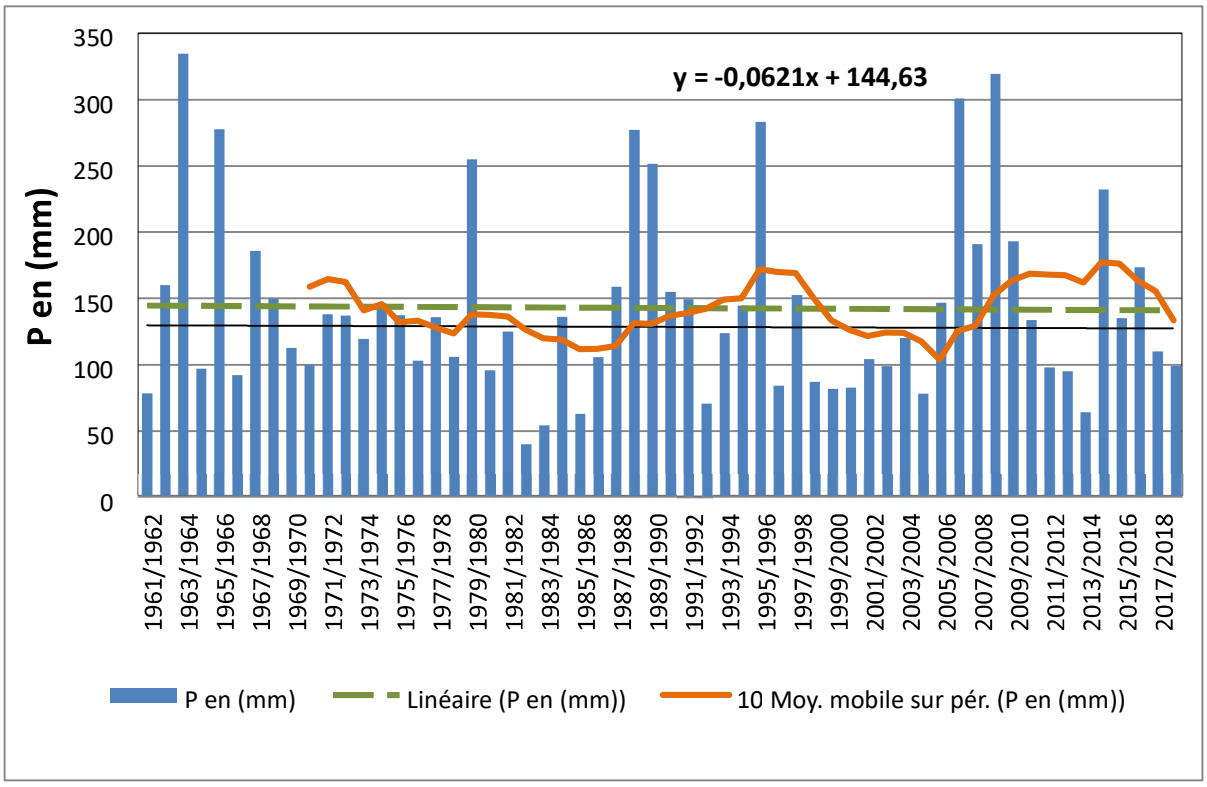


Figure 2 : la moyenne mobile de la pluviométrie (station Aït Boujjane (1962-2019))

Source : L.AZOUGARH, 2023

L'examen des figures met ainsi en évidence deux éléments majeurs :

- Une tendance générale à la baisse de la pluviométrie annuelle totale enregistrée à la station d'Aït Boujjane, sous réserve de la confirmation de cette tendance par un test statistique approprié ;

© Authors. Licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 (CC BY-NC 4.0) non-commercial reuse with attribution
https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/

- Une évolution à la baisse des précipitations neigeuses dans les hauts reliefs du Haut Atlas, susceptible d'affecter les apports hydriques saisonniers et, par conséquent, le fonctionnement du système hydrologique dont dépend l'oasis de Toudgha.

Ces évolutions climatiques constituent une contrainte importante pour l'aménagement et la gestion des ressources hydriques, notamment dans un territoire où les besoins en eau sont simultanément soumis à une croissance démographique et à une diversification des usages.

3.2 Accroissement démographique et multiplication des besoins :

Parallèlement aux contraintes climatiques, l'évolution démographique constitue un autre facteur majeur de pression sur les ressources hydriques et sur les conditions d'aménagement du territoire. Depuis les années 1970, Tinghir et son arrière-pays connaissent une croissance démographique relativement soutenue. La population, qui avoisinait 40 000 habitants au début de la période considérée, a franchi le seuil de 80 000 habitants au milieu des années 2000 (Tab. 1). Selon le Recensement général de la population et de l'habitat (RGPH), la population de la ville de Tinghir et de sa périphérie atteignait 93 294 habitants en 2014.

Cette progression démographique s'accompagne d'une augmentation des besoins en eau domestique, agricole, industrielle et touristique. Elle contribue également à l'extension de l'espace bâti et à la transformation progressive des usages du sol. Ainsi, la croissance de la population ne constitue pas uniquement un facteur quantitatif d'augmentation de la demande en eau ; elle participe également à une reconfiguration des fonctions et des usages du territoire, posant de nouveaux défis en matière d'aménagement.

La convergence entre irrégularité pluviométrique, évolution des apports hydriques et croissance des besoins contribue dès lors à accentuer le déséquilibre entre les ressources disponibles et les demandes croissantes. Cette situation pose la question de la capacité des dispositifs actuels d'aménagement et de gestion à anticiper l'évolution de la demande, à préserver les ressources et à assurer un équilibre durable entre les différents usages de l'eau dans le territoire oasien de Tinghir.

Tableau 2 : Évolution de la population du bassin Toudgha.

Années de recensement	**1960**	**1971**	**1982**	**1994**	**2004**	**2014**
Population de centre urbain et sa périphérie (hab)	37.369	41.535	55.970	73.562	81.374	93.294

Source : HCP (1994, 2004, 2014) et MEHDAN, M. (2006).

Entre 1960 et 2014, la population de Tinghir a augmenté de plus de 55 000 habitants, correspondant à un taux de croissance annuel moyen de 1,71 %. Ce rythme apparaît supérieur aux taux enregistrés à l'échelle régionale et nationale, estimés respectivement à 0,9 % et 1,25 %. Cette dynamique démographique a contribué à renforcer les besoins en équipements, en services et en ressources, notamment en eau, tout en participant à l'extension et à la transformation de l'espace urbain.

3.3 Pression démographique et transformation du paysage hydrique:

L'accroissement démographique et l'urbanisation exercent une pression croissante sur les ressources hydriques de Tinghir et de son arrière-pays. Cette pression se traduit notamment par

© Authors. Licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 (CC BY-NC 4.0) non-commercial reuse with attribution
https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/

une diminution de la disponibilité théorique de l'eau par habitant et par une augmentation des besoins domestiques, agricoles et économiques. Elle est davantage accentuée lors des périodes de sécheresse et par l'augmentation des rejets d'eaux usées et des pollutions d'origine agricole et industrielle, qui affectent à la fois la quantité et la qualité des ressources disponibles.

La disponibilité théorique de 1 000 m³/hab/an en 1994 masque toutefois les disparités liées aux capacités réelles de mobilisation de la ressource. Selon le PDAIRE de Guir-Ziz-Ghéris et Maïder, la disponibilité en eau mobilisée par habitant serait passée de 566 m³/an en 1994 à 476 m³/an en 2004, traduisant une situation de tension hydrique croissante. Cette évolution souligne que la vulnérabilité hydrique ne dépend pas uniquement de la croissance démographique, mais également des capacités de mobilisation, des modes de gestion, de l'occupation du sol et de l'évolution des usages.

L'exode rural et l'extension urbaine participent par ailleurs à la transformation du paysage oasien. L'expansion de l'habitat empiète progressivement sur certains espaces agricoles, tandis que la recherche de nouvelles sources d'approvisionnement en eau accompagne l'extension des activités urbaines et agricoles. La dégradation du couvert végétal accentue également l'érosion des sols et peut affecter les mécanismes naturels d'infiltration et de recharge des nappes. Ces transformations constituent ainsi des enjeux majeurs d'aménagement, appelant une meilleure articulation entre développement urbain, préservation des espaces agricoles et gestion durable des ressources hydriques.

3.4. Approvisionnement en eau potable et diversité des modes de gestion :

L'amélioration de l'accès à l'eau potable constitue un enjeu central de l'aménagement du territoire de Tinghir et de son arrière-pays. Au cours des dernières décennies, des efforts importants ont été engagés pour renforcer la desserte des populations. Dans l'espace urbain, l'ONEE – Branche Eau constitue l'un des principaux acteurs de l'approvisionnement en eau potable. Dans les localités périphériques, la desserte repose également sur des systèmes autonomes gérés par des associations locales ainsi que, dans certains secteurs, sur des puits traditionnels dont la qualité sanitaire et le niveau de contrôle peuvent être variables.

L'alimentation en eau potable de la ville et de sa périphérie repose principalement sur les ressources souterraines, notamment celles associées à la nappe de l'Infra-Cénomanien. Si l'accès à l'eau potable apparaît globalement satisfaisant à l'échelle de la zone d'étude, des disparités persistent dans certaines localités périphériques. Ces écarts s'expliquent notamment par la dispersion de l'habitat et les contraintes liées à la desserte des populations éloignées des principaux réseaux. La question de l'approvisionnement dépasse ainsi la seule disponibilité de la ressource et renvoie directement aux choix d'aménagement, aux infrastructures de desserte et aux modes de gouvernance locale de l'eau.

3.5. Assainissement et qualité du milieu : un enjeu d'aménagement

À l'inverse de la progression de l'accès à l'eau potable, les infrastructures d'assainissement liquide demeurent insuffisamment développées, particulièrement dans les espaces ruraux et périphériques. Dans plusieurs agglomérations, les eaux usées sont encore rejetées directement dans le milieu naturel, ce qui constitue une source potentielle de pollution des sols et des ressources hydriques et peut favoriser la dégradation des conditions environnementales et sanitaires.

Dans le bassin de Toudgha, la commune urbaine de Tinghir dispose d'un réseau public d'assainissement mis en place en 2014 ainsi que d'une station d'épuration par lagunage. En

© Authors. Licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 (CC BY-NC 4.0) non-commercial reuse with attribution
https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/

revanche, les autres agglomérations restent davantage dépendantes de dispositifs individuels ou de rejets directs dans le milieu naturel. Cette situation met en évidence un déséquilibre entre l'extension de l'approvisionnement en eau potable et le développement des infrastructures d'assainissement.

Ainsi, la vulnérabilité hydrique de Tinghir ne se résume pas à une question de quantité d'eau disponible. Elle concerne également la qualité de la ressource, les capacités de mobilisation et de distribution, le traitement des eaux usées et la coordination entre les différents acteurs. Ces dimensions constituent des composantes essentielles d'un aménagement territorial intégré, capable d'articuler développement urbain, protection de l'environnement et gestion durable des ressources en eau.

Tableau 3 : les modes d'assainissement dans la ville et sa périphérie

Mode d'évacuation des eaux			Mode d'évacuation des déchets ménagers en %		
Usées en %					
Réseau public	Fosse septique	Milieu naturel	Bac à ordures	Camion commun	Milieu naturel
89	4,4	6,4	52	37,9	10,1

Source : Enquête terrain, 2022

Les données du tableau montrent une insuffisance importante des infrastructures d'assainissement dans l'arrière-pays de Tinghir : près de 90 % des eaux usées ne sont pas évacuées par un réseau public et une part importante est rejetée directement dans le milieu naturel. La gestion des déchets solides demeure également insuffisante, plusieurs localités ne disposant pas de dispositifs réguliers de collecte. Une partie des déchets est ainsi déposée à proximité des berges ou dans le lit de l'oued Toudgha, contribuant à la dégradation du milieu et exposant les ressources souterraines à des risques de pollution. Les données de l'ABH font par ailleurs état d'une qualité des eaux souterraines jugée moyenne dans plusieurs secteurs du bassin (PDAIRE GZRM, 2018).

Ces dysfonctionnements soulignent la nécessité de renforcer les infrastructures d'assainissement liquide et solide dans le cadre d'un aménagement territorial intégré, afin de protéger les ressources hydriques et de préserver les équilibres écologiques de Tinghir et de son arrière-pays.

Parallèlement, la réutilisation des eaux usées traitées pourrait constituer une piste d'adaptation intéressante pour l'agriculture périurbaine. Elle permettrait de valoriser une ressource actuellement rejetée, de réduire la pression sur les eaux souterraines et de limiter le recours à de nouveaux forages. Les projections indiquent que le volume moyen des eaux usées domestiques pourrait atteindre 2 210,11 m³/jour à l'horizon 2030, soit une augmentation d'environ 40 % par rapport à 2004. Cette évolution renforce l'intérêt d'intégrer la collecte, le traitement et la réutilisation des eaux usées dans les stratégies futures d'aménagement et de résilience hydrique du territoire.

© Authors. Licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 (CC BY-NC 4.0) non-commercial reuse with attribution
https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/



Photo 1 : Points de rejet des déchets domestiques dans l'oued Toudgha.

Photo 2 : Déversement des eaux usées à la périphérie du centre urbain

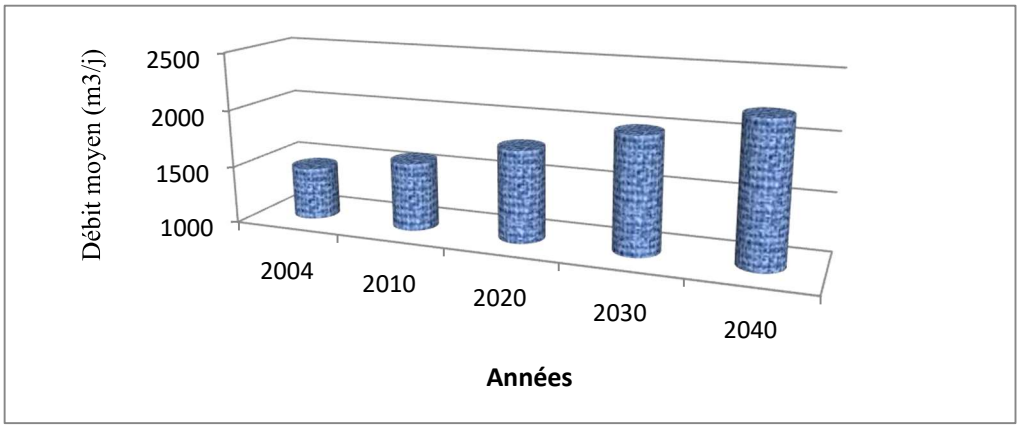


Figure 3 : Évolution et projection des débits moyens des eaux usées dans la ville

Source : ONEE-Branche eau 2020

L'arrière-pays de Tinghir présente un déficit important en infrastructures d'assainissement : près de 90 % des eaux usées ne sont pas évacuées par un réseau public et une partie des déchets solides est rejetée dans le milieu naturel, notamment à proximité de l'oued Toudgha. Cette situation contribue à la dégradation de la qualité des ressources hydriques et souligne la nécessité d'un aménagement adapté des services d'assainissement.

Dans ce contexte, la réutilisation des eaux usées traitées constitue une piste intéressante pour l'agriculture périurbaine et la réduction de la pression sur les eaux souterraines. À l'horizon 2030, le volume des eaux usées domestiques pourrait atteindre 2 210 m³/jour, soit une hausse d'environ 40 % par rapport à 2004. Leur traitement et leur valorisation pourraient ainsi contribuer à une gestion plus durable de l'eau et à la résilience hydrique du territoire.

3.6 Besoins moyens en eau potable en constante évolution

L'accroissement démographique, l'évolution des modes de vie et l'extension urbaine entraînent une augmentation continue des besoins en eau potable dans le bassin de Toudgha. En

© Authors. Licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 (CC BY-NC 4.0) non-commercial reuse with attribution
https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/

2014, ces besoins étaient estimés à environ 2,7 Mm³ pour l'ensemble du bassin et 1,2 Mm³ pour le centre urbain de Tinghir.

Cette évolution accentue les tensions sur les ressources et soulève des enjeux importants d'aménagement des réseaux d'adduction, notamment en matière de sécurisation de l'approvisionnement, de réduction des pertes, de maintenance des infrastructures et d'extension de la desserte aux périphéries urbaines. Elle nécessite également une meilleure maîtrise des usages et une intégration de la réutilisation de l'eau dans les stratégies futures d'aménagement.

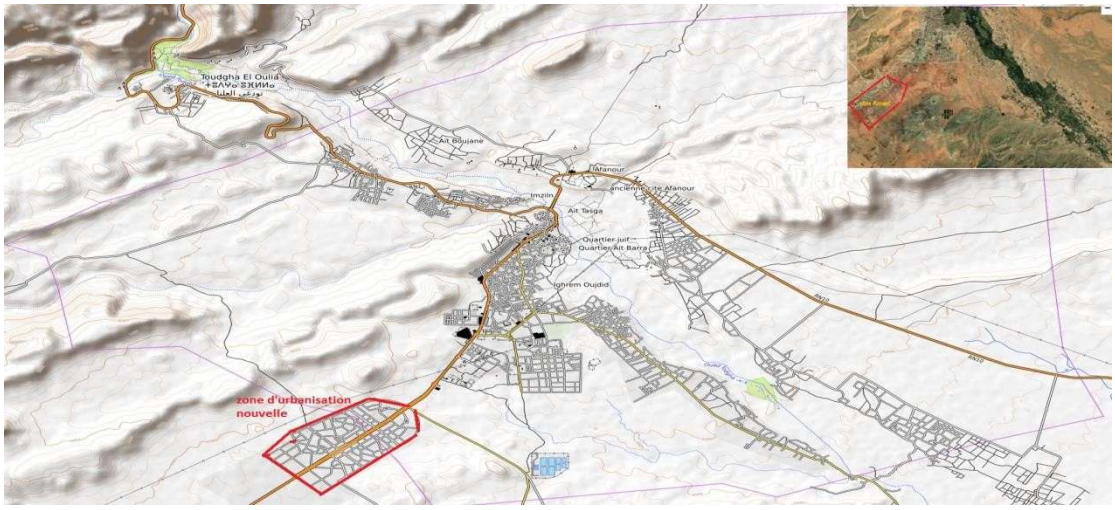


Figure 4 : zone d'urbanisation nouvelle (pôles Almajd 1-2-3)

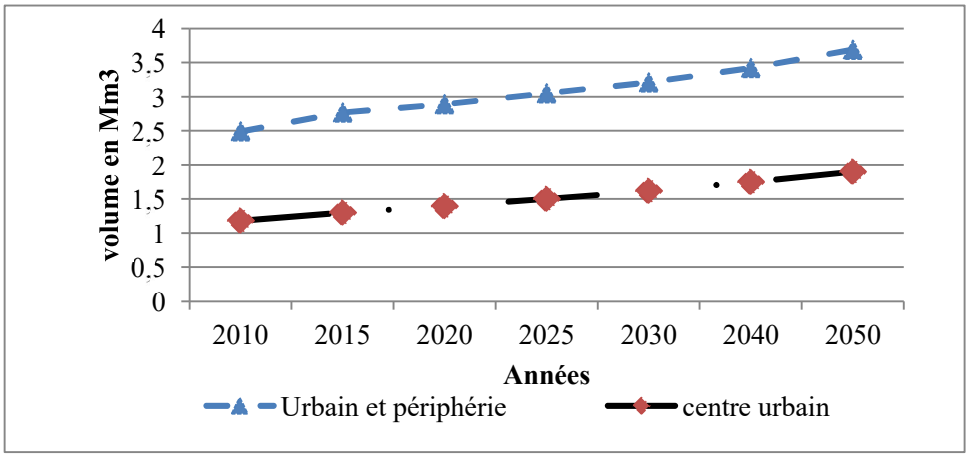


Figure 5 : Besoins moyens en eau potable et leurs projections d'ici 2050.

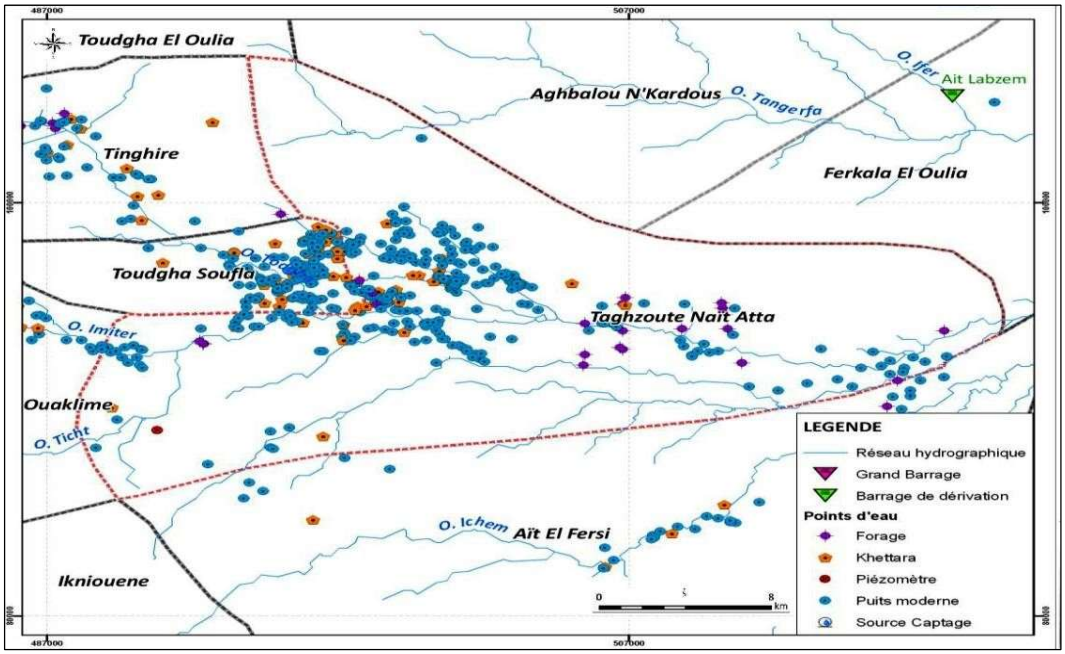
Source : ONEE-Branche eau, 2020

Les projections indiquent une poursuite de cette progression, notamment sous l'effet de l'extension de nouvelles zones d'urbanisation. À l'horizon 2050, les besoins moyens en eau potable pourraient atteindre 3,69 Mm³/an, soit une mobilisation supplémentaire d'environ 1,2 Mm³/an par rapport à 2010, hors besoins liés aux projets touristiques. La population urbaine représenterait alors près de 51,5 % de la demande globale.

© Authors. Licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 (CC BY-NC 4.0) non-commercial reuse with attribution
https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/

3.7 Prolifération du phénomène de pompage tous azimuts

Parallèlement, depuis la fin des années 1970 et le début des années 1980, la mobilisation des eaux souterraines s'est intensifiée avec la multiplication des puits et des forages, particulièrement dans les secteurs aval où les écoulements de surface sont saisonniers. Le développement du pompage (carte 2), notamment à des fins agricoles, a progressivement renforcé la dépendance à la nappe phréatique. La concentration des points de prélèvement à proximité des cours d'eau contribue ainsi à accroître la pression sur les eaux souterraines et à favoriser leur rabattement.



Carte 2 : Répartition des points d'eau inventoriés dans l'oasis de Tinghir.

Source : ABH 2018.

Ces évolutions montrent que l'enjeu d'aménagement hydrique ne se limite plus à répondre à la croissance de la demande. Il consiste également à mieux articuler extension urbaine, développement agricole, infrastructures hydrauliques et capacités de renouvellement de la ressource, afin de limiter les déséquilibres entre besoins et disponibilité de l'eau dans le bassin de Toudgha.

Conclusion :

L'analyse de la ville de Tinghir et de son arrière-pays oasien met en évidence une vulnérabilité hydrique croissante, résultant de l'interaction entre contraintes climatiques, pression démographique, extension urbaine, intensification des usages et dégradation de la qualité des ressources en eau. La récurrence des sécheresses, l'augmentation des besoins, la multiplication des prélèvements souterrains et les insuffisances en matière d'assainissement contribuent à fragiliser progressivement le système hydrique et, par conséquent, les équilibres de l'écosystème oasien.

Cette situation constitue désormais un enjeu majeur d'aménagement territorial, dans la mesure où la croissance urbaine et le développement des activités doivent être davantage articulés aux capacités réelles de mobilisation et de renouvellement de la ressource. La

© Authors. Licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 (CC BY-NC 4.0) non-commercial reuse with attribution
https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/

multiplication des forages et l'intensification des prélèvements dans les nappes soulignent notamment la nécessité d'une meilleure régulation des usages et d'une gestion plus intégrée des ressources hydriques à l'échelle du territoire.

Face à ces contraintes, l'adaptation ne peut se limiter à la mobilisation de nouvelles ressources. Elle doit également s'appuyer sur des solutions permettant de réduire la demande, de préserver les ressources existantes et de renforcer les capacités locales d'action. La réutilisation des eaux usées traitées, l'amélioration des réseaux d'adduction et d'assainissement, la rationalisation des usages agricoles et domestiques ainsi que la gestion collective des ressources souterraines constituent, à cet égard, des pistes susceptibles d'être intégrées aux stratégies d'aménagement.

Ainsi, la réduction de la vulnérabilité hydrique de Tinghir nécessite une approche territoriale intégrée, fondée sur une meilleure articulation entre aménagement urbain, activités oasiennes, gestion de l'eau, adaptation climatique et gouvernance locale. L'intégration de la contrainte climatique dans les politiques de développement local apparaît dès lors comme une condition importante pour renforcer la résilience du territoire.

Dans cette perspective, la promotion de projets innovants et participatifs, associant acteurs institutionnels, populations locales et usagers de l'eau, pourrait constituer un levier d'adaptation. L'enjeu est moins de répondre uniquement à la pénurie que de construire progressivement un nouvel équilibre territorial entre besoins, usages et disponibilité de la ressource, condition nécessaire à la durabilité de l'oasis de Tinghir.

© Authors. Licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 (CC BY-NC 4.0) non-commercial reuse with attribution
https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/

Références bibliographiques

- Adraoui, I., & Jaafar, B. (2024). Sustainable management of water resources and assessment of the vulnerability of Moroccan oases to climate change. *Environmental Science and Pollution Research, 31*(12), 17981–17993. https://doi.org/10.1007/s11356-023-25498-4

- Ait Hamza, M. (1999). *Mobilité socio-spatiale et développement local au Sud de l'Atlas marocain (Dadès-Toudgha)* [Thèse de doctorat en géographie, Université Mohammed V–Agdal, Faculté des Lettres et des Sciences humaines].

- Alary, P. (2024). Les transformations socioéconomiques contemporaines en zones oasiennes, un «régime d'accumulation » singulier : Le cas de la vallée du Todgha au Maroc. *Alternatives Rurales, 10*. https://doi.org/10.60569/hsoas-b1

- Azougarh, L. (2023a). La réserve de biosphère des oasis du Sud marocain : Défis et enjeux de la durabilité des ressources en eau. Dans B. Romagny, C. Cibien, & A. Barthes (Dirs.), *Réserves de biosphère et objectifs de développement durable 2 : Enjeux, tensions, processus et gouvernance en Méditerranée* (pp. 161–168). ISTE Éditions.

- Azougarh, L. (2023b). *Ressources en eau face à la variabilité climatique et aux activités anthropiques dans le bassin versant de Toudgha* [Thèse de doctorat, Université Ibn Tofail].

- Azougarh, L., Mouline, M. A., & Talbi, N. (2020). Des ressources en eau fragiles face à la variabilité climatique et l'activité anthropique dans le sous-bassin Toudgha (Sud-Est marocain). *Journal International des Sciences et Techniques de l'Eau et de l'Environnement, 5*(1), 51–58.

- Ben Salem, A. (2013). *Vulnérabilité et adaptation aux changements climatiques dans les oasis de la région de Tafilalet – Maroc* [Thèse de doctorat, Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences Semlalia].

- Boubou, Y., Fastner, K., & Buerkert, A. (2025). Rural-urban transformation shapes oasis agriculture in Morocco's High Atlas Mountains. *Scientific Reports, 15*, Article 3433. https://doi.org/10.1038/s41598-024-81569-7

- Conseil économique, social et environnemental. (2017). *Réussir la transition vers des villes durables* (Auto-saisine n° 32/2017).

- Chahid, N., Zein Taleb, Z., Errahj, M., & Faysse, N. (2024). Grille d'analyse des facteurs de performance des organisations de développement local : Conception et test dans les oasis du Todgha au Maroc. *Alternatives Rurales, 10*. https://doi.org/10.60569/hsoas-a3

- Cibien, C. (2006). Les réserves de biosphère : Des lieux de collaboration entre chercheurs et gestionnaires en faveur de la biodiversité. *Natures Sciences Sociétés, 14*, 84–90.

- Dugot, P. (2001). *L'eau autour de la Méditerranée*. L'Harmattan.

- El Hassnaoui, M. (2022). La petite ville : La dialectique de l'urbanisation et du symbolisme spatial — Le cas de Tinghir, Bomaln Dadès et Kelaat M'Gouna (Maroc). *Revue Marocaine de Recherche en Sciences Humaines et Sociales, 1*(2), 177–203. https://doi.org/10.34874/PRSM.mjrhss-vol1.iss2.34603

- Ministère de l'Urbanisme et de l'Aménagement du Territoire, Direction de l'Urbanisme. (2016, 8 septembre). *Les villes durables au Maroc*. Atelier organisé avec le Conseil économique, social et environnemental.

© Authors. Licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 (CC BY-NC 4.0) non-commercial reuse with attribution
https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/

- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. (2012). *Faire face à la pénurie d'eau : Un cadre d'action pour l'agriculture et la sécurité alimentaire*. FAO.

- Ouali, L., & Kabiri, L. (2025). Water resources management and planning in the Toudgha Oasis using multi-criteria decision-making analysis and geospatial modeling. Dans *CIO 2025 – Proceedings Book* (p. 56). Institut National de la Recherche Agronomique.

- Rayne, L., Brandolini, F., Makovics, J. L., Hayes-Rich, E., Levy, J., Irvine, H., Assi, L., & Bokbot, Y. (2023). Detecting desertification in the ancient oases of southern Morocco. *Scientific Reports, 13*, Article 19424. https://doi.org/10.1038/s41598-023-46319-1

- Studer, H. (2026). Water practices: Communal water rights in Moroccan river oases in times of climate change. *Planning Perspectives, 41*(4), 1123–1143. https://doi.org/10.1080/02665433.2026.2614301

- Yahya, A., Zein Taleb, Z., Errahj, M., Larbi, A., & Faysse, N. (2024). Analyse de l'évolution des institutions et des règles de gestion collective de l'eau d'irrigation dans la vallée de Toudgha (province de Tinghir). *Alternatives Rurales, 10*. https://doi.org/10.60569/hsoas-a5

- Zein Taleb, Z., Khardi, Y., Lacombe, G., Errahj, M., Kuper, M., Kadiri, Z., Hammani, A., Taky, A., & Faysse, N. (2024). Prendre soin de la nappe : Quelles possibilités et quelles prédispositions des collectifs d'agriculteurs des oasis de Todgha Ferkla (Maroc) à installer des dispositifs de recharge de la nappe ? *Alternatives Rurales, 10*. https://doi.org/10.60569/hsoas-a4

- Khardi, Y., Zein Taleb, Z., Imache, A., Kuper, M., Bouarfa, S., Lacombe, G., & Taky, A. (2024). Penser la gestion de l'eau à l'échelle territoriale dans les oasis du Maroc : Le cas de Ferkla. *Alternatives Rurales, 10*. https://doi.org/10.60569/hsoas-a1

- Khardi, Y., Kuper, M., Lacombe, G., Taky, A., Hammani, A., & Bouarfa, S. (2026). One water? In pursuit of water circularity in Moroccan oases. *International Journal of Water Resources Development*. https://doi.org/10.1080/07900627.2025.2612486

© Authors. Licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 (CC BY-NC 4.0) non-commercial reuse with attribution
https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/