



Des ressources en eau fragiles face à la variabilité climatique et l'activité anthropique dans le sous bassin toudgha (sud-est marocain)

Azougarh Lahcen¹, Mouline Mohyeddine Ahmed², Talbi Naima³

¹ Chercheur au Laboratoire : Environnement Développement et Gestion de l'espace (EDGE), Université Ibn Tofail fsh Kénitra,

² Docteur en Géographie,

³ Laboratoire EDGE ; Université Ibn Tofail fsh Kénitra,

Résumé

La rareté relative des ressources en eau au Maroc, leur fragilité et leur inégale répartition font naître un risque majeur de pénurie qui s'accroît continuellement, notamment dans les espaces oasiens. Dans ces espaces fragiles, la question de l'eau constitue ; de ce fait ; une priorité d'ordre spatial, socioéconomique et environnemental comme elle se trouve au cœur des préoccupations d'un ensemble de stratégies nationales, qui fait de l'eau sa problématique majeure. Au fil des ans, l'oasis de Toudgha ; au sud est Marocain ; a connu de nombreuses perturbations occasionnées par les sécheresses de plus en plus sévères, les inondations, les changements sociodémographiques et le déséquilibre causé par la surexploitation de la nappe. L'action conjuguée de ces facteurs et d'autres a progressivement transformé cet espace de production paysanne et d'autosuffisance en un espace agressé par le pompage et la multiplication de cultures non adaptées. Cette intervention anthropique démesurée a déstabilisé d'avantage l'oasis et rend la vulnérabilité de son paysage inquiétante. En effet, les mutations sociodémographiques, l'urbanisation et la prolifération de stations de pompage (en aval) ont occasionné une surexploitation de la ressource hydrique et l'a porté à des niveaux délicats et critiques. Dans cette région semi-désertique, l'activité oasienne est entièrement dépendante des ressources en eau c'est pour cette raison, un combat doit donc être mené pour freiner le déséquilibre constaté et contribuer à la stabilité de ce milieu et son développement, un développement qui tient compte de la sensibilité de cet espace et les besoins croissants en matière de ressources hydriques. Pour faire face à ce déséquilibre environnemental et par conséquent socioéconomique, des mesures d'ajustement et de correction demeurent indispensables, d'abord l'adoption de démarches écologiquement durables quant à l'utilisation des ressources hydriques et mobiliser les eaux d'inondations tout en réduisant les risques naturels en amont du bassin. Enfin avec la mobilisation de tous les acteurs ; et grâce à un consensus entre l'amont et l'aval ; les situations de pénurie d'eau seraient donc rattrapées, chose qui contribue à la stabilisation de l'oasis Toudgha.

Mots clés : Activité anthropique ; déséquilibre ; Oasis ; ressource en eau ; variabilité climatique.

The fragile water resources facing the challenges of climate change human activity in Toudgha basin

Abstract

The scarcity of water resources in Morocco with fragility and bad distribution will lead inevitably to a big environmental danger which will increase continuously in oasis domains in the fragile dry regions. The water problem is of real priority in all levels especially socioeconomically and environmentally, at also includes the national strategy of which are based on the problem of water.

Over the years, Toudgha oasis (South east of Morocco) knew several profound transformations as a result of years of successive droughts and flood sat the other times. In addition to the sociodemographic transformation and over exploitation of water bed in economic human activities. Toudgha oasis has turned from production milieu of self-sufficiency into medium that suffers from draining of water bed to alien crops and inappropriate activity. The unreasonable human intervention has led to the environmental imbalance in the oasis. It has also increased in the fragility of oasis scenery in an alarming way following. The transformation that involved the sociodemographic aspect such as the emigration, rapid urbanisation and the use of water pump station until the waterbed has reached disturbing levels in this dry region, stability and activity are interlinked with the availability of water resources. On this basis, thinking about saving is a duty whose goal is to restore balance and contribute to the stability of the population so as to develop sensitive consideration in this milieu and to satisfy the increasing needs of the inhabitant of this vital substance to address this environmental imbalance and its social and economical implications sustainable ecological steps and adapted measures should be taken to the milieu with the concerted efforts of all interferences. Flood hydrology must be minimised by mobilising it to avoid hazards in the high basin and avoid the scarcity in the below basin in order to restore Toudgha oasis to its balance.

Key Words: Anthropogenic activity; imbalance; oasis; water resource; climate variability.

¹ Corresponding author: lahcen.azougarh@uit.ca.ma; azougarh@ymail.com

INTRODUCTION

L'eau constitue un défi pour les pays méditerranéens notamment le Maroc, c'est une ressource essentielle à la vie et au développement de la société et aujourd'hui menacée par l'activité humaine peu maîtrisée, et une composante exogène qui est le climat. Cette rareté des ressources en eau découle des particularités géographiques mais aussi climatiques. Le problème de disponibilité de cette ressource en quantité et en qualité est étroitement lié aux besoins croissants du territoire. Ces derniers creusent davantage la fracture entre l'offre et la demande et laissent pressentir des déficiences alarmantes dans un horizon proche et sans doute dans le futur avec les changements constatés au niveau climatique. Au sud est Marocain ; les oasis ont connu de nombreuses perturbations occasionnées par les sécheresses de plus en plus sévères, la surexploitation de la nappe par des techniques nouvelles et le climat de plus en plus sec. L'action conjuguée de ces facteurs et d'autres a progressivement transformé cet espace d'autosuffisance agricole en un espace agressé par une intervention anthropique démesurée. Elle a déstabilisé les oasis et rendu la vulnérabilité du paysage inquiétante. En effet, les mutations sociodémographiques, l'urbanisation et la prolifération de stations de pompage ont occasionné une surexploitation de la ressource hydrique et l'a porté à des niveaux délicats et critiques. L'objectif de cet article est la réflexion sur les usages de la ressource vitale dans une oasis au sud Est du Maroc; appelée Toudgha ; une zone oasienne aride sous pression d'activités anthropiques. Certes soumise à un climat aride, l'oasis de Tinghir connaît des pénuries d'eau qui ne cessent de s'amplifier ces derniers temps, le besoin en eau constitue alors un problème récurrent dans cet espace oasien. Nous essayerons par cette contribution appréhender la fragilité de la ressource par deux points essentiels, le premier concerne le facteur climat et son impact sur les réserves en eau et le second point traite les besoins en eau dans l'oasis.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Pour appréhender cette problématique de l'eau, et tenter de répondre à la fragilité de la ressource soulevée en haut, notre réflexion nécessite une interdisciplinarité, qui exige la prise en compte des connaissances dans divers domaines hydrologie, climat, sociologie et économie ; c'est dans ce prisme un ensemble d'étapes ont été poursuivies : D'abord, nous avons analysé les données pluviométriques du bassin Toudgha, en calculant l'indice de précipitations standardisé (IPS). Puis, nous avons balayé notre terrain d'étude, afin de soulever les spécificités réelles du milieu et côtoyer ainsi le territoire oasien dans son fonctionnement et sa relation avec cette ressource fragile, surtout l'activité agricole qui se voit plus consommatrice d'eau, sur ce nous avons essayé de calculer les besoins en eau des cultures. Enfin, le traitement de la donnée collectée a été effectué par le logiciel du système d'information géographique et le logiciel d'analyse statistique.

L'indice de précipitations standardisé :

Dans le but de caractériser et de suivre la sécheresse au niveau des régions arides et semi-arides, nous avons eu recours à l'indice de précipitations standardisé (IPS). Il représente l'écart-type des précipitations cumulatives par rapport aux moyennes climatiques. Mathématiquement l'IPS est basé sur les probabilités cumulatives d'occurrence d'événements pluviométriques pour une station donnée. Les données historiques de la pluviométrie sont corrélées à la distribution gamma du fait que cette dernière représente bien la distribution de la pluviométrie [1]. Le calcul de l'IPS se fait sur la base d'une série de données pluviométriques mensuelles. Il y a sécheresse quand la valeur de l'IPS est négative. La sécheresse est modérée quand les valeurs de l'IPS sont comprises entre 0 et -1.5, elle est sévère quand cet indice est compris entre -1.5 et -2, au-delà de -2 la sécheresse est considérée comme extrême. Les conditions sont humides quand l'IPS enregistre des valeurs supérieures à 1 (Figure 1). L'Indice Standardisé des Précipitations, ou en anglais Standardized Precipitation Index (SPI) créé par T.B. MCKEE et al. (1993) [1] répond à la formule suivante :

$$SPI = (P_i - P_m) / S_i$$

Où P_i est le cumul de la pluie pour une année i ; P_m et S_i , sont respectivement la moyenne et l'écart type des pluies annuelles observées pour une série donnée. Cet indice définit la sévérité de la sécheresse en différentes classes. Les valeurs annuelles négatives indiquent une sécheresse par rapport à la période de référence choisie et les positives indiquent une situation humide.

Figure 1 : Classification de la sécheresse en rapport avec la valeur de l'Indice Standardisé des Précipitations (SPI).

Classes du SPI	Degré de la sécheresse
$SPI > 2$	Humidité extrême
$1 < SPI < 2$	Humidité forte
$< SPI < 10$	Humidité modérée
$< SPI < 0-1$	Sécheresse modérée
$< SPI < -1-2$	Sécheresse forte
$SPI < -2$	Sécheresse extrême

Cartes topographiques et modèle numérique du terrain utilisés :

Le bassin versant de l'oued Toudgha est couvert par les cartes topographiques suivantes :

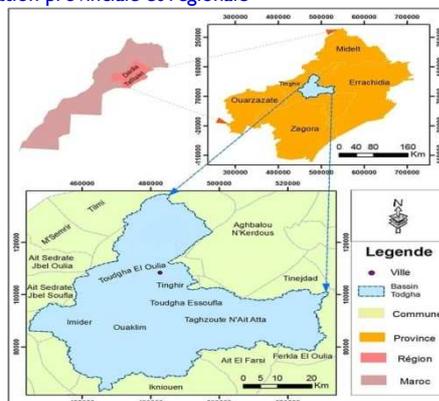
- Cartes topographiques: Ce bassin est couvert par quatre cartes topographiques 1/50000 (Boumalne, Tinghir, Tinjdad et Alnif) ; qui ont servi pour la localisation et l'extraction du réseau hydrographique des principaux cours d'eau, localités, réseau routier, reliefs,...
- Modèle numérique du terrain (MNT) : utilisé pour la détermination exacte des limites du bassin.

Description de la zone d'étude :

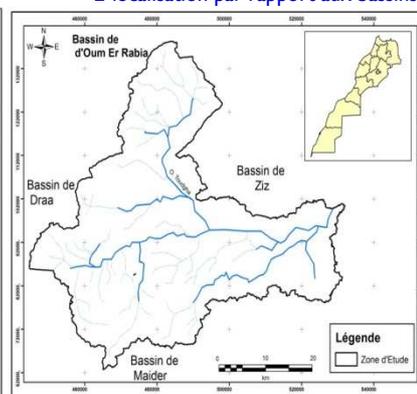
Les zones oasiennes du pays s'étendent sur une superficie d'environ 115563 km² (15% de la superficie nationale) et englobent une population d'environ 1.733 millions d'habitants. Notre espace d'investigation fait partie de cette ceinture sud-atlasique ; appelée : Oasis de Toudgha ; elle est située au sud est du Royaume du Maroc (figure 1), dans la zone présaharienne. Elle s'étend sur une superficie estimée à 2800 km² (découpage selon la méthode de séparation des eaux). Il est limité au Nord et à l'Est par le grand bassin Gheris et Ziz, à l'ouest par les bassins d'Oum R'bia et Draa (Dades), enfin au Sud on trouve le bassin Maider (figure 2). Il constitue avec son arrière espace Ziz-Gheris une entité relativement homogène du point de vue géologique, morphologique, climatologique et végétale. Le sous bassin Toudgha se trouve enveloppé par deux structures montagneuses, au nord le Haut-Atlas ; chaîne montagneuse plus élevée (environ 3000 m d'altitude) de formation calcaire. Il représente la réserve de ressources en eau en cas de neige. Au sud, l'extrémité orientale de l'Anti-Atlas connu sous le nom de Jbel Saghro et Ougnat (figure 3), plus ancien géologiquement et moins favorable à l'activité humaine. Entre les deux chaînes s'allonge la dépression sud-atlasique avec la plaine alluviale qui abrite l'espace oasien de Toudgha où se pratiquent la plupart des activités anthropiques des habitants de Toudgha. Administrativement, le bassin couvre un centre urbain (ville de Tinghir) et 05 communes rurales (cartes de localisation).

Figure 2 : localisation administrative et géographique du bassin Toudgha

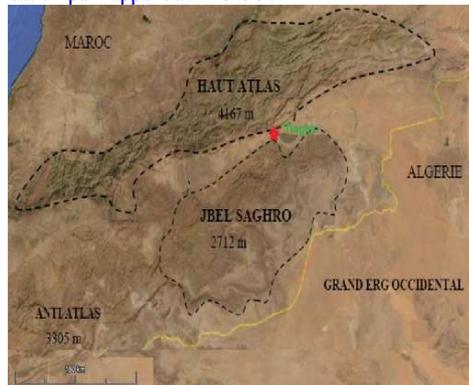
1-localisation provinciale et régionale



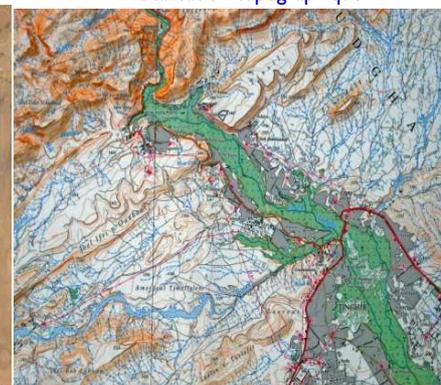
2-localisation par rapport aux bassins versants



3-localisation par rapport aux reliefs :



4- localisation topographique



L'essentiel de leur alimentation en eau pérenne et de crues viennent du Haut Atlas. La plaine s'étend longitudinalement entre la latitude 30°40 et 32°00; elle est traversée par l'oued Toudgha qui garantit l'irrigation de l'amont et l'alimentation de la nappe phréatique en aval. La superficie agricole utile est de 4600 ha dont 79.1% des parcelles sont moins de 5 ha.

En amont du bassin, se trouve la station Aït Boujjane ; la seule station météorologique fonctionnelle du bassin ; la pluviométrie annuelle atteint une moyenne de 144 mm, elle est caractérisée par une forte irrégularité interannuelle.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Données climatiques contraignantes : Calcul de l'indice de précipitations standardisé

Les conditions naturelles, notamment le climat, sont déterminantes pour l'activité humaine dans l'oasis. Le climat est un dénominateur physique commun à toute la région du sud-est dont l'aridité est la principale caractéristique, en raison de très faibles précipitations (140-150 mm/an en moyenne) et des températures élevées pendant la majorité de l'année [5]. De plus, l'ouverture aux influences sahariennes de cette région favorise une forte évaporation et une hygrométrie réduite, ces facteurs ont fragilisé les ressources naturelles notamment hydriques pendant de longues périodes. Le tableau suivant illustre ces périodes réparties sur 53 ans d'observations:

Figure 3: Probabilité d'occurrence de chaque catégorie pour la station climatique d'Aït Boujjane au cours de la période (1962-2016)

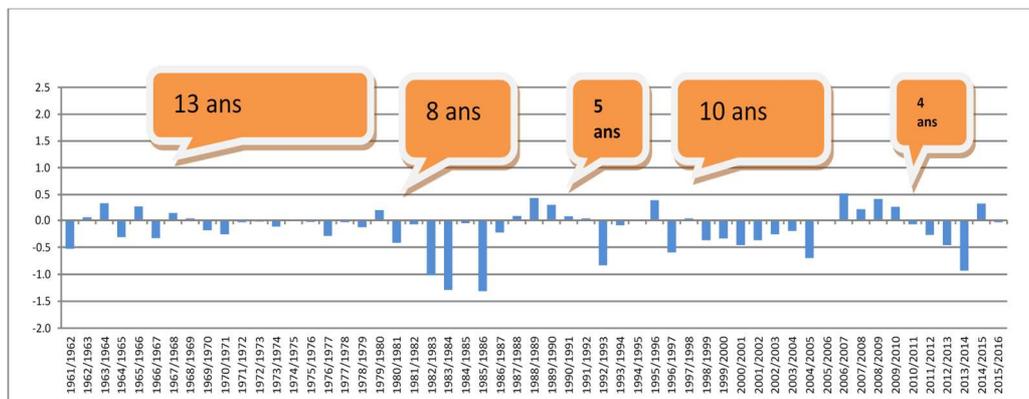
Indice SPI	Catégorie	Nombre d'années	de fois sur 100 ans	Fréquence
De 1 à 2	Humidité forte	0	0	0
De 0 à 1	Humidité modérée	21	38	tous les 3 ans (2.6)
De 0 à -1	Sécheresse modérée	31	56	tous les 2 ans (1.7)
De -1 à -2	Sécheresse forte	3	5	tous les 18 ans

Les valeurs moyennes de l'indice SPI sont globalement négatives sur 34 années, alors que seules 21 années qui manifestent une humidité relativement modérée. Les valeurs ; négatives allant de -0.03 à -1.3 ; sont réparties en moyenne 5,3 années sur 10, cette sécheresse est bien prononcée dans les années 70 et 80. Ces années sèches enregistrent un minimum de 40 mm en 1982/1983 et un maximum de 138 mm en 1971/1972, ce sont des années de migration et d'abandon de la terre.

Pour les années faiblement humides, elles sont 21, dans cette longue période de 55 ans, un tiers presque mais avec une pluviométrie moyenne de 212 mm. Notons, en outre que 334.7 mm est la valeur maximale sur cette période de 1962/2016.

En considérant toutes les années et toutes les stations à proximité du bassin, les conditions sèches l'emportent sur plus de 60 % des cas sur la période 1962-2016. Une humidité modérée se manifeste dans 38 % des cas sur la série étudiée.

Figure 4 : l'indice SPI de la station Ait Boujjane entre 1962 et 2016.



La crise climatique qui a frappé le bassin de Toudgha s'est jusqu'à présent manifestée par une augmentation des sécheresses modérées à fortes, et absence d'années humides prolongées. Les sécheresses modérées sont largement dominantes sur presque tous les quinquennats de 1962 à 2016 (de 56 à 61 % des cas). Le début des années 1980 fait un peu figure d'exception, avec une sécheresse plus accentuée.

Des interventions anthropiques démesurées :

Besoins en eau en constate évolution :

Du point de vue démographique, l'oasis de Toudgha a connu un boom démographique drastique (2.30% entre 1971 et 2004). En 1982 le centre urbain de Tinghir ne comptait que 10527 habitants, en 1994 ce chiffre a été multiplié par 3 pour atteindre 30471 ; un accroissement général de 1994 et un TAMA de 9.3% [6]. Cet accroissement de la population couplé au changement du mode de vie, a impacté directement les ressources hydriques dans l'usage domestique et aussi agricole.

En prenant la consommation domestique moyenne (rurale) de 80 l/hab/jour, ces besoins ont été de l'ordre de 2.3 Mm³ en 2004 et les projections futures prévoient une augmentation des besoins surtout avec les extensions de nouvelles zones d'urbanisation (Nouveau pôle urbain en cours de construction ; voir image satellite).

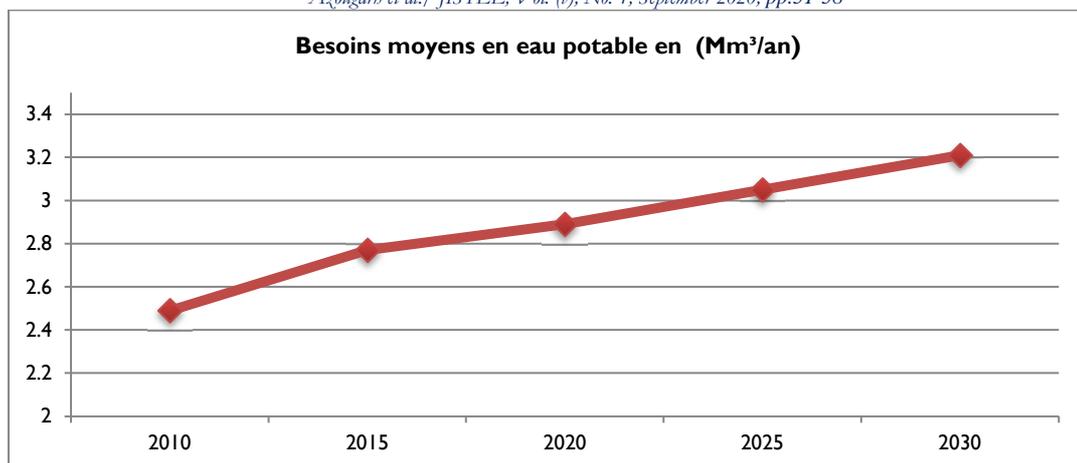
Figure 5 : zone d'urbanisation nouvelle (poles Almajd 1-2-3)



Ces extensions futures doivent répondre avant tout aux besoins en eau potable, alors nous présentons dans ce tableau cette demande en eau potable pour les habitants de l'oasis en tenant compte les projections démographiques des communes du bassin :

Figure 6 : Évolution des besoins moyens en eau potable (Mm³/an)

Communes du bassin / Années	Besoins moyens en eau potable (Mm ³ /an)				
	2010	2015	2020	2025	2030
Imider	0,12	0,13	0,13	0,13	0,13
Taghzoute N'Ait Atta	0,42	0,44	0,45	0,46	0,47
Toudgha El Oulia	0,18	0,18	0,18	0,19	0,19
Toudgha Soufla	0,3	0,41	0,42	0,43	0,44
Ouaklime	0,29	0,31	0,32	0,34	0,36
Tinghir	1,18	1,3	1,39	1,5	1,62
Total du bassin	2,49	2,77	2,89	3,05	3,21



Les besoins moyens en eau potable pour le bassin Toudgha (sans inclure les besoins des projets touristiques et industriels) seront de 3.2 Mm³/an à l'horizon 2035 ; soit une mobilisation supplémentaire de l'ordre de 0.32 Mm³/an par rapport à 2020. Cette mobilisation reste totalement dépendante du ciel mais également de la bonne gestion du disponible de la ressource.

Besoins en eau agricole :

Dans ce volet, nous avons opté pour le calcul des besoins mensuels/annuels des cultures par application de la formule de Blaney-Criddle avec les coefficients culturaux. Les besoins de l'arboriculture sont pris égale 30% des besoins théoriques, cette hypothèse est justifiée aussi par la faible densité de plantations au niveau des parcelles et leurs éparpillements dans l'oasis de Toudgha.

Les besoins en eau bruts futurs pour l'ensemble du bassin Toudgha sont donnés comme suit :

Figure 7: Demande en eau (Mm³/an) d'irrigation selon la surface agricole utile (SAU)

	Périmètre irriguée totale (ha)	Mode d'irrigation	Demande nette en eau des cultures (m ³ /Ha)	Besoin en eau (Mm ³ /an)
Imider	299	Gravitaire et pompage	16000 à 20000	5,38
Taghzoute N'Ait Atta	1737	Gravitaire et pompage	16000 à 20000	31,27
Toudgha El Oulia	69	Gravitaire	16000 à 20000	1,24
Toudgha Soufla	857	Gravitaire et pompage	16000 à 20000	15,43
Ouaklime	825	Gravitaire et pompage	16000 à 20000	14,85
Tinghir	402	Gravitaire et pompage	16000 à 20000	7,24
Total du bassin	4189	Gravitaire et pompage	16000 à 20000	75,41

Les besoins en eau agricole pour la surface agricole utile (SAU) du bassin Toudgha sont d'environ 75 Mm³/an, ce chiffre est calculé pour l'année agricole 2004-2005, il reste dépendant des extensions prévues dans le cadre du Plan Maroc Vert ainsi que des différentes actions d'économie d'eau. En 2014, la SAU est passée dans l'oasis à 4650 ha avec une extension de 461 ha ; soit une mobilisation de 8.3 Mm³ par rapport à 2004. Ces chiffres risquent de grimper les prochaines années vue la multiplication de la culture de la pastèque, une culture très rentable mais exigeante en eau.

L'activité agricole et le mode d'irrigation :

Le système agricole dans l'oasis de Toudgha est caractérisé par un dualisme dans l'exploitation de l'eau. Des exploitations traditionnelles et modernes se longent tout le paysage. Bien que l'eau soit le facteur de production le plus déterminant, la technique d'irrigation pratiquée dans presque la moitié de l'oasis (surtout l'amont) est la technique ancestrale de la

submersion totale des parcelles (photo). L'initiative d'introduction des techniques modernes de préservation des ressources en eaux demeure timide sauf dans l'aval où la ressource fait rare contrairement à la terre plus répandue.

Figure 8 : modes d'irrigation moderne et traditionnelle dans l'oasis de Toudgha



À la suite des très fortes pressions exercées sur le milieu par le biais des retombées de l'argent de l'émigration introduit dans l'agriculture, la plaine de Toudgha voit son exploitation contrariée depuis l'assèchement de la nappe sur laquelle se base toute son activité agricole et humaine. Non seulement la forte implication des migrants dans le développement agricole a entraîné l'importante extension des superficies cultivées, mais elle a surtout été à l'origine d'une forte mécanisation de ce territoire qui conserve néanmoins un mode traditionnel. Dans ce même volet, l'intensification de l'utilisation des motopompes et plaques solaires accompagnée de la surexploitation de la nappe, contribuera, à moyen terme, à la dégradation rapide du système hydrique et par conséquent l'écosystème oasien en général.

CONCLUSION

Le bassin de Toudgha prend naissance à partir du haut Atlas. Celui-ci est le principal fournisseur d'eau aux périmètres agricoles de cette zone à la fois pour les eaux superficielles et les eaux souterraines. L'analyse de l'indice de précipitations standardisé montre que le bassin ne pourra satisfaire ces besoins en eau du fait de la succession des périodes de sécheresse et l'absence quasi-totale des années humides.

La fragilité des ressources hydriques résulte d'un déséquilibre entre la capacité de l'oasis et l'accroissement des besoins, la succession de la sécheresse et la multiplication anarchique du pompage et l'exploration de nouveaux périmètres par de nouvelles cultures non adaptées au contexte aride ; alors la nappe qui renferme le principal aquifère de cette zone se trouve stressée par cette intervention anthropique. Pour améliorer le niveau de cette nappe, il est donc proposé de limiter l'exploitation de la nappe au niveau de la vallée à des niveaux profonds (au-delà de 120 m) Enfin, il est nécessaire de considérer l'espace oasien comme spécifique dans la mesure où le problème de l'eau est ici une nécessité territoriale vitale. La gestion de l'eau se rapporte en quelque sorte à une gestion de la pérennité territoriale puisqu'elle n'est pas uniquement une donnée naturelle, elle est fondamentalement un vecteur d'organisation socio-spatiale.

Références

- [1] Kee, Thomas B., Nolan J. Doesken, and J. Kliest, 1993 : The Relationship of Drought Frequency and Duration of Time Scales, Eighth Conference on Applied Climatology, 17-22 January 1993, Anaheim, California.
- [2] Rapport de la 3^{eme} communication du Maroc à la convention cadre des nations unis sur les changements climatiques Avril 2016 page 160
- [3] Choubert G., Carte géologique d'Ouarzazate au 1/500000, Notes et Mémoires du Service Géologique du Maroc. N° 70. (1959).
- [4] Bentekhici N., Utilisation d'un SIG pour l'évaluation des caractéristiques physiques d'un bassin versant et leurs influences sur l'écoulement des eaux (bassin versant d'Oued El Maleh, Nord-Ouest d'Algérie) ; Site web : <https://www.esrifrance.fr/sig2006/bentekhici.html>.
- [5] Mohamed Ait khandouch Les migrants, vecteurs de changement dans leur territoire d'origine : vallée de Todgha dans la sud-est marocain, Thèse de doctorat Université d' Angers2017 ; 340 pages, p 74.
- [6] Hcp Rapport thématique ; Démographie Marocaine : tendances passées et perspectives d'avenir 96 pages, p 82 ; ISBN 9954-405-28-3 N° Dépôt Légal 2005/2616.