

Analyse de la dynamique de mise en valeur agricole des vallées de l’Air : cas de la vallée de Boghol dans la commune rurale de Dabaga, Agadez

Maman Bachar IBRAHIMA OUMAROU* et Mahaman Moustapha ADAMOU

Université Abdou Moumouni de Niamey, Faculté d’Agronomie, Laboratoire Sol, Dynamique de Surface, BP 10960 Niamey, Niger

(Reçu le 23 Mars 2021 ; Accepté le 21 Octobre 2021)

* Correspondance, courriel : madja042@yahoo.fr

Résumé

Le maraîchage constitue la principale activité dans la vallée de Boghol où l’irrigation à partir des puits constitue la seule alternative de production agricole. Ces dernières années, on observe un abaissement voire un tarissement précoce des puits entraînant des pertes de production. L’objectif de ce travail est d’analyser la dynamique de mise en valeur agricole des vallées de l’Air : cas de la vallée de Boghol dans la commune rurale de Dabaga (Agadez). L’approche méthodologique s’est basée sur une enquête terrain auprès de 256 producteurs et un inventaire des ouvrages de captage des eaux a été effectué avec un suivi de la nappe phréatique réalisé sur huit (8) puits sur une période de douze (12) mois. Les données collectées ont été traitées en exploitant une situation de référence qui a permis de dégager la tendance de mise en valeur. Les résultats montrent que la mise en valeur a augmenté d’un taux annuel d’environ 16,42 % pour les superficies exploitées engendrant le fonçage d’environ 34,56 % des puits. Aussi, trois (3) campagnes dominées par les cultures d’oignon et de pomme de terre sont pratiquées dans cette vallée. La quasi-totalité des puits utilisés pour la production est concentrée dans le lit du koris et environ 85 % ont une profondeur de mise en eau d’un (1) mètre. En plus, la recharge de la nappe se fait seulement en saison des pluies. Environ 85 % des producteurs attribuent le problème d’eau à l’augmentation des superficies mises en valeur. Cette étude montre que l’exploitation de la superficie dépasse la capacité de la ressource en eau de la nappe. Par conséquent, la prise en compte de ces résultats permettra aux acteurs de prévenir la surexploitation de la nappe phréatique.

Mots-clés : *Boghol, Air, irrigation, Nappe, Agadez, mise en valeur.*

Abstract

Analysis of the dynamics of agricultural development in the Air valleys of the rural commune of Dabaga (Agadez)

Market gardening is the main activity in the Boghol Valley where irrigation from wells is the only alternative to agricultural production. In recent years, we have observed a reduction or even an early drying up of wells leading to production losses. The objective of this work is to analyze the dynamics of agricultural development of the Air valleys : the case of the Boghol valley in the rural commune of Dabaga (Agadez). The methodological approach was based on a field survey with 256 producers and an inventory of water catchment structures was

carried out with groundwater monitoring carried out on eight (8) wells over a period of twelve (12) month. The data collected was processed by exploiting a reference situation which made it possible to identify the development trend. The results show that development increased at an annual rate of approximately 16.42 % for the areas mined resulting in the sinking of approximately 34.56 % of the wells. Also, three (3) campaigns dominated by onion and potato crops are practiced in this valley. Almost all the wells are concentrated in the koris bed and approximately 85 % have an impoundment depth of one (1) meter. In addition, the groundwater is recharged only in the rainy season. About 85 % of producers attribute the water problem to the increase in cultivated areas. This study shows that the exploitation of the surface exceeds the capacity of the water resource of the groundwater. Consequently, taking these results into account will allow actors to prevent the overexploitation of the water table.

Keywords : *Boghol, Aïr, irrigation, ground water, Agadez, Development.*

1. Introduction

La disponibilité des ressources en eau reste un enjeu majeur pour le développement de l'agriculture irriguée et les activités socioéconomiques [1]. De toutes les activités, l'irrigation est le secteur d'activité qui prélève et consomme le plus d'eau [2]. En effet, l'irrigation est considérée comme un moyen d'augmentation de la productivité, de diversification et d'intensification de la production tout en la sécurisant contre les risques de sécheresse [3]. Elle permet particulièrement aux couches vulnérables, constituées de petits producteurs, de diversifier leurs sources de revenus, avec la mise en culture des spéculations de contre saison à forte valeur ajoutée et de contribuer à l'amélioration de leur sécurité alimentaire [4]. Dans la partie nord du Niger, en particulier dans le massif de l'Aïr où se situe la zone d'étude, l'irrigation est assurée à partir des nappes alluviales peu profondes, de faible extension, et fortement tributaires de la pluviométrie [5]. Le climat de la région est de type tropical subdésertique caractérisé par une très grande aridité [6]. Grâce à la densité du réseau hydrographique du bassin versant, les précipitations génèrent des écoulements qui permettent de recharger la nappe qui constitue la seule ressource en eau disponible [7]. Bien que les nappes soient de faible extension, on observe dans cette zone, un retour massif vers l'agriculture irriguée avec l'extension des superficies aménagées et la diversification des cultures [8]. En effet, autrefois dans l'Aïr, l'irrigation est pratiquée avec des outils et moyens traditionnels souvent archaïques et très peu performants. Les cultures étaient principalement vivrières et sont destinées à l'autoconsommation et à l'alimentation du bétail. Aujourd'hui, le maraichage présente un autre visage en procurant un fort revenu au producteur [9, 10]. Ainsi, la mécanisation avec l'utilisation des tracteurs et motopompes est très répandue, boostant donc la production [11]. Cependant, d'année en année les producteurs sont confrontés au problème d'eau avec le tarissement précoce de la nappe. Ce qui conduit à une baisse voire à une perte totale de la production chez beaucoup de producteurs [12, 13]. Cela entraîne une situation économique et alimentaire complexe pour les producteurs. Au vu de la récurrence de ce problème, le devenir de l'agriculture irriguée sera plongé dans une incertitude dont les effets auront des lourdes conséquences sur le développement économique de la zone [14, 15]. Ainsi dans cette situation de raréfaction des ressources en eau, il est indispensable de connaître les principaux facteurs qui y contribuent [16, 17]. Cela permettra de développer des mécanismes qui contribueront à une exploitation durable des ressources naturelles [18]. D'où cette étude a pour but d'analyser la dynamique de mise en valeur afin de déterminer la tendance de la pression des activités maraichères sur la nappe phréatique. Les résultats de cette étude peuvent servir d'alerte aux acteurs dans le but d'exploiter raisonnablement la ressource en eau de la nappe.

2. Méthodologie

2-1. Présentation de la zone d'étude

La vallée de Boghol est située dans la commune rurale de Dabaga à 25 km du chef-lieu de la commune et à 30 km de la ville d'Agadez (**Figure 1**). La superficie du bassin versant de cette vallée est estimée à 169,11 km² dont 12 % sont irrigables [19]. Le réseau hydrographique est marqué par la domination du koris principal de Boghol qui se forme à la confluence de deux koris qui prennent naissance dans les montagnes de Dabaga-Est. Son bassin a une forme allongée d'orientation Nord-Sud et se subdivise en trois (3) parties : le sous-bassin 1 situé en amont, le sous-bassin 2 dans la partie centrale et le sous-bassin 3 en aval. La végétation du bassin versant est surtout concentrée sur les bordures des cours d'eau constituant ainsi des cordons ripicoles (*Salvadora persica*, *Calotropis procera*, *Boscia senegalensis*, *Acacia raddiana*, etc.). La faune sauvage du site de Boghol renferme une diversité d'espèces fauniques composée de mammifères, d'espèces aviaires et des reptiles (le singe patas, le babouin, le chacal, l'écureuil, le lézard à queue épineuse, la vipère, etc.).

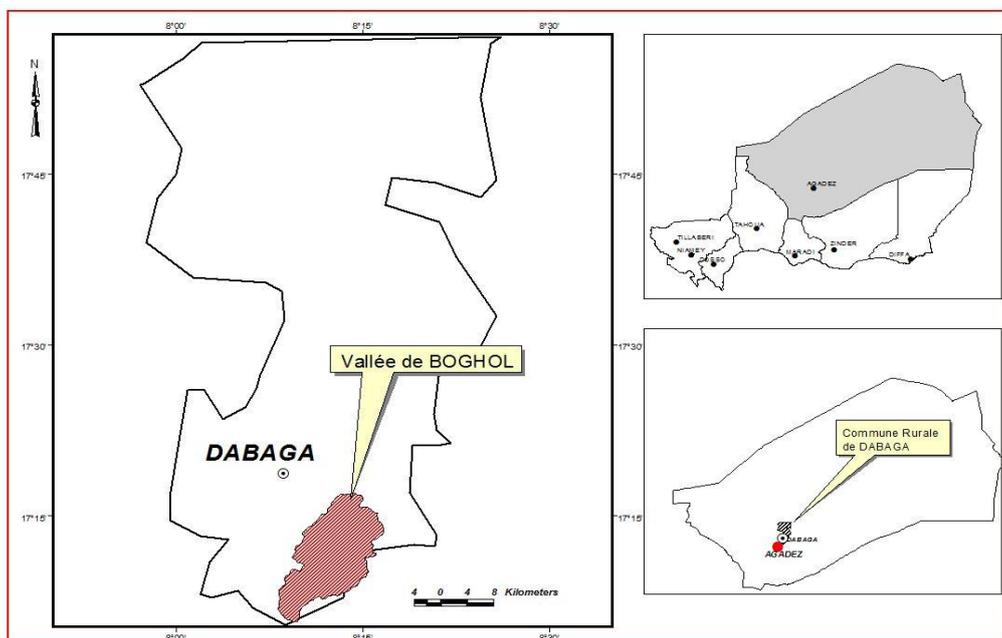


Figure 1 : Carte de localisation de la zone d'étude

2-2. Enquête terrain

Elle a été menée auprès des producteurs afin de recenser les différentes cultures pratiquées et les superficies qu'elles occupent. Ces cultures ont été recensées par ordre d'importance dans l'exploitation et en fonction des saisons. Par ailleurs, la question de problème d'eau dans la vallée a été posée aux producteurs pour collecter leurs avis sur les causes du tarissement précoce des puits d'une part et sur les types de solution à apporter d'autre part.

2-3. Estimation des superficies mises en valeur

Tout d'abord une réunion a été tenue avec les chefs des villages et quelques producteurs pour identifier les producteurs qui détiennent des actes de sécurisation foncière des jardins. Ensuite, les superficies des terres mises en valeur dans la vallée ont été déterminées à l'aide d'un GPS en parcourant les périmètres des jardins des producteurs n'ayant pas d'acte de sécurisation foncière. Pour ceux qui disposent des actes, la superficie mentionnée a été directement considérée.

2-4. Inventaire et caractérisation des ouvrages de captage

Les puits de la vallée ont été inventoriés et géo référenciés à l'aide d'un GPS Garmin 64. La fonctionnalité et les caractéristiques des ouvrages ont été déterminées sur la base des entretiens avec les producteurs et des observations directes sur le terrain.

2-5. Suivi de la nappe phréatique

Un dispositif de suivi de la nappe a été mis en place pour l'identification d'un réseau de huit (8) puits couvrant toute la vallée. L'accès facile aux puits en toutes saisons et les caractéristiques du régime des eaux de la nappe sont les principaux critères de choix des ouvrages. Ainsi, un suivi mensuel à l'aide d'une sonde lumineuse a été opéré au niveau de chaque ouvrage pour relever le niveau statique de la nappe avant le pompage. En effet, le suivi a couvert une année, il a commencé en juin 2019 pour prendre fin en mai 2020. Il a permis d'estimer la quantité des pluies tombées, à travers trois (3) pluviomètres qui ont été installés dans trois (3) sous bassins afin de couvrir toute la vallée. Après chaque pluie tombée, un relevé a été effectué et le pluviomètre a été vidé aussitôt. Une moyenne des résultats des trois (3) pluviomètres a été dressée et exploitée.

2-6. Traitement et analyse des données

Les données numériques ont été traitées avec le tableur Excel. L'analyse des données quant à elle a été faite suivant une approche globale en se servant d'une situation de référence qui a été réalisée antérieurement. Elle a concerné la pluviométrie, les ouvrages de captage et les superficies emblavées. Les données de géoréférencement ont permis la production des cartes en utilisant les logiciels Basecamp, Google Earth et ArcGIS.

3. Résultats

3-1. Perception paysanne sur le problème d'eau dans la vallée

Sur la base des résultats d'enquêtes, 78,52 % des enquêtés pensent que le problème d'eau est lié à l'augmentation des superficies irriguées. En revanche, 21,48 % attribuent ce problème à l'insuffisance des pluies notamment une faible recharge de la nappe phréatique. Par ailleurs, pour solutionner le tarissement des puits, 66,4 % des irrigants pensent qu'il faut procéder à la réalisation des ouvrages qui contribueront à la recharge de la nappe. Tandis que 33,6 % estiment qu'il faut avoir une pluie normale dans le temps pour générer des écoulements qui rechargeront la nappe.

3-2. Type de spéculiation pratiquée

L'occupation des superficies par spéculiation selon les saisons est présentée dans les *Figures 2, 3 et 4*. L'analyse de ces résultats révèle que trois (3) campagnes par an se pratiquent dans cette vallée dont une campagne en saison d'hivernage allant de juillet à septembre et dominée par la culture d'oignon. Une autre en saison sèche froide qui s'étend d'octobre à mars et dominée par la culture de la pomme de terre. Enfin une dernière en saison sèche chaude allant d'avril à juin et encore dominée par l'oignon. En outre, d'autres cultures comme l'ail, le chou, la laitue, le blé, le maïs, la pastèque, le piment vert, le sorgho, le gombo et la corète sont produites presque en toutes saisons, mais avec des proportions relativement faibles.

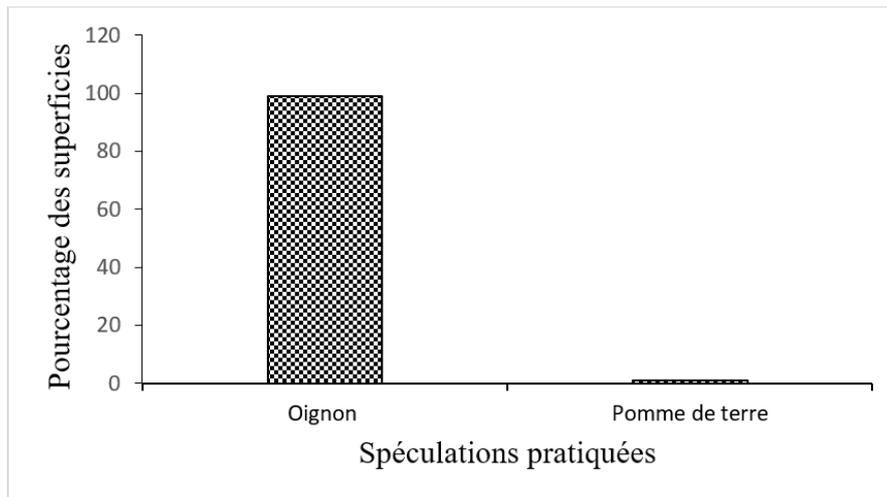


Figure 2 : Proportions des superficies occupées par spéculation en saison des pluies

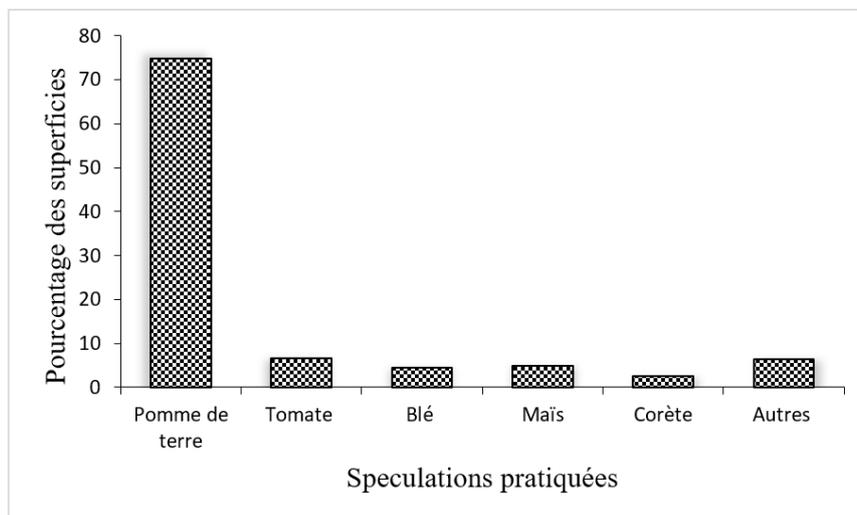


Figure 3 : Proportions des superficies occupées par spéculation en saison froide

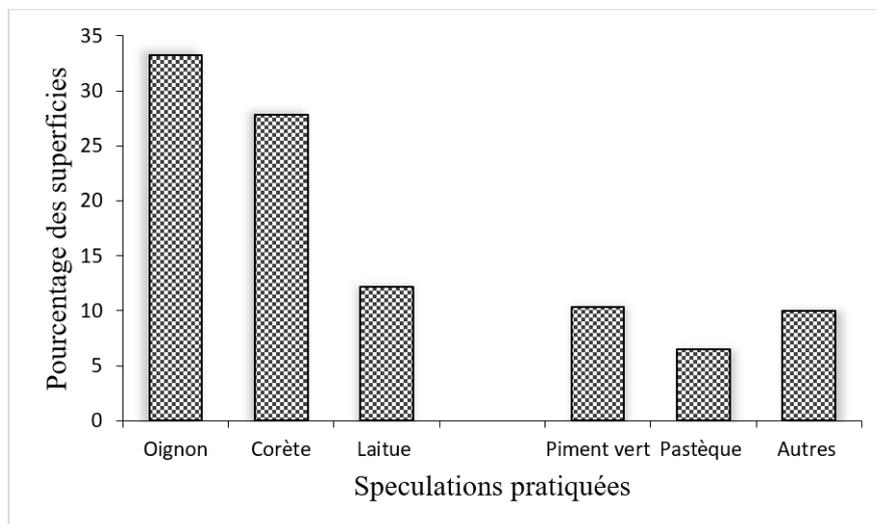


Figure 4 : Proportions des superficies occupées par spéculation en saison chaude

3-3. Évolution des superficies mises en valeur

Les résultats de l'estimation des superficies mises en valeur montrent qu'environ 323,83 ha ont été exploités en 2019. La **Figure 5** montre l'évolution des superficies emblavées dans la vallée entre les années 2016 à 2019. Ainsi on observe une baisse des superficies emblavées avec des valeurs de 413,4 ha et 270 ha respectivement pour les années 2016 et 2018. Ensuite, on observe une reprise de la croissance des superficies à partir de l'année 2018.

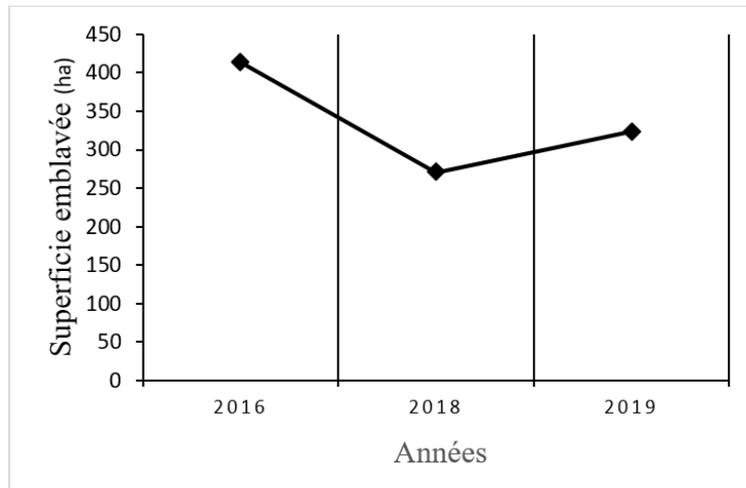


Figure 5 : Évolution de la superficie emblavée dans la vallée

3-4. Évolution du nombre des ouvrages de captage

L'inventaire montre que les ouvrages de captage des eaux sont des forages et des puits. Ces derniers couvrent environ 98,56 % de tous les ouvrages de captage dans la vallée, leur fonctionnalité est autour de 90,69 %. En effet les résultats montrent que le fonçage des puits a une croissance continue de 2015 à 2019. La croissance la plus remarquable s'observe en 2019 où le nombre de puits est au pic comme l'illustre la **Figure 6**. La carte issue des données du géoréférencement montre que les ouvrages de captage sont essentiellement développés le long des koris (**Figure 7**).

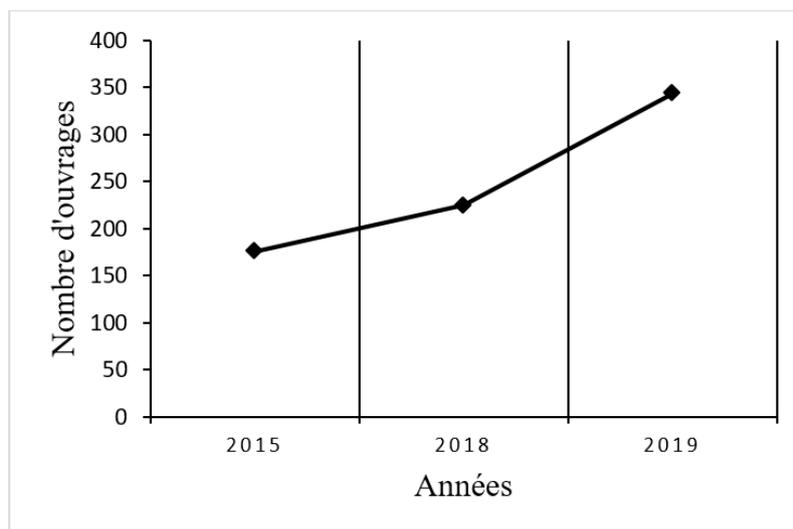


Figure 6 : Évolution du nombre des puits dans la vallée

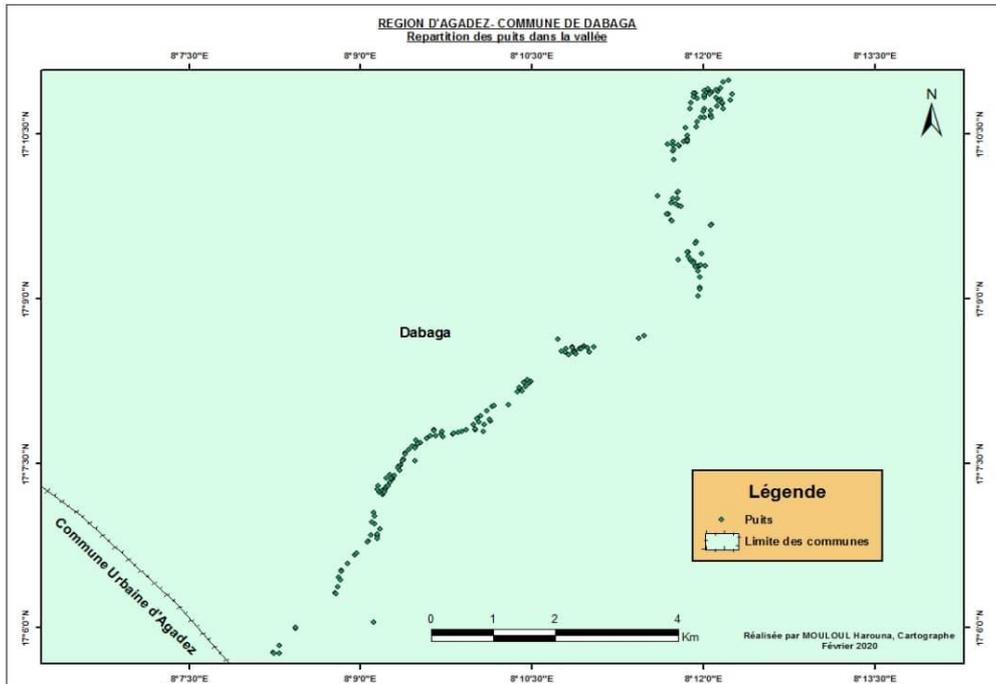


Figure 7 : Carte de répartition des ouvrages de captage

3-5. Caractéristiques des puits et des moyens d'exhaure

Les puits recensés sont des puits cimentés mono-colonne de diamètre 140 cm avec une margelle de 0,5 m. La profondeur totale est comprise entre 5 et 20 m selon la position d'implantation de l'ouvrage. En effet, la profondeur de mise en eau faite en saison sèche pour la plupart des puits est inférieure ou égale à 1m. Cependant, quelques-uns plus profonds peuvent atteindre 2,5 m. Ainsi, la **Figure 8** présente la proportion des puits selon la profondeur de mise en eau. Les motopompes à essence et à gaz constituent les moyens d'exhaure utilisés par l'ensemble des producteurs.

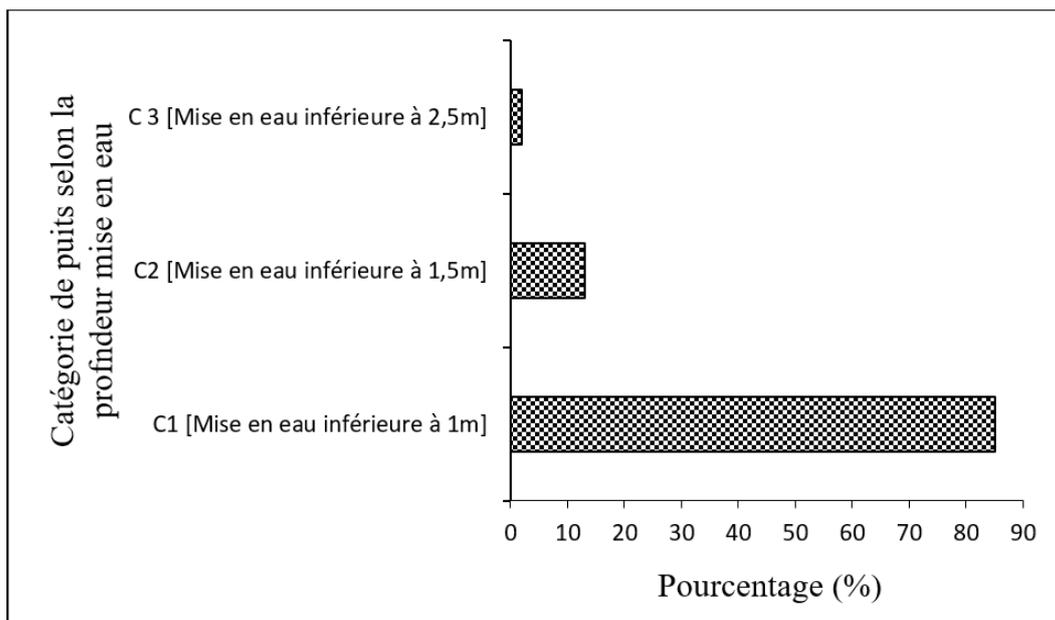


Figure 8 : Pourcentage des puits selon la profondeur de mise en eau

3-6. Fluctuation de la nappe

Le cumul des pluies enregistrées entre juin et octobre s'élève à 270 mm rehaussant du coup le niveau de la nappe. En effet, la recharge la plus importante est observée au mois d'août correspondant au mois le plus pluvieux. On enregistre ainsi avec les écoulements une recharge ayant rehaussé le niveau de la nappe d'environ 479 cm et 988 cm respectivement en amont et en aval dont la **Figure 9** indique respectivement les puits Guermawan et celui Inatambar. La **Figure 10** montre la fluctuation de la nappe au niveau des ouvrages suivis dans la vallée.

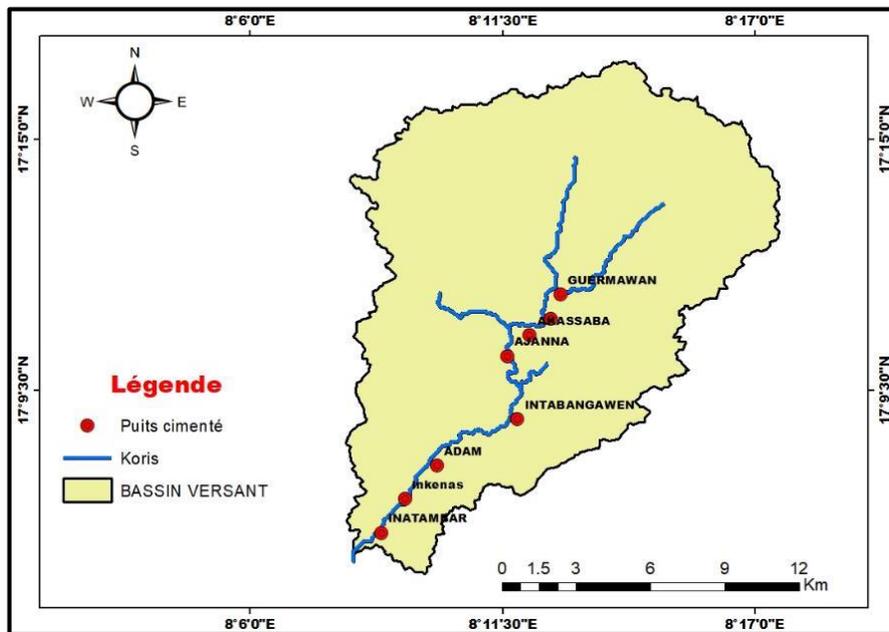


Figure 9 : Emplacement des puits suivis dans la vallée

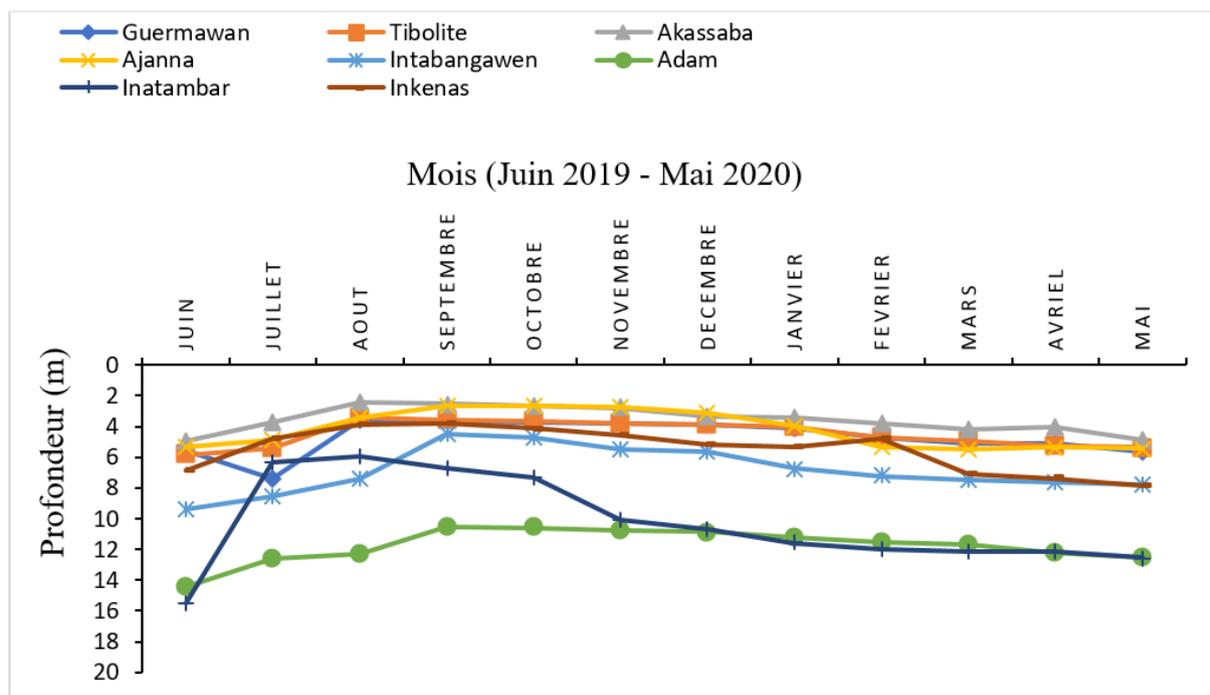


Figure 10 : Fluctuation annuelle de la nappe

4. Discussion

4-1. Problème d'eau dans la vallée

Les résultats obtenus montrent que la majorité des producteurs sont conscients des problèmes qu'ils vivent. Cette prise de conscience montre l'ampleur de la situation car concerne tous les producteurs. En effet, une grande partie tente de connaître les causes tout en proposant des pistes de solutions. Cette situation constitue un atout déterminant pour la résolution du problème, du fait de la disponibilité des producteurs à collaborer pour y remédier de façon durable.

4-2. Spéculations et superficies exploitées

Pour toutes les saisons, l'oignon et la pomme de terre, constituent les principales spéculations produites dans la vallée de Boghol et sont essentiellement destinées à la vente. Cette tendance est également observée dans la même vallée [19]. Ces cultures sont hautement consommatrices d'eau comparées à celles pratiquées précédemment qui étaient dominées par le maïs, le blé, l'orge et les épices [20]. Ce changement de cultures ne peut pas être sans conséquence sur le régime de la nappe. Surtout que l'on observe à travers les résultats, une augmentation des superficies mises en valeur d'année en année. Ce phénomène est observé dans la vallée de Timia, avec l'envahissement des parties rocheuses, le défrichement et l'exploitation des espaces pastoraux pour étendre les aires de culture [6]. Cependant, entre les années 2016 et 2018 les inondations ont occasionné des dégâts, dont principalement la diminution des superficies mises en valeur [21]. Malgré cela, le rythme de croissance des superficies reprend sa dynamique à partir de l'année 2018. Ceci montre clairement que les activités maraichères sont en pleine croissance dans la vallée de Boghol. Cette situation a pour corollaire l'augmentation de la demande en eau pour la satisfaction des besoins des cultures. Le cas le plus préoccupant concerne les périodes de fortes chaleurs où l'évapotranspiration est importante et le niveau de la nappe est en baisse.

4-3. Ouvrages de captage et leurs caractéristiques

L'évolution des ouvrages rime avec la croissance des superficies irriguées dans la même période. Cela montre l'augmentation du régime d'exploitation de la nappe. Ces ouvrages présentent une profondeur de mise en eau relativement acceptable et donnent une bonne fonctionnalité, car le fonçage se fait dans la plus part des cas en saison sèche qui correspond à la période de basse eau. Ainsi, avec cette fonctionnalité, les producteurs peuvent exploiter la nappe sans difficulté, surtout avec l'avènement des motopompes fonctionnant avec le gaz qui facilite le pompage. En effet, cette source d'énergie qu'est le gaz, réduit considérablement le coût de pompage, car il est moins cher que l'essence. L'utilisation des motopompes provoque l'intensification des prélèvements au niveau des sources d'eau [22]. Cette pratique intensive a des conséquences sur la capacité de la nappe, car elle conduit de fois à son tarissement précoce. En outre la carte de répartition des ouvrages de captage montre que les puits sont essentiellement concentrés le long du koris principal. En effet, plus on s'éloigne du cours d'eau, plus la densité des puits devient très faible. Cela montre que les zones à proximité du koris qui est la zone de convergence de drainage des eaux de pluies, constituent les points potentiels susceptibles de contenir l'eau, donc favorables à l'implantation des ouvrages [23]. Cette concentration des puits le long du koris pousse à affirmer que la largeur de la nappe est faible.

4-4. Dynamique de la nappe

Les pluies ont connu une amélioration comparativement aux années antérieures dont la moyenne annuelle est autour de 150 mm/an [24]. Cela pourrait s'expliquer par les effets du changement ou variabilité climatique qui améliorent relativement la quantité des pluies dans la région d'Agadez [25]. L'amélioration des pluies

engendre à son tour, l'amélioration des écoulements surtout que le bassin versant présente un réseau de cours d'eau très dense. Ces écoulements ont un effet sur la nappe, car les résultats montrent que la recharge ne s'effectue que pendant la saison des pluies. Ainsi, la forte remontée du niveau d'eau dans les puits pendant cette période, montre le caractère tributaire de la recharge qui est liée aux pluies. La recharge la plus importante est observée au mois d'août correspondant au mois le plus pluvieux de l'année. Ces résultats confirment plusieurs études sur la dynamique de la recharge de la nappe qui constitue une condition de disponibilité de ressource en eau pour multiples usages dont l'irrigation [26 - 28]. Après la saison des pluies, on observe une diminution continue du niveau de la nappe dans l'ensemble des ouvrages suivis. Ainsi, la baisse du niveau de la nappe témoigne de l'importance de la pression qui lui est exercée ces dernières années [29, 30]. En somme, la conjugaison des pratiques comme l'augmentation des superficies irriguées, la mécanisation grâce aux tracteurs, l'utilisation des motopompes et le développement des cultures de rente sont des facteurs qui contribuent à la surexploitation de cette nappe conduisant ainsi à son tarissement précoce. Il est donc urgent de prendre des mesures afin de stopper leur tendance à se dégrader et de préserver leur intégrité et leur productivité [31].

5. Conclusion

Il ressort de cette étude que le rythme de développement de la mise en valeur de la vallée de Boghol est en déphasage avec les ressources en eau disponibles. Ainsi, les superficies mises en valeur ont connu un taux de croissance élevé ayant occasionné à la même période, l'augmentation d'un nombre important de puits sur une nappe qui se recharge uniquement en saison des pluies. Les ouvrages de captage des eaux sont essentiellement concentrés dans le lit du koris et la majorité a une profondeur de mise en eau d'environ 1m. En effet, le plus grand nombre des producteurs attribuent le tarissement précoce de la nappe à l'augmentation des superficies entraînant un pompage important pour le besoin d'irrigation des cultures. Ces dernières sont essentiellement l'oignon en saison d'hivernage et en saison sèche chaude, et la pomme de terre en saison sèche froide. A l'égard de ces résultats qui alertent sur la pression exercée sur la nappe, il est indispensable de prendre des dispositions qui permettront de rationaliser cette activité en vue d'une exploitation durable des ressources.

Références

- [1] - E. S. G. SAURET, " Etude des potentialités hydrogéologiques d'une plaine alluviale en relation avec les eaux souterraines et de surface dans un contexte d'agriculture irriguée (Burkina Faso) ", Thèse de doctorat, Université de Liège, Belgique, (2013) 179 p.
- [2] - FAO, Besoins et prélèvements d'eau pour l'irrigation par pays, (2012)
- [3] - A. EHRNROOTH, L. DAMBO et R. JAUBERT, Projets et programmes de développement de l'irrigation au Niger (1960-2010) : Eléments pour un bilan, Rapport d'étude, (2011)
- [4] - M. AHMED, Rapport pour l'identification, la conception et le développement des solutions adaptées aux systèmes d'irrigations, selon le choix de systèmes opéré par le Niger pour la Préparation du PARIIS, Rapport d'étude, Niamey, (2016)
- [5] - I. ALHASSANE, "Evaluation des ressources en eau souterraines du bassin de Timia (Massif de l'Aïr, Nord du Niger) : Impacts de la variabilité climatique et des activités anthropiques". Thèse de doctorat, Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger, (2018) 238 p.
- [6] - S. KARIMOUNE, O. K. S. TANKO et H. ISSIAKA, Variabilités climatiques et évolution de l'occupation des sols dans l'oasis de Timia, *Geo-Eco-Trop*, 41 (3) (2017) 359 - 374

- [7] - C. SIDI, Projet de renforcement et d'extension des réseaux électriques des villes de Niamey, Dosso, Tahoua, Agadez, Zinder, Maradi et Tillabéri, Cadre de gestion environnementale et sociale (CGES), Rapport Final, (2015)
- [8] - A. S. SOUMAILA, Diagnostic des sites/systèmes de culture/systèmes de production intégrant la petite irrigation dans les régions d'Agadez, Tahoua et Tillabéri, Rapport du diagnostic agricole dans la région d'Agadez, (2020)
- [9] - AcSSA, Etude sur les possibilités de développer la culture du blé et du maïs dans la région d'Agadez (Communes de Tchirozérine, Dabaga et Agadez) Rapport Final, (2011)
- [10] - K. P. A. KOUAKOU, Déterminants économiques et impact social du secteur maraîcher dans la commune de Boundiali, *Agronomie Africaine*, N° Spécial (8), Agriedays, (2019) 103 - 113
- [11] - M. GIBIGAYE, Politique de mécanisation et production agricole dans la commune de Glazoue au centre du Bénin, *Revue de Géographie Tropicale et d'Environnement*, 2 (2013) 56 - 64
- [12] - S. C. ATIDEGLA, H. D. KOUMASSI et E. S. HOUSSOU, Variabilité climatique et production maraîchère dans la plaine inondable d'Ahomey-Gblon au Bénin, *Int. J. Biol. Chem. Sci*, 11 (5) (2017) 2254 - 2269
- [13] - I. MAHAMADOU, B. JOACHIM, S. KABIROU and O. B. SANI, Analyse des contraintes foncières et culturelles du maraichage dans le département de Kantché au Niger : cas du périmètre irrigué de Tassaou, *European Scientific Journal*, 14 (30) (2018) 1857 - 788
- [14] - M. SBAA et M. VANCLOOSTER, La gestion des ressources en eau au Maroc face aux changements climatiques, état des lieux et alternatives technologiques d'adaptation, *Annales des Sciences de la Santé*, 14 (1) 24 - 53
- [15] - H. H. SEYNI, B. OUSMANE, I. SOUMANA, B. YAMBA, Impacts des activités socio-économiques sur les ressources en eau du barrage de Téra au Niger, *Afrique Science*, 10 (2) (2014) 149 - 172
- [16] - WWAP, Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2018 : Les solutions fondées sur la nature pour la gestion de l'eau, Paris, (2018)
- [17] - M. TAABANI et M. E. JIHAD, Eau et changement climatique au Maghreb : quelles stratégies d'adaptation ? *Les Cahiers d'Outre-Mer*, 260 (2012) 493 - 518
- [18] - A. GARBA, I. T. DJIMA, L. ABDU et A. MAHAMANE, Caractérisation de la végétation ligneuse du bas dans la commune rurale de Bagaroua (région de Tahoua), *Int. J. Biol. Chem. Sci* 11(2) (2017) 571 - 584
- [19] - PromAP, Schéma d'aménagement de la vallée de Boghol, Rapport d'étude, (2018)
- [20] - BRL, Memento de l'irrigation, (2019)
- [21] - DRGR, Plan d'aménagement du site de Boghol commune rurale de Dabaga. Rapport d'étude, Agadez, (2016)
- [22] - A. BENTALEB, Pompage de l'eau et désertification dans la Vallée du Draâ moyen : cas de la palmeraie de Mezquita (Maroc), *Insaniyat*, 51 (52) (2011) 65 - 81
- [23] - K. E. G. KOUAKOU, L. DOSSO, L. N. KOUAME, A. P. SOMBO et B. C. SOMBO, Prospection des eaux souterraines dans la localité de Bondoukou (nord-est de la côte d'ivoire) : Apport de la méthode électrique, *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 26 (2015) 194 - 211
- [24] - A. K. H. SALEY, Évaluation des ressources en eau de l'aquifère du Continental Intercalaire/Hamadien de la Région de Tahoua (bassin des Lullemeden, Niger) : impacts climatiques et anthropiques. Thèse de doctorat, Université Paris Saclay et Université de Niamey, Orsay, (2018) 252 p.
- [25] - DMN, La marche de notre climat, Bulletin climatique mensuel, Niamey, (2020)
- [26] - M. S. A. BABAYE, Evaluation des ressources en eau en eau souterraine dans le bassin de Dargol (Liptako-Niger). Thèse de Doctorat, Université de Liège et Université Abdou Moumouni de Niamey, Belgique, (2012) 265 p.
- [27] - S. NOFAL, Étude du fonctionnement hydrodynamique de la nappe alluviale d'Avignon : Impact de l'usage du sol sur les mécanismes de recharge, Thèse de doctorat, Université d'Avignon et des pays de Vaucluse, France, (2014) 146 p.

- [28] - CNEDD, Quatrième communication nationale sur les changements climatiques : Rapport d'étude sur la vulnérabilité et l'adaptation aux changements climatiques dans le secteur ressources en eau, Niamey, (2020)
- [29] - A. ILLIAS, M. S. A. BABAYE, I. S. BARAOU, B. OUSMANE et R. ADAMOU, Influence du système de fracturation sur le fonctionnement hydrodynamique de la nappe du Tarat, Bassin de Tim Mersoï, Nord Niger, *Afrique Science*, 15 (4) (2019) 81 - 95
- [30] - OSS, Pour une meilleure valorisation de l'eau d'irrigation dans le bassin du SASS, Diagnostic et recommandations, Tunisie, (2015)
- [31] - FAO, L'état des ressources en eau et en terre pour l'alimentation et l'agriculture dans le monde, Gérer les systèmes en danger, Rome (2011)