

La vallée fossile de Goulbi N’kaba au Niger, ressources et potentialités agro-sylvo-pastorales

Ali Alhassane*¹, Idrissa Soumana¹, Madjidou Oumarou², Ali Mahamane³

¹Département des Productions animales, Institut National de la Recherche Agronomique du Niger, BP : 429, Niamey, Niger

²Laboratoire de Recherche en Biologie Appliquée, Université d’Abomey-Calavi 01 BP 526 Cotonou, Bénin.

³Faculté des Sciences et Techniques, Université Abdou Moumouni de Niamey, BP 10662 Niamey, Niger

Résumé :

Le zonage agro-écologique du Niger permet de distinguer plusieurs zones caractérisées par d’importantes ressources naturelles et des potentialités agricoles, sylvicoles et ou pastorales. La vallée du Goulbi N’kaba, située dans la région de Maradi au Centre-sud du Pays, est l’une de ces zones agro-écologiques. Cette région est caractérisée par un fort taux d’accroissement de la population qui dépend essentiellement de l’exploitation des ressources naturelles à travers notamment les activités agricoles ce qui entraîne une pression anthropique sur les sols et les ressources naturelles et une dynamique d’occupation des sols. Cette revue bibliographique a permis de mettre en exergue d’importantes ressources agrosylvopastorales dont regorgent cette vallée mais aussi des contraintes et des opportunités pour leur exploitation durable. Des propositions d’actions ont été faites pour exploiter durablement toutes les potentialités agrosylvopastorales de cette vallée et faire face aux différentes contraintes.

Mots clés: Ressources agrosylvopastorales, Goulbi N’Kaba, Niger

Date of Submission: 01-06-2021

Date of Acceptance: 14-06-2021

I. Introduction

Le Niger est un pays où la majeure partie de la population dépend de l’agriculture et de l’exploitation des ressources naturelles. Le zonage agro-écologique du pays a permis de distinguer plusieurs zones caractérisées par d’importantes ressources naturelles et des potentialités agricoles, sylvicoles et ou pastorales. La vallée du Goulbi N’kaba, située dans la région administrative de Maradi au Centre-sud du Pays, est l’une de ces zones agro-écologiques. Cette vallée est essentiellement connue et caractérisée par la présence de peuplements importants de palmiers doums d’où son nom en Haoussa (la langue locale) Goulbi N’Kaba (vallée des palmiers doums) (ORSTOM, 1964, Seidou, 2011, Dan Lamso *et al.* 2015). La population dans la zone du Goulbi N’Kaba est composée de Haoussa (70%), de Touaregs (25%) et de Peuhls (5%) qui ont pour activités principales l’agriculture et l’élevage (CIRAD, 2004 ; Yahouza *et al.* 2018 B). Bien que depuis 1975, la superficie des terres mises en cultures dans la région était supérieure à 60 % avec moins de 20 % des terres en jachère, la vallée du Goulbi N’Kaba, réserve de palmiers Doums et zone de pâturage, était peu entamée par les cultures (Raynaud, 1979). Cependant, cette région qui se caractérise par une forte densité humaine surtout dans sa partie sud agricole (plus de 60 habitants/km²) et un taux d’accroissement voisin de 3,6 % par an (Peltier *et al.* 2008) constitue l’une des zones agricoles du pays où la pression anthropique sur les sols et les ressources naturelles est très forte, engendrant une dynamique d’occupation des sols à cause notamment de l’avancée du front agricole (Mahamane *et al.* 2007, Dan Lamso *et al.* 2015). Ainsi, cette vallée qui était jadis épargnée, est actuellement en grande partie mise en culture. On y distingue, une zone sylvopastorale qui occupe le lit mineur et une zone agricole sur les berges et terrasses adjacentes et le lit majeur (Illo Souley, *et al.* 2018). Cependant, toutes les activités agricoles qui s’y déroulent se font au dépens de la végétation (Dabin, 1959). Ainsi, ce travail est une synthèse des données sur les ressources naturelles et leurs exploitations, les potentialités agro-sylvo-pastorales, les opportunités et les menaces qui pèsent sur les ressources naturelles de cette vallée.

II. Situation géographique et hydrographique

La vallée du Goulbi N’Kaba est une unité hydrologique en voie de fossilisation (RN, 1999). Elle est située dans la région administrative de Maradi au Niger entre 13°20 et 14°00 de latitude Nord et 6°30 et 8°10 de longitude Est (CIRAD, 2004). Elle prend sa source au Nigéria, traverse sur environ 270 km, avec une largeur variant entre 200 m et 5 km, le centre de la région de Maradi (Départements de Gazaoua, Tessaoua, Mayahi, Dakoro et GuidanRoumdji) et l’extrême sud-est de la région de Tahoua avant de retourner au Nigéria (Figure 1) (CIRAD, 2004, RN 2004, Ado *et al.* 2017, Yahouza *et al.* 2018 B) Elle ne coule presque plus dans la partie

nigérienne. Néanmoins, deux de ses affluents, prenant leur source au Nigéria (le Goulbi El Fadama et le Goulbi May Farou), ont des écoulements intermittents pendant la saison des pluies (Sogheta, 1964 cité par Yahouza *et al.* 2018 B). On y trouve également quelques mares temporaires et semi-permanentes, localisées principalement dans la vallée (Yahouza *et al.* 2018 B). Le bassin du Goulbi N'Kaba est composé de trois sous-bassins: le sous-bassin prenant sa source aux environs de Oualaléoua dans le Nord Damagaram et qui passe par Ourafane et Mayahi pour se jeter dans le Goulbi ; le sous bassin prenant sa source au Nigéria et passant Yataoua (Tessaoua) et Kanan Bakatché où il se jette dans le grand Goulbi ; et le sous-bassin de la branche qui prend sa source au Sud de Tchadoua et se jette dans le Goulbi Kaba. Les bassins du Goulbin-Kaba, du Goulbi Maradi et de la Tarka, toutes des vallées à écoulements intermittents et souvent violents en saison de pluies, coulent en direction du bassin mineur du fleuve Niger. Ils se jettent dans le Sokoto Rima au Nigéria (à quelques kilomètres au Sud de la frontière Nigéro-Nigériane) qui à son tour se jette dans le fleuve Niger à environ 80 km en aval de Gaya (CNEDD, 2002 ; RN, 2013)

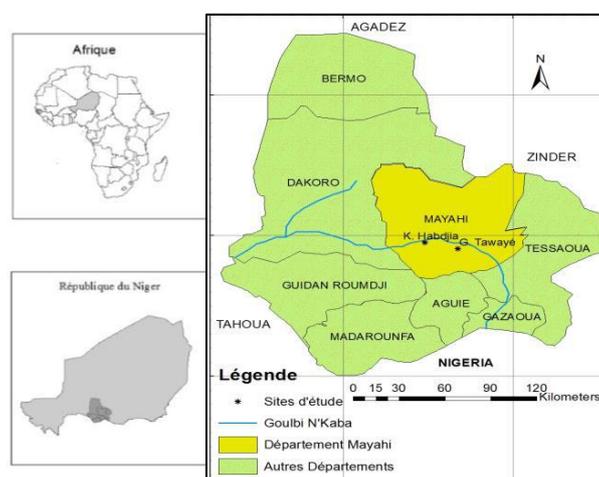


Figure 1 : Localisation de la vallée de Goulbi N'kaba (adaptée de Ado *et al.* 2017 et Illo Souley *et al.* 2018)

III. Climat

Le climat de la zone est de type sahélien caractérisé par une longue saison sèche (octobre à mai) suivie d'une courte saison pluvieuse (juin à septembre). Les précipitations, de courtes durées (Mahé *et al.*, 2005 cité par Yahouza *et al.* 2018 B) sont très variables d'une année à l'autre. Pour la période de 1950 à 2015, les moyennes interannuelles sont respectivement de 525 mm à Maradi aéroport (au sud), 471 mm à Tessaoua (au centre) et 368 mm à Dakoro (au nord). La température varie en moyenne de 18°C aux mois de décembre à mars, à 40,5 °C aux mois d'avril et mai. Les vents dominants sont, l'harmattan en saison sèche et la mousson en saison humide. L'évapotranspiration potentielle moyenne annuelle peut atteindre plus de 2000 mm. Le mois d'août est le plus humide avec une moyenne de 178,02 ± 34,84 mm. Les durées maximale, minimale et moyenne d'insolation sont respectivement de 9 h 21mn 36 s ± 27 mn, 7 h 44 mn 24 s ± 27 mn et 8 h 42mn ± 27 mn. Les vents dominants sont, l'harmattan en saison sèche et la mousson en saison humide. L'évapotranspiration potentielle moyenne annuelle peut atteindre plus de 2000 mm. (CIRAD, 2004, Illo Souley *et al.* 2018, Yahouza *et al.* 2018 B). La figure 2 présente le climogramme de la station de référence de Maradi de 1970 à 2015.

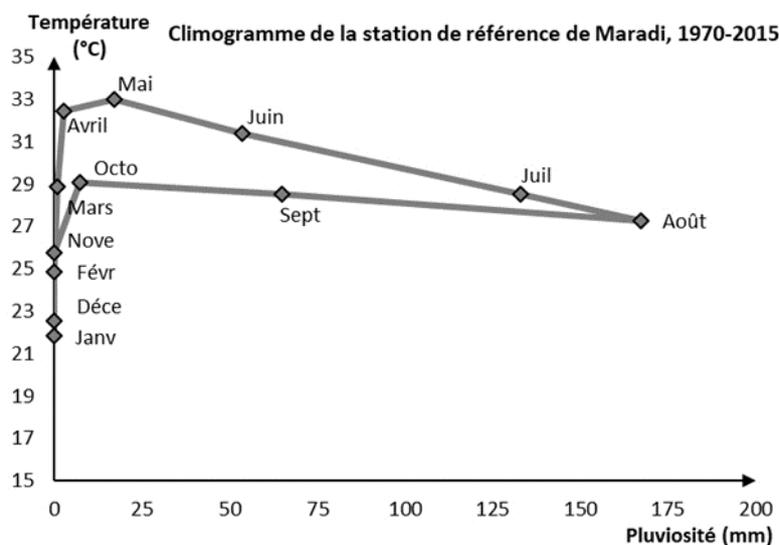


Figure 2 : climogramme de la station de référence de Maradi de 1970 à 2015 (Illo Souley, *et al.* 2018).

IV. GEOLOGIE

Sur le plan géologique, le remplissage du bassin de Goulbi N'Kaba est essentiellement constitué de sables grossiers et moyens à galets provenant de l'altération du socle cristallin, du remaniement des grès du Continental Intercalaire, du Continental Hamadien, et des alluvions anciennes. Les dépôts de comblement de la vallée, d'une épaisseur variant de 25 à 40 mètres (Sogheta, 1964 ; Greigert, 1969 cités par (RN, 2013), sont surmontés par de sables éoliens. Ces formations géologiques renferment un aquifère à nappe libre, capté à des profondeurs variant de 5 m dans le secteur amont, d'environ 30 m dans le secteur central et de moins de 20 m dans le secteur aval (Cabinet Labaran, 2015 cité par RN, 2013).

V. Flore et végétation

La végétation du Goulbi N'Kaba est constituée de steppe arbustive et arborée à trois strates, arborée, arbustive et herbeuse (Saadou, 2004). *Hyphaene thebaica* est l'espèce caractéristique de la vallée de Goulbi N'Kaba, celle qui lui a donné son nom, mais, des nombreuses espèces d'arbres sont associées au doum (Peltier *et al.* 2008) et cette vallée regorge plusieurs espèces végétales herbacées et ligneuses. Les travaux de Saadou (2004) ont permis de recenser au total 148 espèces végétales dont 16 espèces ligneuses et 132 herbacées. Ces espèces sont réparties dans 40 familles. Les travaux réalisés par Ado *et al.* 2017 sur la flore ligneuse ont permis de recenser 42 espèces ligneuses réparties dans 19 familles. Outre le palmier doum, les principales espèces forestières par ordre décroissant de densité sont : *Calotropis procera*, *Acacia raddiana*, *Acacia albida*, *Leptadenia pyrotechnica*, *Bauhinia rufescens*, *Piliostigma reticulatum*, *Ziziphus aegyptiaca*, *Balanites aegyptiaca* (CIRAD, 2004). Plusieurs peuplements ligneux spécifiques ont été identifiés et caractérisés le long du Goulbi N'Kaba : les peuplements à *Diospyros mespiliformis* Ado *et al.* 2017, les peuplements de *Sclerocarya birrea* (A rich.) Hochst (Alhassane, 2019), les peuplements d'*Hyphaene thebaica* (CIRAD, 2004 ; Peltier Ado *et al.* 2017 2008 ; EPER, 2020). Cependant, la dégradation des écosystèmes arides liée classiquement aux changements climatiques et les activités humaines (Anthelmeetal, 2006) entraîne, comme partout au sahel (Ballouche et Neumann, 1995 ; Younoussa *et al.* 2018 ; Kadéba *et al.* 2019) une modification de la flore et de la structure de la végétation. Ainsi, une étude conduite sur l'évolution de la composition floristique entre 2004 et 2014 révèle une diminution de la diversité floristique durant cette période. La diversité spécifique de 2004 (150 espèces) est supérieure à celle de 2014 (99 espèces). Le nombre de familles de 2004 (40) est supérieur à celui de 2014 (30). Il en est de même pour les genres de 105 à 74 genres respectivement pour 2004 et 2014. Aussi, certaines espèces deviennent abondantes et dominantes et d'autres régressent (Illo Souley, *et al.* 2018).

VI. Ressources en eaux

L'accès à l'eau au Sahel reste un problème particulièrement complexe et des nombreuses parties du Sahel bien que disposant d'un fort potentiel en eau souterraine, n'en exploitent qu'une très faible part, ne permettant de ce fait qu'un niveau de satisfaction des besoins encore très faible (Peltier *et al.* 2008 ; De Romémont *et al.* 2019) Dans la région de Maradi, les ressources en eau, notamment celles de la nappe alluviale, constituent un enjeu majeur pour le développement socio- économique de la région (Yahouza *et al.* 2018 B). Ainsi, la connaissance et l'exploitation de ces eaux souterraines au sahel permettront de satisfaire les besoins en eau des populations pour les différents usages. Les formations géologiques de cette vallée renferment un

aquifère à nappe alluviale libre captée à des profondeurs variant de 5 m dans le secteur amont, d'environ 30 m dans le secteur central et de moins de 20 m dans le secteur aval (Cabinet Labaran, 2015 cité par RN (2013). Les débits d'exploitation sont plus importants dans les secteurs amont et aval où la nappe alluviale est moins profonde (Sogheta, 1964 ; MHE, 1993) cités par (RN, 2013). Ces eaux alluviales sont légèrement acides, avec un pH variant de 5,2 à 7,2 qui tend à devenir neutre dans le secteur aval. La minéralisation est relativement faible avec une conductivité comprise entre 89,3 et 325 $\mu\text{s}/\text{cm}$, ce qui se traduit par des faciès de type bicarbonatés sodiques et calciques. La pollution nitratée relevée dans le secteur central est d'origine anthropique, liée aux pratiques d'élevage notamment l'abreuvement autour des puits cimentés. Les températures des eaux de la nappe alluviale varient au tour de 30°C (RN, 2013, Yahouza *et al.* 2018B). Ces eaux sont généralement bonnes pour la consommation humaine et pour l'irrigation. Cependant, on y observe des teneurs en fluor et en nitrates qui dépassent les valeurs guides de l'OMS. Les teneurs excessives en fluor relevées au niveau de certains ouvrages semblent indiquer que dans ces secteurs, une nappe alluviale serait confondue avec celles du Continental Intercalaire/Continental Hamadien or les ions fluorures, tolérés par l'organisme vivant à l'état de traces deviennent toxiques et peuvent provoquer des lésions dentaires et osseuses lorsqu'ils sont en excès (Mountadar *et al.* 2000 cité par Moufti et Mohammed (2001). Ces eaux sont utilisées pour l'alimentation en eau potable, l'élevage, l'agriculture et les industries extractives (Yahouza *et al.* 2018 B). Au cours des trois dernières décennies, les prélèvements en eau souterraine ont régulièrement augmenté dans le monde, donnant naissance à de nombreuses situations de déséquilibres entre prélèvements et renouvellement naturel des nappes phréatiques (Montginoul ET Rinaudo, 2009). Dans cette vallée aussi, les prélèvements en eau pour les différents usages, sont de plus en plus croissants compte tenu du poids démographique (INS, 2012 cité par CNEDD, 2002) et du développement des cultures irriguées (PIP, 2006 cité par CNEDD, 2002), pratiquées pour pallier à l'insécurité alimentaire. L'exploitation de la vallée centrale et des environs immédiats de la vallée se fait en général par des puits de profondeur comprise entre 35 et 50 m. Les niveaux piézométriques sont assez profonds et varient entre 20 et 40 m. Ce qui limite la pratique de cultures irriguées dans cette vallée (CNEDD, 2002). Aussi, les variations de profondeur posent un problème d'irrigation d'autant plus que les sols ne s'y prêtent pas, sauf dans la partie centrale du Goulbi (CIRAD, 2004). De plus, il y a lieu de signaler une baisse régulière du niveau piézométrique constaté depuis la mise en place des barrages de Jibiya et de Tabéranau Nigeria (CIRAD, 2004). Cependant, l'hydrogéologie du Goulbi N'Kaba est mal connue (CNEDD, 2002) et la mise en valeur est en partie hypothéquée par la baisse des écoulements liée aux retenues d'eau réalisées en amont au Nigeria (SNDI/CER 2005, SPIN, 2015). Une étude est donc nécessaire pour en savoir plus sur cette ressource en eau, condition pour une meilleure adéquation entre les usages et les potentialités de l'aquifère. (Yahouza *et al.* 2018) Dans le domaine de l'étude des aquifères, il s'est développé une nouvelle méthodologie basée sur l'application des techniques isotopiques devenue de nos jours l'un des principaux outils de recherche appliquée dans le domaine. La capacité de ces outils à obtenir des informations très difficiles voire impossibles à acquérir par les méthodes classiques n'est plus à démontrer tant ils ont apporté et contribué à une meilleure gestion des ressources en eau en général et souterraine en particulier. L'application des techniques isotopiques dans les zones arides et semi-arides s'est montré dès lors d'un apport certain dans la résolution des problèmes liés aux ressources en eau (Moulla *et al.* 2002). La mesure des teneurs en isotopes stables, radioactifs mais également en gaz rares permettent de préciser localement et globalement l'origine des masses d'eau des aquifères, ainsi que la variabilité de leur recharge dans le temps (Moulla et Guendouz, 2003). Ainsi, cette technique peut être utilisée pour étudier les aquifères de cette vallée. Aussi la cartographie des potentialités en eau souterraine peut guider la prise d'une bonne décision pour une gestion efficiente des ressources en eau souterraine. Pour réaliser cette carte, on utilise une base de données constituée des images satellitaires, des relevés techniques de forages, des fonds topographiques et des données hydro-climatiques. La combinaison de ces différentes informations par la méthode d'agrégation des critères permet de générer des indicateurs de disponibilité, d'accessibilité et d'exploitabilité des eaux souterraines. Cependant, leur exploitation pour l'approvisionnement en eau potable sera envisagée, une fois que les analyses physico-chimiques et bactériologiques seront conformes aux normes de potabilité (Cockeret *et al.* 2020)

VII. Ressources en sols

Dans la région de Maradi, quatre secteurs représentent de bonnes potentialités agricoles en raison de vastes superficies irrigables qu'elles offrent. La vallée fossile du Goulbi Kaba avec 217174 ha fait partie de ces secteurs (SNDI/CER, 2005 ; Karimou Barké *et al.* 2015). Les sols du Goulbi N'Kaba sont des sols hydromorphes dont les caractéristiques sont dues à une évolution dominée par l'effet d'excès d'eau en raison d'un engorgement temporaire ou permanent d'une partie ou de la totalité du profil. Cet excès d'eau peut être dû, soit à la présence ou à la remontée de la nappe phréatique, soit au manque d'infiltration des eaux pluviales provoquant une nappe perchée ou un engorgement de surface (Lozet, J. et Mathieu, C., 1986 cités par Karimou Barké *et al.* 2015). Ils ont une texture argilo-limoneuse, une assez bonne capacité de rétention (Karimou Barké *et al.* 2015) avec un pH ($6,27 \pm 0,32$) très légèrement acide et une teneur en carbone faible ($0,42 \pm 0,05$ %). La somme

des bases échangeables est $10,2 \pm 0,57$ méq/100g et la capacité d'échange cationique est de $11,83 \pm 0,90$ méq/100g (Alhassane et al. 2017). Ces sols bénéficient d'une alimentation en eau accrue par leur position géomorphologique et ne semblent pas être affectés par l'érosion hydrique ou éolienne (ORSTOM, 1964). Ils conviennent parfaitement aux cultures maraîchère et céréalière, et à l'arboriculture (Bocquier, G et Gavaud, M. 1966 cités par Karimou Barké et al. 2015). Les principales spéculations cultivées sur ces types de sols sont la canne à sucre, l'oignon, le manioc, la banane, la patate douce, le maïs, la carotte, le piment et des arbres fruitiers notamment le papayer, le manguier, le dattier, le blé, le tabac le moringa, les agrumes, le manguier et le goyavier (Karimou Barké et al. 2015). La figure 3 ci-après présente les types de sol de la région de Maradi.

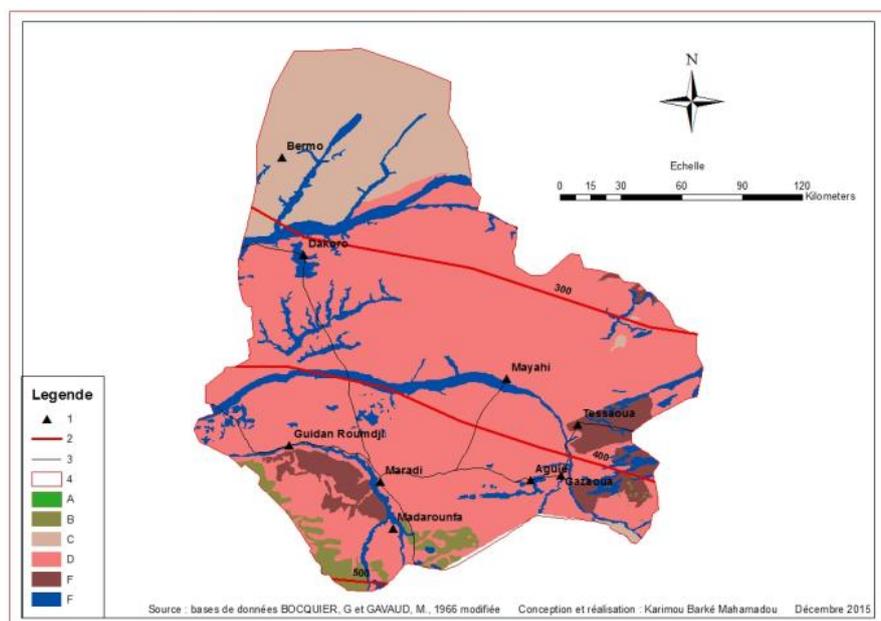


Figure 3: Carte des unités pédologiques de la région de Maradi. 1 : Chef-lieu de Département, 2 : Isohyètes de la période 1990-2007, 3 : Voies de communications, 4 : Limite région de Maradi, 5 : Types de sols- A : Lithosols, B : Régosols associés à des sols ferrugineux non ou peu lessivés, C : Sols bruns rouges, D : Sols ferrugineux tropicaux lessivés, E : Sols ferrugineux tropicaux peu lessivés, F : Sols hydromorphes (Karimou Barké et al. 2015)

La doumeraie contribue beaucoup à la fertilisation des sols dans les champs. D'après Moussa, 1997 cité par (Peltier et al. 2008) le sol était plus fertile à l'intérieur des taches de doum qu'à l'extérieur. La fertilité des sols en présence de la touffe d'*Hyphaene thebaica*, s'améliore significativement et les teneurs en matières organiques, en bases échangeables, en phosphore ainsi que le pH et la CEC diminuent significativement au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la touffe. Ces teneurs sont significativement plus importantes sur les côtés Est et Ouest, directions principales de l'harmattan et de la mousson, que sur les côtés Nord et Sud de la touffe. L'amélioration des paramètres physico-chimiques des sols en présence des touffes d'*Hyphaene thebaica*, est due essentiellement au rôle que joue cette espèce végétale dans l'enrichissement des sols en matières organiques et en éléments minéraux à travers la litière de ses palmes et le piégeage des particules transportées par le vent. (Peltier et al. 2008, Dan Lamso et al. 2015). D'après CIRAD (2004), selon des études menées en 2003, la superficie cultivée du Goulbi consacrée au mil est de 80%, pour 20% seulement au sorgho, les rendements étant respectivement de 508 kg/ha et 246 kg/ha. L'aptitude d'un sol à l'irrigation dépend de ses caractéristiques physiques et chimiques. Les critères déterminants proposés par la FAO (1976) cité par Favreau et Nazoumou, (2010) sont la pente, la capacité de drainage, la texture, la profondeur, les teneurs en carbonate de calcium et en gypse, la salinité et l'alcalinité. Ainsi pour évaluer les ressources en sols de cette vallée, des cartes hydrologiques, hydrogéologiques et pédologiques doivent être croisées dans le cadre d'un système d'information géographique (SIG) afin de préciser davantage les potentialités d'irrigation et calculer les superficies irrigables (Favreau et Nazoumou, 2010).

VIII. Ressources pastorales

Malgré une emprise très forte de l'agriculture, la vallée de Goulbi N'kaba représente l'une des rares zones de parcours stratégique pour les éleveurs au niveau régional (CIRAD, 2004). Elle dispose d'un ensemble d'aire de pâturages accessibles grâce à un important réseau de couloirs de passage délimités et balisés dans certaines parties (PDC, 2006). L'évaluation de la biomasse herbacée réalisée en septembre 2003 par le Service

Département des Ressources Animales (SDRA) et l'antenne PAFN de Mayahi, donne une production moyenne de 1,832 tonne de matière sèche à l'hectare (CIRAD, 2004). L'étude comparative des valeurs pastorales et des capacités de charge des pâturages de la vallée entre 2004 et 2014 (Illo Souley, *et al.* 2018) montre que non seulement la valeur pastorale de ces pâturages est faible mais en plus elle se dégrade au fil des années. Quant aux capacités de charges, bien qu'elles n'ont pas sensiblement évolués entre 2004 et 2014, elles sont très faibles variant de 0,133 à 0,188 UBT/ ha en 2004 (Illo Souley *et al.* 2018). Mais ces dernières années, l'état des ressources pastorales a connu des perturbations avec l'extensification des cultures, la pression foncière et les changements climatiques. On a ainsi assisté à l'occupation progressive, par l'agriculture, des terres de l'intérieur et de certaines aires de pâturages, à la disparition des jachères et à la fermeture des voies d'accès aux points d'eau et des couloirs de passage. De profondes modifications sociologiques en ont résulté pour adapter les systèmes de production au nouveau contexte (Bayard, 2002 cité par CIRAD (2004). Cette dégradation des ressources fourragères est due essentiellement à la nature des sols qui sont de plus en plus lessivés, les facteurs climatiques et la pression de pâture qui a fait régresser les bonnes espèces fourragères et proliférer les espèces envahissantes non appréciées (essentiellement *Sida cordifolia*) (CIRAD, 2004 ; Illo Souley *et al.* 2018). Ainsi, *Sida cordifolia*, plante invasive qui sévit dans plusieurs régions de l'Afrique occidentale, prolifère à une vitesse vertigineuse dans la vallée du Goulbi N'Kaba. N'étant pas consommée par les animaux, elle menace les espèces indigènes et les pâturages et est difficile à éradiquer (EPER, 2020). Du point de vue du fourrage ligneux, les espèces dominantes sont *Acacia raddiana*, *Acacia albida*, *Balanites aegyptiaca*, *Ziziphus mauritiana* et *Bauhinia rufescens*. Dans les champs, on remarque un peuplement ligneux jeune et assez dense composé surtout de *Acacia albida* (Achard (2002) cité par CIRAD (2004).

IX. Ressources forestières

A l'échelle du Goulbi, le volume moyen de bois exploitable est proche de 7 stères à l'hectare (CIRAD, 2004). Le palmier doum (*Hyphaene thebaica*) constitue la principale ressource forestière du Goulbi N'Kaba. Dans les années 1960, un peuplement dense de palmiers doums (*Hyphaene thebaica* (L.) Mart. (Arbonnier, (2000) cité par (Peltier et al. 2008)) occupait toute la vallée. La doumeraie était alors traditionnellement réservée comme une aire pastorale et un couloir de passage pour les transhumants (Illo Souley, *et al.* 2018). Depuis la fin des années 1990, les deux tiers de la superficie de la doumeraie étaient déjà mis en culture, il n'en restait qu'un parc relictuel (Raison, 1988 cité par (Peltier et al. 2008)). Au Niger, les feuilles du doum constituent un exemple de produit forestier non ligneux dont la filière semble la plus porteuse après celle du bois. Le tronçon du Goulbi qui traverse le département de Mayahi est celui qui semble avoir conservé le potentiel aménageable le plus important (CIRAD, 2004). Ainsi, la doumeraie du Goulbi N'kaba dans le département de Mayahi constitue sans doute le centre d'exploitation et de commercialisation de feuilles de doum le plus important du pays (CIRAD, 2004). Dans la région, le palmier Doum représente un produit important pour la population, tant au niveau économique que social et écologique. En effet, presque toutes les parties du palmier sont réutilisées: le bois de ses stipes est utilisé pour la construction de maisons, les fruits et le cœur du palmier pour l'alimentation humaine et animale, et les feuilles et tiges pour le tissage de paniers, nattes, cordages et chapeaux, plusieurs parties servent de combustible et le broyage des feuilles par les animaux. (RN, 2004 : Peltier et al. 2008, EPER, 2020). Pour certains, la fabrication de produits issus des palmiers doums permet de compenser les mauvaises récoltes (EPER, 2020). Plusieurs études ont été conduites sur l'exploitation de cette ressource. Les études filières menées par le PAFN avaient pour objectif de préciser les techniques d'exploitation, d'identifier les différents acteurs des filières, leurs motivations, leurs stratégies, de quantifier les flux de produits issus de la doumeraie, de localiser les prélèvements afin d'évaluer leur pression sur la ressource (Seybou, (2002) cité par (Peltier et al. 2008). Il ressort de ces études que le doum produit un bois d'œuvre très résistant utilisé pour la construction des toitures, des greniers, pour l'étayage des puits. L'appoint alimentaire que la doumeraie peut fournir (fruits et bourgeons) n'est pas négligeable en période de disette. Les feuilles de doum constituent la source de matière première d'un artisanat local très actif, qui produit l'essentiel du matériel agricole, des ustensiles domestiques et un mobilier peu coûteux, facilement réparable, compatible avec le faible pouvoir d'achat des ruraux (Peltier et al. 2008). Les palmes exploitées sont les feuilles proches du bourgeon terminal des rejets de doum. La coupe de palmes est essentiellement pratiquée en saison sèche. L'accès aux doums situés dans les champs constitue localement une source de conflits (Peltier et al. 2008) et l'augmentation du nombre des exploitants entraîne une augmentation de la pression sur la ressource (FAO, 2005). Ainsi, cette ressource et toute la végétation ligneuse du Goulbi sont en dégradation continue. Depuis 1996, une étude relative aux ressources ligneuses et à leur exploitation comme bois de feu et de service à Mayahi (Awais et al. 1996) cité par (CIRAD, 2004) constate la dégradation des ressources ligneuses en attribuant les responsabilités à l'expansion agricole, à l'exploitation incontrôlée du bois de chauffe et de service, au surpâturage et enfin aux sécheresses successives. Ces facteurs ont provoqué la disparition de plusieurs espèces considérées comme principales et l'apparition d'une végétation ligneuse de moindre qualité (CIRAD, 2004). La même étude insiste toutefois sur les capacités de reconstitution du potentiel ligneux du fait de la densité élevée de tiges issues de la régénération naturelle

(CIRAD,2004).Cependant la forte sollicitation laisse craindre une surexploitation du palmier doum qui conduirait à la disparition des semenciers adultes, puis à l'épuisement des rejets et à la disparition des jeunes semis(Peltier et al. 2008) bien que le niveau d'exploitation des feuilles paraît assez nettement inférieur à la production de palmes de la doumeraie car il s'agit d'une exploitation assez diffuse, qui ne détruit pas les bourgeons terminaux et permet aux rejets de survivre, mais ne permet pas par contre la reconstitution d'un peuplement adulte, faute de conserver certains rejets sans les couper pendant plusieurs années consécutives. (Peltier et al. 2008) Aussi, les barrages construits au Nigeria influencent négativement la doumeraie d'où la dégradation nette de la doumeraie dans la partie aval du Goulbi (à l'Ouest), alors que la partie Est reçoit encore de l'eau bien que l'appareil souterrain du doum apparait comme un système très efficace de multiplication végétative et comme une remarquable adaptation à la sécheresse et aux risques de feux de brousse (Peltier et al. 2008).

X. Contraintes et opportunités liées à la gestion durable des ressources naturelles

1. Contraintes

Les formations végétales actuelles du Goulbi N'Kaba sont la résultante de l'évolution du système agraire au cours des trente dernières années. Cette évolution se caractérise en particulier par, une extension continue des cultures aux dépens des jachères et de la doumeraie, la raréfaction des ressources ligneuses, la réduction des aires de pâturages, la non matérialisation de certains couloirs de passage et aires de pâturage, la dégradation des ressources pastorales, le tarissement des points d'eau, la diminution de la fertilité des sols, l'appropriation individuelle de la terre et des arbres qu'elle porte, la précarité et la pauvreté des ménages ruraux, la limite du pouvoir coutumier en matière de police rurale et de jugement (CIRAD, 2004, Peltier et al. 2008, Boubacar,2010).Aussi, la vallée du Goulbi N'Kaba dans sa partie supérieure d'après Nazoumou (2011) cité par (RN, 2014), constitue une zone à risques d'inondation.

2. Opportunités

Les opportunités pour une exploitation durable des ressources naturelles du Goulbi sont :

- Les ressources en eau souterraine: L'eau souterraine est naturellement filtrée par le sol et les couches géologiques qu'elle a traversé, est de meilleure qualité que les eaux superficielles, tant au regard de critères physique (turbidité), bactériologique que chimique. Ne nécessitant souvent qu'un traitement léger pour la rendre conforme aux normes européennes en vigueur, elle représente une ressource privilégiée pour la production d'eau potable et l'industrie, notamment agroalimentaire. Elle est également préférée à l'eau superficielle par certains agriculteurs : moins chargée en matière en suspension que l'eau des cours d'eau, elle évite des problèmes de fonctionnement de certains matériels d'irrigation (goutteurs). Enfin, elle est souvent facilement accessible, pour un coût moindre que l'eau de surface (barrages, retenues collinaires, systèmes d'irrigation à partir des cours d'eau. (Montginoul et Rinaudo, 2009).Ainsi, cette eau souterraine est une véritable opportunité pour le développement des activités agrosylvopastorales dans la région.
- Les ressources en sols pour différentes activités agrosylvopastorales notamment le développement des cultures irriguées ;
- Un milieu humain déjà structuré après plusieurs années d'intervention de l'État et de ses différents partenaires ;
- Une volonté affirmée des acteurs locaux pour la sauvegarde des ressources naturelles,
- Des activités de valorisation des produits du doum bien ancrées dans le tissu économique local,
- L'existence des commissions foncières,
- Les partenaires au développement ;
- L'existence d'une radio communautaire (Peltier et al. 2008)

XI. Conclusion

D'une vocation traditionnellement sylvo-pastorale, le Goulbi a vu les défrichements agricoles atteindre près des deux tiers de sa superficie avant que les autorités coutumières ne réagissent pour fixer les fronts de défrichement et faire appel aux autorités administratives pour sauvegarder les ressources encore existantes au niveau de la partie centrale avec la délimitation de la zone sylvo-pastorale et le bornage des couloirs de passage en cours (CIRAD, 2004). L'avancée du front agricole dans la vallée a entraîné la disparition des jachères, la réduction des aires de pâturages, la fermeture des accès aux points d'eau et aux enclaves pastorales, la multiplication des conflits entre agriculteurs et éleveurs, la dégradation des pâturages, la prolifération d'espèces envahissantes non appréciées dont *Sida cordifolia* L. et aussi la désertification de certaines parties de la vallée couvertes par des dunes de sable non stabilisées(Peltier et al. 2008) Ainsi, actuellement, le Goulbi N'kaba présente trop peu de possibilités de production fourragère pour contenir le cheptel de la région et il ne présente

que l'intérêt de servir d'aire de pâturage aux petits ruminants qui demeurent au village pendant l'hivernage(CIRAD, 2004)Les enjeux liés à l'exploitation de la doumeraie sont multiples. En termes écologiques, la doumeraie est fortement dégradée, mais il reste encore 150 000 arbres adultes et un important potentiel de régénération. En termes sociaux, l'exploitation du doum est une activité de survie pour 2000 à 3000 foyers, parmi les plus démunis (Peltier et al. 2008). Dans la région, depuis une dizaine d'années, les services gouvernementaux nigériens ont encouragé la Régénération Naturelle Assistée en encourageant les défrichements améliorés. Les raisons qui ont guidé les paysans à protéger et entretenir les arbres sont l'approvisionnement en bois, la fertilisation des sols, l'alimentation du bétail, la pharmacopée traditionnelle et la lutte contre l'érosion. Il ressort également que les espèces à grande valeur agronomique, économique et alimentaire sont préférées par les producteurs. Les différentes opérations sylvicoles utilisées dans les terroirs montrent que les paysans accordent beaucoup d'attention à la protection et la gestion des ligneux dans les champs (LARWANOU ETAL.2010). Les producteurs ont pris l'initiative de conserver quelques doums parmi les taches de drageons et la Régénération Naturelle Assistée (RNA) a porté ses fruits au-delà de tout espoir (Jouve (2006) cité par Peltier et al. (2008). Ainsi la RNA peut être une solution pour la régénération de la doumeraie (Peltier et al. 2008).Le bornage de la partie sylvopastorale du Goulbi et la délimitation des couloirs de passage, menées en collaboration avec les autorités traditionnelles et communales, ont pacifié les rapports entre agriculteurs et propriétaires de bétail. Les droits d'accès aux différentes ressources ont été clarifiés pour tous les acteurs. Toutefois, pour sécuriser durablement la gestion du Goulbi, il faudrait encore que la partie sylvopastorale soit formellement immatriculée et enregistrée au profit des communes, ce qui reste à faire (Peltier et al. 2008) Au regard de l'importance qu'a pris l'élevage pour la sécurisation de l'économie des familles en milieu agricole, les responsables coutumiers ont pris le devant, en matière d'administration publique, pour instaurer un véritable schéma de gestion traditionnelle de l'espace, avec des règles établies et fonctionnelles, sur le principe de concertation et de respect des droits de contrôle social (autocensure, dénonciation des abus, etc.)(CIRAD, 2004) Les solutions proposées pour une exploitation durable des ressources naturelles sont:

- Dans le domaine de l'agriculture : dans ce contexte actuel de pression foncière, la résorption du problème passera nécessairement par la mise en œuvre d'actions d'intensification des cultures. D'où l'utilisation des semences améliorées, des engrais, des pesticides et de la mécanisation agricole (CIRAD, 2004).
- Dans le domaine d'Élevage : Pour améliorer les conditions d'élevage dans la vallée, un certain nombre d'actions doivent être faites : la sensibilisation des populations sédentaires et nomades sur les répercussions de la disparition des palmiers doums sur l'écosystème fragile de la vallée (EPER, 2020) ; le surcreusement des mares et de leur balisage, le balisage des aires de pâturage et couloirs de passage, la formation des producteurs en techniques d'élevage(PDC, 2006); la lutte contre les espèces non appréciées notamment *Sida cordifolia* L. , l'ensemencement des aires de pâturage par des espèces de grandes valeurs fourragères et la construction et l'équipement des banques d'aliments Bétail(Besse, 2007).
- Concernant la doumeraie : pour l'aménagement de la doumeraie, l'interdépendance entre les individus adultes et les rejets d'une même tache est telle qu'elle impose de concevoir une sylviculture originale "par tache"(Peltier et al. 2008).La structure et la dynamique du peuplement de doums imposent de concevoir un aménagement "par tache", en n'exploitant pas certains rejets pendant plusieurs années et en leur laissant développer un stipe. Dans les zones où le doum est associé aux cultures, une simple vulgarisation de la technique de Régénération Naturelle Assistée (RNA) peut permettre aux agriculteurs de reconstituer durablement un parc agroforestier de palmiers adultes (Peltier et al. 2008)
- Concernant les formations boisées : encourager l'intensification des pratiques de défrichement amélioré, le reboisement, l'agroforesterie, la mise en défens et l'aménagement des formations boisées (CIRAD, 2004).
- Concernant les ressources en eau : une exploitation durable exige un niveau de prélèvement global inférieur au volume de recharge de la nappe (Leyronas *et al.* 2015). Cette vallée est soumise aux effets du changement climatique, une étude s'avère nécessaire en vue d'améliorer la connaissance de cette ressource en eau, pour une meilleure adéquation entre les usages et les potentialités de l'aquifère. (Yahouza *et al.* 2018 ;2018 B). La qualité des ressources en eau des nappes, est un paramètre déterminant dans tout projet de mise en valeur. Elle détermine l'aptitude des eaux aux usages (domestiques, agricoles, pastorales, industriels). Les facteurs les plus importants pour déterminer la qualité requise de l'eau dans l'agriculture sont la salinité, le pH, les carbonates et bicarbonates en relation avec les teneurs en Calcium (Ca), en sodium (Na) et en Magnésium (Mg) (Favreau et Nazoumou, 2010). Pour la défluoruration des eaux, les supports les plus utilisés sont le charbon actif et l'alumine (Wu et Nitya 1972, Choi et Chen, 1979 ; Bhargava et Killedar ;1992,) cités par Moufti et Mohammed (2001). Cependant, d'après (Moufti et Mohammed 2001)la technique d'absorption du fluorure par la cellulose a permis d'éliminer plus de 60 % des ions fluorures solubles des eaux d'exhaure. L'évaluation précise des potentialités en irrigation doit être basée sur l'analyse simultanée de la disponibilité des ressources en eau et de l'aptitude des sols à l'irrigation.

- Concernant les ressources en sols, pour estimer le potentiel d'irrigation des ressources en eau, les cartes suivantes doivent être croisées dans un SIG : Carte des aptitudes des terres à l'irrigation ; Cartes de pentes du terrain naturel ; Carte de profondeurs (accès) de la nappe phréatique ; Carte de qualité des eaux (Favreau et Nazoumou, 2010).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]. A.S. Moulla, A. Guendouz, M.E.H. Cherchali 2002 Contribution des isotopes à l'étude des ressources en eau souterraines transfrontalières en Algérie, Centre de Recherche Nucléaire d'Alger, Département des Applications en Hydrologie et Sédimentologie Présentation à la conférence Proceedings of the International Workshop, Tripoli, Libya, 2-4 June 2002, P. 55-67
- [2]. Abel KADÉBA, François Wenemi KAGAMBÈGA Soungalo SOULAMA Marco SCHMIDT Adjima THIOMBIANO et Joseph Issaka BOUSSIM, 2019 Dynamique des unités de végétation et réponse des espèces ligneuses à la dégradation des terres en zone sub-sahélienne du Burkina Faso *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 34 144 - 162
- [3]. ADNANE S. MOULLA ET ABDELHAMID GUENDOUD 2003. Étude des ressources en eau souterraines en zones arides (Sahara algérien) par les méthodes isotopiques Hydrology of the Mediterranean and Semiarid Regions (Proceedings of an international symposium held at Montpellier, April 2003). IAHS Publ. no. 278,
- [4]. Ado Ali, Boubé Morou, Maman MaàrouhiInoussa, Salamatu Abdourahmane, Ali Mahamane, et Mahamane Saadou, 2017. Caractérisation des peuplements ligneux des parcs agroforestiers à *Diospyros mespiliformis* dans le centre du Niger, *Afrique science* 13(2), 87-100
- [5]. Ali Alhassane 2019, Typologie, valeur pastorale, productivité et capacité de chargement des pâturages naturels au centre-sud du Niger suivant le gradient climatique sud-nord, thèse de doctorat, université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, 188 p
- [6]. Ali Mahamane, Saadou Mahamane, BakassoYacoubou, Abassa Issaka, Aboubacar Ichaou, Karim Saley. 2007. Analyse diachronique de l'occupation des terres et caractéristiques de la végétation dans la commune de Gabi (région de Maradi, Niger) *Sécheresse* 18(4) 296-304
- [7]. Amadou Seidou, 2011. Appui à la préparation du plan de convergence pour la gestion et l'utilisation durables des écosystèmes forestiers en Afrique de l'ouest, rapport pays. République du Niger, CEDEAO, FAO, 54 p
- [8]. Aziz Ballouche et Katharina Neumann, 1995, La végétation du Sahel Burkinabé à l'Holocène : La Mare d'Oursi, 2nd symposium of africanpalynology, Tervuren, Belgium, Puli. Occas. CIFEG, 1995/31, OLEANS CIFEG, P 19-25
- [9]. B. Dabin, 1959, O.R.S.T.O.M., Rapport de mission pédologique au Niger central, 67 p
- [10]. Bachirou HAMADOU YOUNOUSSA, Tahirou HASSANE YAOU, Amadou ABDOURHAMANE TOURE, Zalika MAMOUDOU JAUDAR Zibo GARBA 2018. Dégradation des terres et évaluation du potentiel physicochimique des terres dégradées du sud-ouest du Niger : cas des sols du terroir villageois de Boubon, *Rev. Ivoir. Sci. Technol.* 31 ? 123 – 137
- [11]. Boubacar Halimatou 2010. Caractérisation biophysique des ressources ligneuses dans les zones dégradées et reverdiées au sahel : cas du département de Mayahi, Mémoire de DEA, Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger, 69 p.
- [12]. CIRAD 2004 Ministère de l'hydraulique, de l'environnement et de la lutte contre la désertification (Niger) - NER, CIRAD-FORET - FRA, Louis Berger International - USA. 2004. Plan d'aménagement de la doumeraie du Goulbi N'kaba (Mayahi). Montpellier : CIRAD-Forêt-Louis Berger International, 122 p.
- [13]. Cl. Raynaud 1979 Programme de recherche multidisciplinaire dans la région de Maradi (Niger) : méthodes et premiers résultats, CNRS- Université de Bordeaux II O.R.S.T.O.M., p.427-435
- [14]. CNEDD, 2002. Conseil national, ministère de l'hydraulique, SE/ de l'Environnement et de la lutte contre la Désertification, République du Niger, Étude du cadre juridique et institutionnel relatif aux unités de gestion des eaux (UGE), rapport final, 118 p.
- [15]. Dan Lamso Nomaou, Guéro Yadiji, Tankari Dan-Badjo Abdourahmane, Rabah Lamar, Andre Bationo Babou, Patrice Djamen, Tidjani Adamou Didier, Ado Maman Nassirou, Ambouta Jean Marie Karimou 2015. Variations texturales et chimiques autour des touffes d'*Hyphaene thebaica* (Mart) des sols dans la région de Maradi (Niger) *Algerian journal of arid environment* 5 (1), 40-55.
- [16]. Emmanuel de Romémont, Sophie Violette, François Bertone, Mathieu Schuster, 2019 les problématiques du futur, Mieux connaître les ressources en eau souterraine du Sahel : de la nécessité d'une approche innovante et inclusive, *Géologues n°202* pages 19-25
- [17]. EPER Entraide Protestante Suisse 2020. Protection et exploitation des palmiers doums à Goulbi N'kaba Niger, région de Maradi, Département de Mayahi, 3p
- [18]. Fabien Anthelme, Maman Waziri Mato, Dimitri de Boissieu and Franck Giuzzi 2006, L'Afrique face au développement durable Dossier : L'Afrique face au développement durable, Dégradation des ressources végétales au contact des activités humaines et perspectives de conservation dans le massif de l'Air (Sahara, Niger) *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement* 7 (2)
- [19]. FAO 2005, Département des forêts, Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Évaluation des ressources forestières mondiales, rapport national, Niger 66 p.
- [20]. Femi Cocker, Jean Bosco Vodounou et Jacob Yabi 2020 Cartographie du potentiel en eau souterraine de la basse vallée de l'Ouémé, sud-Bénin (Afrique de l'Ouest) , *La Houille Blanche*, 2, 74-85
- [21]. François Besse 2005, rapport aménagement de la doumeraie du Goulbi N'kaba développement, de la gestion des gommeries suivi des produits forestiers non ligneux pour la période novembre 2004-décembre 2005, République du Niger, Ministère de l'hydraulique, de l'Environnement et de la Lutte contre la Désertification, Projet d'aménagement des forêts naturelles, groupement, 49 p
- [22]. Guillaume FAVREAU Yahaya NAZOU MOU, 2010. Ressources en eau dans la région de Tillabéri (Niger), Potentiel de mise en valeur par l'agriculture irriguée, Rapport technique, Institut de Recherche pour le Développement (IRD) Représentation au Niger, Bureau de Coordination, 80 p,
- [23]. Karimou Barké. M., Ambouta K.J.M., Tydjani A.D 2015. Cartographie des potentialités agricoles et forestières de la région Maradi colloque scientifique international « Maradi kwalliya » sur le thème: « la coexistence intercommunautaire et la construction de la paix dans l'histoire de la région de Maradi » du 14 au 16 décembre 2015, Maradi, Niger 14 p.
- [24]. Laoualy Yahouza, Sandao Issoufou, Maman Sani Abdou Babaye, Bruno Metral, Boureima Ousmane. 2018 B. Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe alluviale de la vallée du Goulbi N'kaba dans la région de Maradi au Niger, *European scientific journal*, 14 (24) 37-52
- [25]. M. Hamissou Ilo Souley, Issa Chaibou, Idrissa Soumana, Abdou Laouali, Ali Mahamane, Maxime Banoïn 2018. Valeurs pastorales et productivités inter-décennale des parcours de la vallée de Goulbi N'kaba au Niger *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 24 (1), 220-239

- [26]. M. Larwanou, I. Oumarou , Laura Snook, I. Danguimbo et O. Eyog-Matig 2010, Pratiques sylvicoles et culturales dans les parcs agroforestiers suivant un gradient pluviométrique nord sud dans la région de Maradi au Niger, *TROPICULTURA*, 28 (2) 115-122
- [27]. Mahaman Hamissou Illo Souley, Karim Saley, Issa Chaibou, Boubacar M. Moussa, Ali Mahamane, Mahamane Saadou 2018 diversité inter décennale de la végétation de la vallée de Goulbi n'kaba *European scientific journal* 14 (9) ; 161-183.
- [28]. Marielle Montginoul et Jean-Daniel Rinaudo, 2009 « Quels instruments pour gérer les prélèvements individuels en eau souterraine ? », *Société Française d'Économie Rurale* P,40-56
- [29]. Moufti Ahmed M. et mohammed Mountadar, 2001, Défluoruration des eaux d'exhaure , *Ann. Chim. Sci. Mat.* 26 , 341-344
- [30]. Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-mer (ORSTOM) 1964 étude pédologique du Niger central, rapport général, 258 p.
- [31]. PDC 2006. Plan de Développement Communal (PDC) de la Commune Rurale de Sabon-Machi, Département de Dakoro, Région de Maradi, Niger. 64 p.
- [32]. Régis Peltier, Claudine Serre Duhem, Aboubacar Ichaou 2008. Valoriser les produits du palmier doum pour gérer durablement le système agroforestier d'une vallée sahélienne du Niger et éviter sa désertification Vertigo, Dossier : Le désert et la désertification : impacts, adaptation et politiques
- [33]. RN 2004, République du Niger, Comité interministériel de pilotage de la stratégie de développement rural, Secrétariat Exécutif, le zonage agro-écologique du Niger 12 p
- [34]. RN 2013. République du Niger, Région de Maradi, Étude bilan du code rural aide-mémoire, 10 p
- [35]. RN, 1999. Schéma directeur de mise en valeur et de gestion des ressources en eau du Niger, le référentiel du secteur de l'eau et de l'assainissement au Niger, République du Niger ministère de l'hydraulique et de l'environnement, 158 p.
- [36]. RN, 2014. Rapport d'évaluation des capacités nationales pour la réduction des risques de catastrophes au Niger, 78 p.
- [37]. Saadou, M. 2004. Etat des lieux de la diversité végétale et mise en place du dispositif de suivi environnemental du PAFN au niveau des massifs prioritaires de Baban Rafi (Madarounfa), du Goulbi N'kaba (Mayahi), Marigouna Bella (Dosso) et Onsolo (Téra) ; *Projet Aménagement des Forêts Naturelles (PAFN)*. Niger.
- [38]. SPIN 2015. Stratégie de la Petite Irrigation au Niger, République du Niger, Ministère de l'Agriculture, Direction Générale du Génie Rural, 85p.
- [39]. Stratégie Nationale de Développement de l'Irrigation et de la Collecte des Eaux de Ruissellement (SNDI/CER) 2005, Ministère du Développement Agricole, République du Niger, 82p
- [40]. TÉPHANIE LEYRONAS, FRÉDÉRIC MAUREL, DOMINIQUE ROJAT, 2015. Surexploitation des ressources en eau souterraine : quelles solutions ? Synthèse des études et recherches de l'AFD, Numéro 24, 4 P
- [41]. Yahouza L, Sandao Issoufou, Abdou Babaye MS, Métral B, Ousmane B 2018 Contribution of stable isotopes of water (18O and 2H) to the characterization of goulbi N'kaba valley aquifer, region of Maradi in the republic of Niger, *Int J Hydro.* ;2(5):560–565

Ali Alhassane, et. al. "La vallée fossile de Goulbi N'kaba au Niger, ressources et potentialités agro-sylvo-pastorales." *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS)*, 14(6), 2021, pp. 18-27.