



## Contexte

En 2019, Le Niger comptait 21 942 944 habitants avec un taux d'accroissement d'environ 3,9% [1]. La satisfaction des besoins d'une population qui connaît une croissance rapide passe par l'intensification de l'agriculture, de l'élevage, de la pêche et par le développement des industries. Ces activités accentuent la pression sur les eaux de surface et le ruissellement des eaux de pluie tend à transporter des boues, des débris végétaux, des cadavres d'animaux, les déchets d'industries, d'hôpitaux, de l'artisanat, les rejetant ainsi dans les fleuves, les mares et les lacs [2]. En milieu rural, peu d'individus utilisent les latrines. Ainsi, les excréta, les engrais et pesticides au niveau des aménagements hydro-agricoles sont également drainés par les eaux de ruissellement jusqu'aux fleuves et autres points d'eaux [3]. Cet ensemble de déchets et de produits polluants rendent les eaux de surface boueuses avec des matières en suspension, ce qui affecte leur qualité.

Plusieurs paramètres permettent de mesurer la qualité de l'eau dont la matière organique, le pH, la matière en suspension et la turbidité. La turbidité mesure la teneur de matières en suspension finement divisées comme l'argile, le limon, les grains de silice, ou encore différentes matières organiques entre autres [4]. Elle influence les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques de l'eau et l'utilisation des technologies spatiales comme la télédétection permet d'évaluer et de suivre ces plans d'eau sur une période de temps plus ou moins longue à travers le calcul d'indice sur des bandes d'images spécifiques. L'étude de la turbidité permet de caractériser les plans d'eau, et d'orienter les actions afin de garantir aux populations bénéficiaires une eau potable de qualité. C'est dans ce cadre que l'Initiative REACH réalise la présente évaluation au moyen de la télédétection financée par le Fond Régional Humanitaire pour l'Afrique de l'Ouest et du Centre (FRHAOC).

## Méthodologie

En télédétection, l'étude de la qualité des eaux de surface peut se faire à travers le calcul et l'interprétation de l'indice de turbidité de l'eau. Selon que cette turbidité est d'origine minérale ou organique, cet indice fait appel aux bandes spectrales des images satellitaires significatives pour la détection et le suivi des éléments en suspension dans les plans d'eau. À travers [un script développé avec Google Earth Engine \(GEE\)](#), des bandes d'images vertes, rouges, et proche-infrarouges de Landsat 7 ETM+ (SR\_B3, SR\_B4, SR\_B5) et Landsat 8 OLI-TIRS (SR\_B2, SR\_B3, SR\_B4) ont été téléchargées pour chacune des années 2000, 2015, 2018, 2020, 2022 et pour les mois entre mai et décembre. Cet algorithme choisit pour chacune des bandes une image sans nuages ou avec une couverture nuageuse inférieure à 10 % et la découpe selon une emprise définie. Les fonctions rasters de ARCGIS PRO permettront l'assemblage de toutes ces bandes afin de former une image de la région à une date précise sur laquelle des calculs d'indices seront effectués. Le premier indice calculé est celui de l'eau à différence normalisée encore appelée NDWI qui est un indice permettant entre autre de délimiter et de surveiller les changements de superficie de l'eau en surface. Il se calcule en combinant la bande verte (V) et proche-infrarouge (PIR) à travers la formule suivante :  $(V - PIR) / (V + PIR)$ . Le seuillage du résultat de ce calcul donnera la couche des limites des eaux de surface. L'évaluation de la qualité de l'eau se fera à travers le calcul et l'interprétation de l'indice à différence normalisée de turbidité (NDTI) qui se calcule en combinant dans une formule la bande rouge (R) et verte (V) des images landsat comme suit :  $(R - V) / (R + V)$ . La couche seuillée du NDWI sera par la suite utilisée comme masque pour extraire la turbidité pour chacun des plans d'eau. Une palette de couleur spécifique permettra de mettre en exergue les variations de la qualité de l'eau pour différentes périodes choisies.

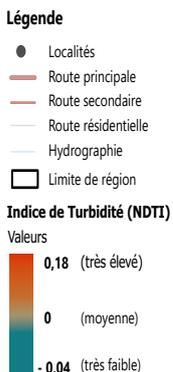
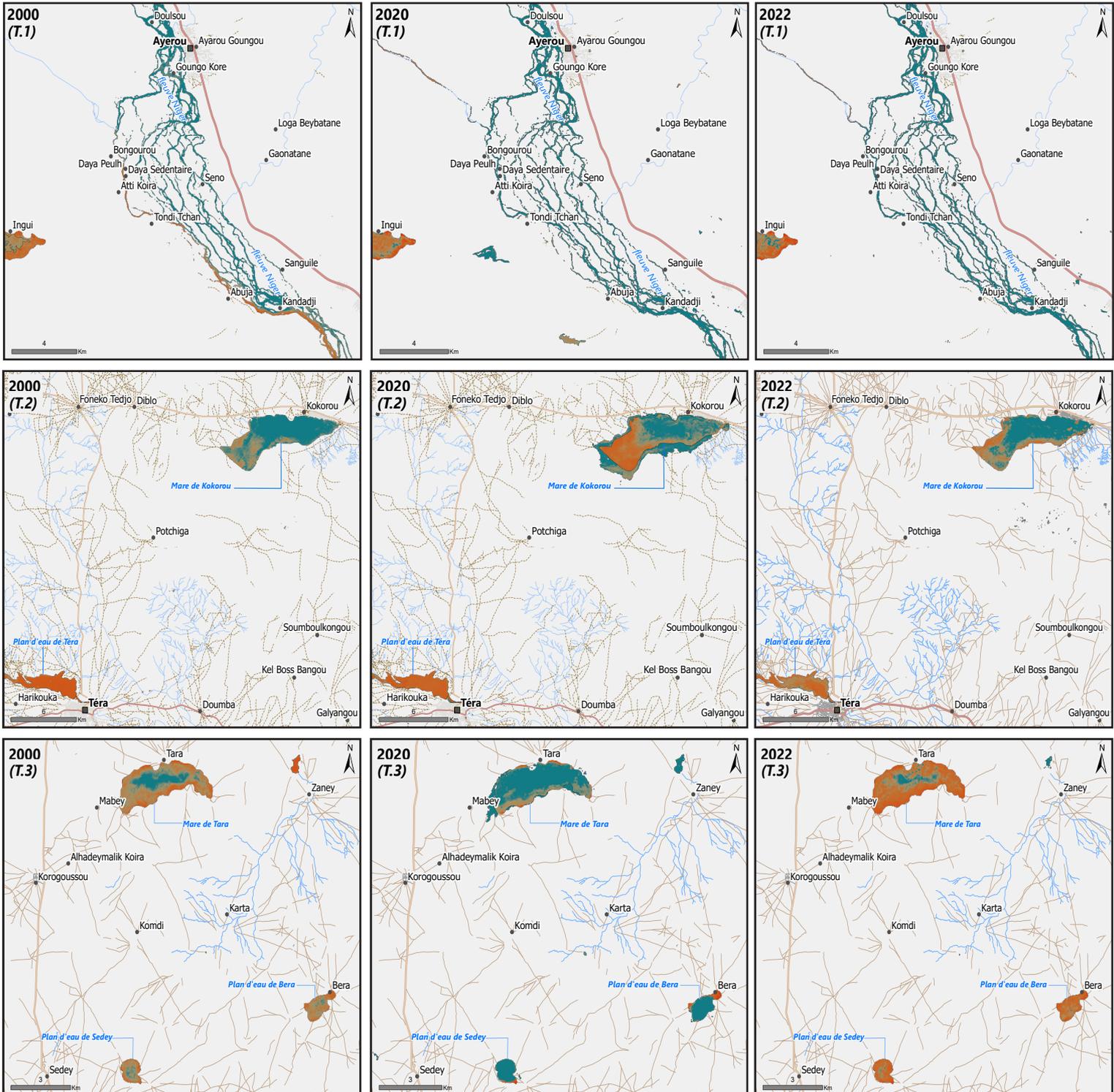
[1] [https://www.stat-niger.org/wp-content/uploads/demographique\\_sociale/TBS\\_2020\\_VERSION\\_FINALE.pdf](https://www.stat-niger.org/wp-content/uploads/demographique_sociale/TBS_2020_VERSION_FINALE.pdf)

[2] Morou H. Idrissa, (2014-2015), Evaluation de la performance du système de traitement de la station d'eau potable de Goudel : Niamey - Niger - Sécheresse info (secheresse.info) Institut International d'Ingénierie, Mémoire de Master.

[3] D'après le Plan d'Action National de Gestion Intégrée des Ressources en Eau (PANGIRE) 2017

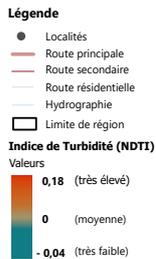
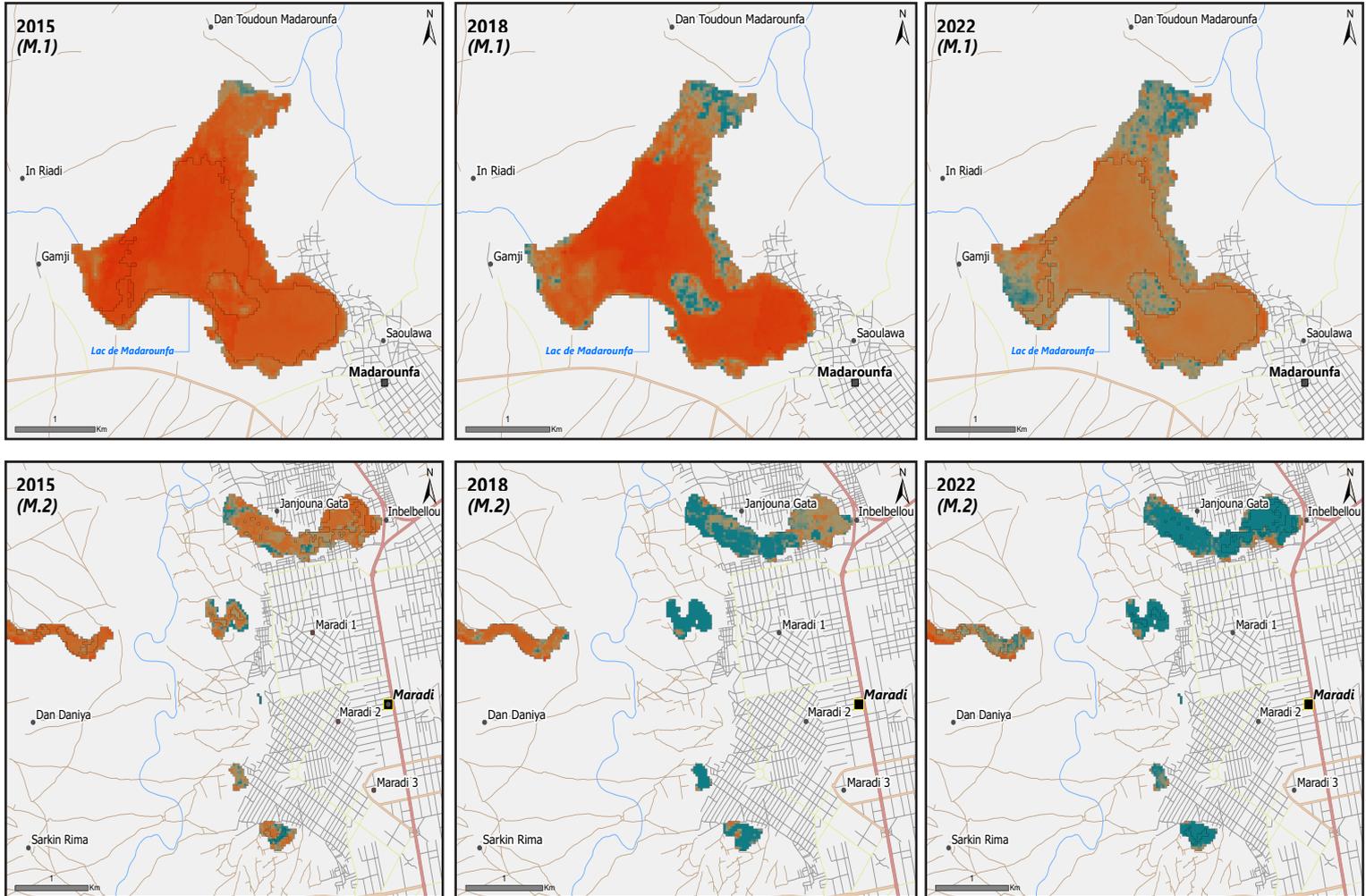
[4] Touria HACHI et Al, (2016) Caractéristiques physicochimiques des eaux usées de la ville de M'rit, (Maroc), In International Journal of Innovation and Applied Studies, (consulté le 21 juin 2023).

Indice à différence normalisée de turbidité sur un extrait du fleuve dans la région d'Ayerou, des mares de Kokorou et de Tera, et des mares autour de Karta dans la région de Tillabéri.



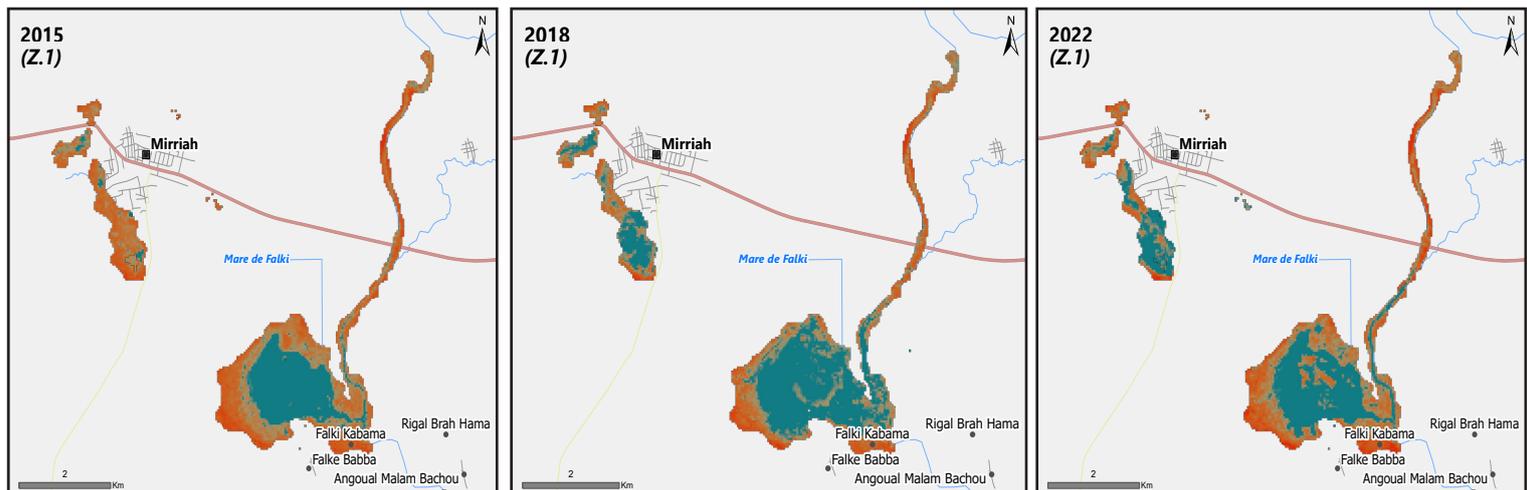
Trois zoom sont présentés ici : un extrait du fleuve dans la zone d'Ayerou (*extrait T.1*), ensuite les plans d'eau assez importants pour les populations urbaines des localités de Tera et de Kokorou (*extrait T.2*) et enfin quelques plans d'eau d'origines diverses (naturelles, artificielles, permanentes ou semi-permanentes) autour de la localité de Karta (*extrait T.3*). Ils représentent l'image générale de la qualité globale des eaux de surfaces dans la région de Tillabéri durant les 23 dernières années. Concernant le fleuve Niger, la turbidité varie de très faible (couleur verte bleuté) à très élevée (Orange à orange foncée). On peut observer que les zones à turbidité élevée se retrouvent à la sortie des grandes agglomérations et sont soit le fait des hommes (travaux de carrières, mines, construction de barrage, agriculture maraichère, irrigation, etc.) ou le résultat de phénomènes naturels (érosion des berges, etc.) avec le fleuve qui transporte d'importants débris végétaux, animaux, et des déchets représentant toute la matière en suspension qui altère la qualité de l'eau. Les bordures, orientées vers les centres urbains sont les plus impactées à cause de nombreuses activités qui s'y déroulent (irrigation pour les cultures maraichères en saison sèche, abreuvement des animaux, pêche et usages domestiques etc.). À l'échelle de la région, les 3/4 des plans d'eau se trouvant sur la rive droite du fleuve ont montré que les valeurs de turbidité de l'eau étaient globalement élevées dans les années 2000, traduites sur des cartes par une nette vivacité des couleurs. Au fil des années, cela a changé avec plusieurs de ces plans d'eau étant devenus moins turbides ou ayant regagné en clarté et en qualité ces récentes années.

## Indice à différence normalisée de turbidité sur le lac de Madarounfa et de quelques plans d'eau autour de la ville de Maradi dans la région de Maradi.

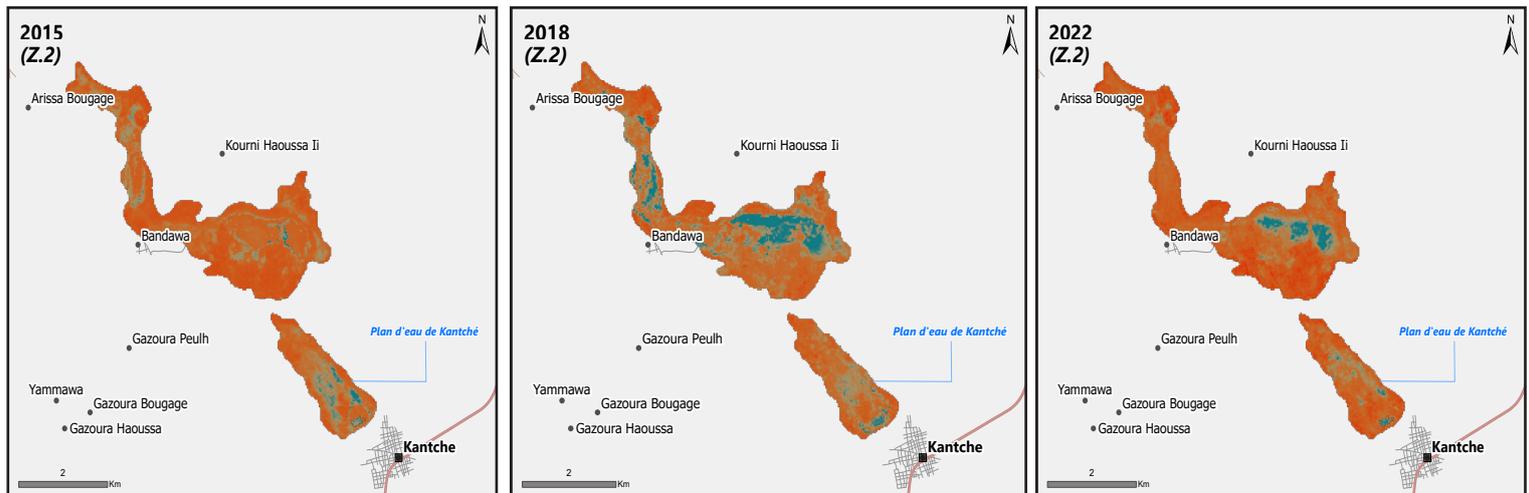


Les plans d'eau évalués dans la région de Maradi ont montré dans les années 2000, des valeurs de turbidité très élevées (orange à orange foncé). Ceci s'explique par les nombreuses activités qui se déroulaient dans et autour de ces plans d'eau, à l'exemple des ateliers de fabrication des briques et des marchés entraînant une accumulation des déchets parfois déversés dans ceux-ci. Ajoutons la pratique de l'agriculture maraîchère ou de contre-saison aux abords de ces plans d'eau urbains qui entraîne la pollution de ceux-ci et explique des valeurs de turbidité très élevées. Globalement, la clarté et la qualité de ces plans d'eau indistinctement de leur origine et de leur localisation se sont améliorées avec le temps et sont aujourd'hui de meilleure qualité. Le niveau de turbidité du lac de Madarounfa (*extrait M.1*) par exemple montre des améliorations et tend aujourd'hui plus vers la moyenne, ce qui est bien différent de la situation d'il y a quelques années. Impossible dans cette analyse de dire si cela est le fait d'aménagements locaux ou de sensibilisations des populations à la sauvegarde de ce plan d'eau très important pour les populations riveraines.

## Indice à différence normalisée de turbidité dans la mare de Falki près de Mirriah dans la région de Zinder.



## Indice à différence normalisée de turbidité des plans d'eau de la zone de Kantché dans la région de Zinder.

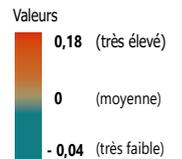


La grande majorité des plans d'eau dans la région de Zinder est constituée des mares et des lacs permanents ou semi-permanents avec des profondeurs variant très peu (allant de 1,50 à 2 m) formant des zones humides naturelles avec une eau douce de bonne qualité et une avifaune composée essentiellement d'oiseaux d'eau tant migrateurs que sédentaires. Les eaux sont généralement utilisées pour les différents besoins des populations riveraines (dans le cas des mares ou lacs situés en périphérie des villes) ainsi que pour l'abreuvement des animaux (mares semi-permanentes) par les éleveurs nomades. Durant l'hivernage ceux-ci atteignent leur extension maximale et ces eaux très sollicitées sont parfois très troubles. L'analyse des images sur les années présentées ici montre une mare de Falki - située à près de 4 km au sud de Mirriah (*extrait Z.1*) - avec une turbidité allant de faible à très faible, mais aussi les bordures de cette mare qui présentent malgré le temps un indice de turbidité élevé. Cela serait probablement dû à une forte sollicitation et à l'utilisation de ces plans d'eau par les localités situées non-loin de ceux-ci pour satisfaire leurs différents besoins hydriques. Les mares situées au nord-ouest de la ville de Kantché (*extrait Z.2*) présentent quant à elles une turbidité très élevée dans la période étudiée (2015 - 2022). Les sollicitations sans doute très importantes des populations urbaines envers ces plans d'eau seraient parmi les raisons principales de cette forte turbidité à travers le temps.

### Légende

- Localités
- Route principale
- Route secondaire
- Route résidentielle
- Hydrographie
- Limite de région

### Indice de Turbidité (NDTI)



## CONCLUSION

À l'échelle des trois régions, les plans d'eau de surface n'ont pas connu des évolutions et des comportements semblables. Dans la région de Tillabéri, alors que ces plans d'eau (mare, lac, fleuve, cours d'eau, permanent et semi-permanent) présentaient des niveaux de turbidité assez élevés dans les années 2000, les données plus récentes montrent une nette amélioration, avant le début d'une dégradation à partir de 2020. Le mouvement semble se poursuivre et les plans d'eau près des centres urbains à l'image du lac de Tera semblent être les plus affectés. Globalement, la turbidité qui est restée assez élevée dans la partie nord-ouest du fleuve Niger, avant et après la localité d'Ayerou, ainsi qu'à la sortie des grandes agglomérations est cependant restée faible à très faible pour toute la partie du fleuve au sud de la ville de Say. Dans la région de Maradi et de Zinder la turbidité des plans d'eau à l'exemple du lac de Madarounfa, des mares de Kantche, de Falki (Mirriah) ainsi que des eaux de surface dans la ville de Maradi était en moyenne très élevée en 2015. Les valeurs de turbidité montrent une nette amélioration en 2020 et cela continue encore aujourd'hui, malgré les aléas naturels (forte pluviométrie en saison d'hivernage avec des ruissellements importants), et la forte pression sur ceux-ci exercée par les populations locales pour leurs différents besoins. Ce travail donne une indication de la nature trouble des plans d'eau de ces régions sur une période déterminée (2000 à 2022) à partir des images de télédétection et ne saurait remplacer des études plus importantes avec des collectes de données sur le terrain. Ces campagnes de mesures plus importantes permettront de caractériser la nature des débris (animaux, végétaux, solides, organiques, etc.) en suspension dans ces plans d'eau et des paramètres physico-chimiques et bactériologiques devraient compléter cette étude afin de fournir une caractérisation plus précise de la qualité de ces eaux de surface.