

## Étude qualitative des eaux de la nappe du Maastrichtien à Touba (Sénégal): Cas du fluor et du résidu à sec

### [ Qualitative study of water from the Maastrichtian aquifer at Touba (Senegal): The case of fluoride and dry residue ]

*Ibra Kandji<sup>1</sup>, Papa Babacar Diop Thioune<sup>2</sup>, and Mamadou Salif Diallo<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Laboratoire BIOGERENAT, Institut Supérieur Formation Agricole et Rural (ISFAR) BP 54, Université Alioune de Bambey, Senegal

<sup>2</sup>Université Alioune DIOP de Bambey, Senegal

---

Copyright © 2026 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** The supply of quality drinking water in the religious city of TOUBA remains a major challenge for the state and local authorities. The aim of this study is to assess the hydrochemical quality of the Maastrichtian aquifer located in the TOUBA hydrogeological basin. Specifically, the study focuses on fluoride and dry residue concentrations. We worked with hydrogeological data received from the Water Resources Management and Planning Department from 54 boreholes that tap the Maastrichtian in Touba and the surrounding area. The results show that in the area, the quantity of dry residues and the concentration of fluoride are high, even exceeding the threshold set by the WHO in some boreholes. Fifty-two (52) out of fifty-four (54) of the boreholes studied, i.e. 96.3%, have a dry residue concentration above the WHO limit value (1000 mg/L), and only ten (10) of the 54 boreholes studied, i.e. 18.5%, have a concentration below 1.5 mg/L (WHO standard). Consumption of this water without prior treatment may constitute a public health problem in TOUBA.

**KEYWORDS:** groundwater, borehole, maestrichtian, Touba, fluoride, dry residues.

**RESUME:** L'approvisionnement en Eau Potable en qualité dans la cité religieuse de TOUBA reste un défi majeur pour les autorités étatiques et territoriales. L'objectif de ce travail est d'évaluer la qualité hydrochimique de la nappe du maastrichtien située dans le bassin hydrogéologique de TOUBA. Spécifiquement l'étude porte sur les concentrations du fluor et du résidu à sec. Nous avons travaillé avec les données hydrogéologiques reçues de la Direction de la Gestion et de La Planification des Ressources en Eau de Cinquante-quatre forages-puits qui captent le Maastrichtien à Touba et ses environnements. Les résultats montrent que dans la zone, la quantité de résidus à secs et la concentration de fluor sont élevées et dépassent même le seuil fixé par l'OMS au niveau de certains forages. Cinquante-deux (52) sur cinquante-quatre (54) des forages étudiés, soit un taux de 96,3% ont une concentration en résidus à sec supérieure à la valeur limite de l'OMS (1000 mg/L) et Seuls dix (10) forages des 54 étudiés, soit un taux e 18,5%, ont une concentration inférieure à 1,5 mg/l (norme OMS). La consommation sans traitement préalable de ces eaux peut constituer un problème de santé publique à Touba.

**MOTS-CLEFS:** nappe, forage, maastrichtien, Touba, Fluor, résidus à sec.

## 1 INTRODUCTION

Touba est une ville religieuse située dans la région de Diourbel. En terme de démographie, c'est la deuxième la plus peuplée après Dakar. Les ressources en eau souterraine du Sénégal se trouvent au niveau de trois nappes (superficie, semi profonde et profonde/maastrichtien). Les forages qui captent le maastrichtien sont profondes d'environ 250-450m.

Les eaux souterraines constituent une réserve d'eau importante pour la consommation d'eau potable et les activités industrielles et agricoles. Cependant, elles sont rarement pures de manière générale dans la nature. En effet, la composition physique, chimique et biologique de ces eaux dépendent de la nature de l'aquifère. Différents éléments peuvent altérer sa constitution de base par diffusion, dissolution et hydrolyse, ou même par un simple mélange (Savané et al, 2001).

A Touba, comme dans les autres localités du Sénégal, l'approvisionnement en eau potable en qualité cause un véritable problème du fait d'une démographie galopante, d'un manque d'investissement dans le secteur de l'eau notamment pour son traitement et sa distribution.

L'objectif du présent travail est d'évaluer la concentration du résidu à sec et la quantité du fluor contenues dans les eaux du Maastrichtien. L'étude a été rendue possible grâce aux données hydrogéologiques de cinquante-quatre forages-puits captant le Maastrichtien, reçues de la Direction de la Gestion et de la Planification des Ressources en Eau (DGPRE).

La quantité de résidus à sec correspond à la quantité de minéraux qu'il reste après évaporation. Très souvent, elle s'exprime en milligrammes par litre. Plus concrètement, cela signifie que l'on prend un litre d'eau, qu'on le porte à 180 °C, qu'on attend que toute l'eau se soit évaporée et que l'on pèse ce qu'il reste pour obtenir la masse de résidus à sec. Si le taux de résidus à sec est supérieur à 1 500 mg/l, il s'agit d'une eau riche en minéraux. Si ce taux est compris entre 500 et 1 500 mg/l, l'eau est moyennement minéralisée. En dessous de 500 mg/l, l'eau est dite faiblement minéralisée et en dessous de 50 mg/l, très faiblement minéralisée (S. Houssaini, 2010). La concentration limite de résidu à sec pour une eau destinée à la consommation est égale à 1000mg/L (OMS)

Suivant les normes de l'OMS la valeur maximale de la teneur en fluor admise est de 1.5 mg/l. Au-delà de cette valeur, la consommation de l'eau devient dangereuse pour la santé publique. La fluorose dentaire apparaît à partir des concentrations de l'ordre de 2 mg/l alors que les formes de fluoroses graves (osseuse, dentaire et articulaire) apparaissent à partir de 4 mg/l.

## 2 MÉTHODOLOGIE

### 2.1 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Siège de la confrérie musulmane des mourides, la ville de Touba est située à 194 km à l'Est de capitale DAKAR, dans le département de MBACKE. Ses coordonnées géographiques sont les suivantes:

Longitude: 15° 52 'Ouest;

Latitude: 14° 52' Nord.

Elle est géographiquement limitée:

- Au Nord par l'arrondissement de Darou Mousty;
- Au Sud par l'arrondissement de Kaël;
- L'Est par l'arrondissement de Sagatta Djoloff;
- A l'Ouest par un ensemble de communautés rurales que sont celles de Touba Fall et Dalla – Ngabo

La commune de Touba Mosquée est située à l'est du département de Mbacké et couvre à l'origine une superficie de 553 km2. Aujourd'hui les dernières extensions s'étendent sur une superficie de 30 000 ha. Située dans le bassin arachidier, la zone de Touba est marquée par un relief pratiquement plat avec cependant quelques dépressions et vallonnements plus ou moins prononcés que l'on constate le plus souvent au sud et au centre. Ce relief tabulaire devient une forte opportunité pour un étalement horizontal sans précédent de la ville. Il fait partie d'un vaste plateau monotone qui s'étend de la Casamance à la vallée du fleuve Sénégal.

Le climat est soudano-sahélien, chaud et sec, avec la juxtaposition de deux grandes saisons:

- Une saison dite pluvieuse qui va de Juillet à Septembre;
- Une autre dite non pluvieuse (ou sèche) allant d'octobre à Juin.

La topographie dans les 3 kilomètres entourant Touba est essentiellement plate, avec une variation de l'altitude de 19 mètres maximum et une altitude moyenne au-dessus du niveau de la mer de 46 mètres. Dans les 16 kilomètres, topographie essentiellement plate (54 mètres). Dans les 80 kilomètres, présente aussi seulement de légères variations de l'altitude (84 mètres).

La zone d'étude se situe au point de vue géologique au centre du bassin Sénégalo-mauritanien. Tous les âges (du socle cristallin au Quaternaire) sont représentés. Les études hydrogéologiques, les forages et les sondages réalisés dans le secteur nous ont permis d'établir la description lithologique ci-après:

#### **LE QUATERNaire ET CONTINENTAL TERMINAL**

Ils sont constitués essentiellement de sable jaune à sable argileux ou argile sableuse et des gravillons latéritiques utilisés dans le domaine du bâtiment et des travaux publics au niveau de la ville sainte.

#### **L'EOCÈNE**

Les formations de l'Eocène inférieur et moyen sont représentées dans notre zone d'étude, par des faciès argilo-marneux de calcaires marneux aux marno-calcaires et marnes grises. L'épaisseur de l'Eocène avoisine les 100 m.

#### **LE PALÉOCÈNE**

La formation du Paléocène s'étend sur une épaisseur moyenne de l'ordre de 100 m. Le Paléocène est également constitué de calcaires à calcaires marneux, de marnes. Il est limité à sa base par une couche d'argile noire constituant ainsi la zone de transition entre le Paléocène et le Maastrichtien.

#### **LE MAASTRICHTIEN**

Le Maastrichtien se compose de sable argileux à sable grossier avec des intercalations de grès et d'argiles. Les forages d'eau ne captant que la partie superficielle ne permettent pas de déterminer son épaisseur exacte.

À Touba, les ressources en eau sont réparties entre les eaux de surface et les eaux souterraines.

Les eaux de surface sont quasi inexistantes. Les quelques retenues d'eaux sont constituées par les opportunités qu'offrent quelques dépressions plus ou moins importantes.

Certaines caractéristiques des différents aquifères comme le maastrichtien qui est le plus exploité font que l'exploitation des nappes souterraines pour alimenter la cité pose d'énormes problèmes:

- La profondeur et la qualité médiocre des eaux,
- La température élevée de celles-ci (40° C),
- La progression de la salinité des eaux.

D'un autre point de vue, l'Eocène, le Paléocène et le Lutétien présentent les mêmes caractéristiques ci-dessus du point de vue de la grande profondeur et de la faiblesse des débits.

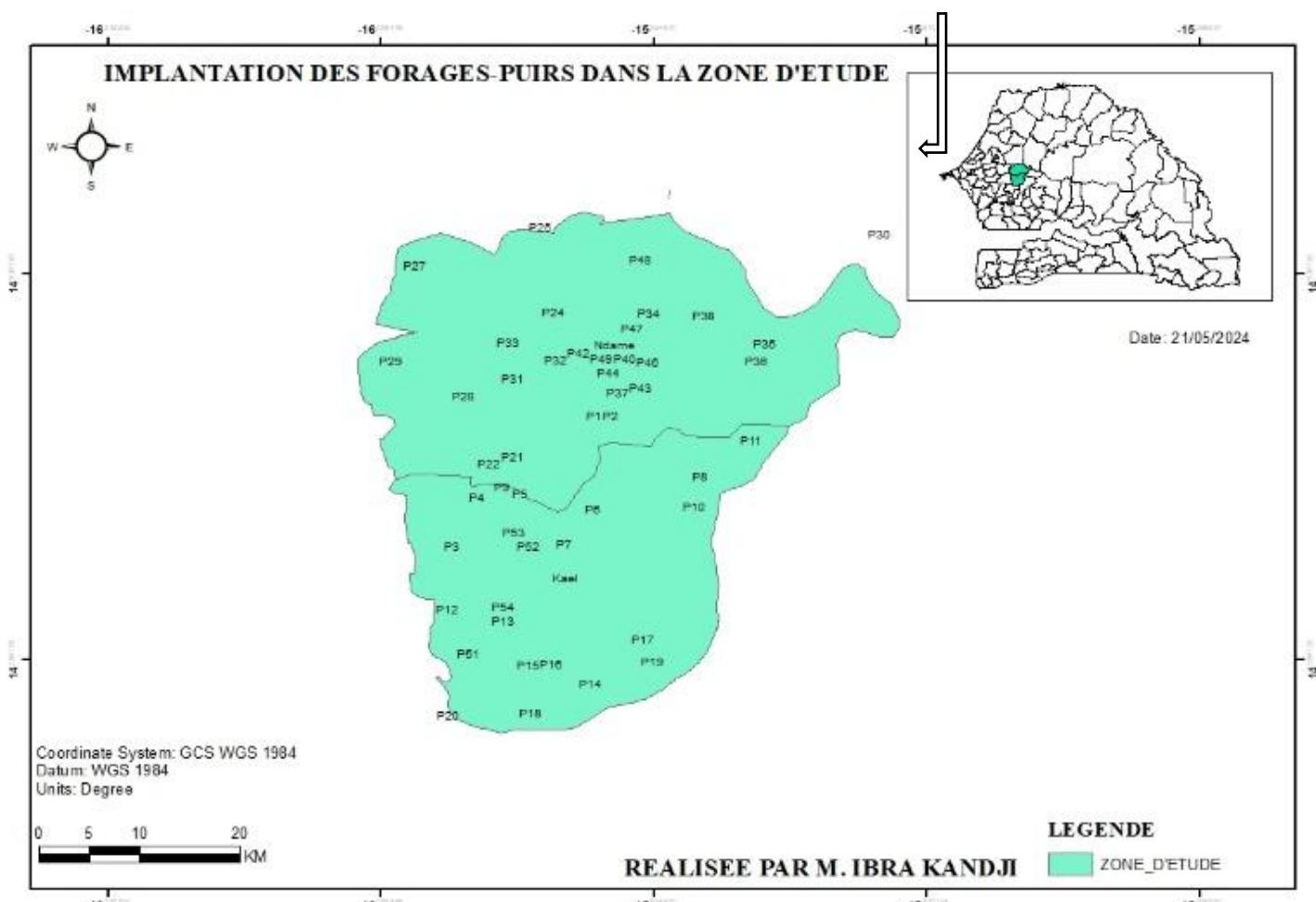


Fig. 1. Localisation de la zone d'étude

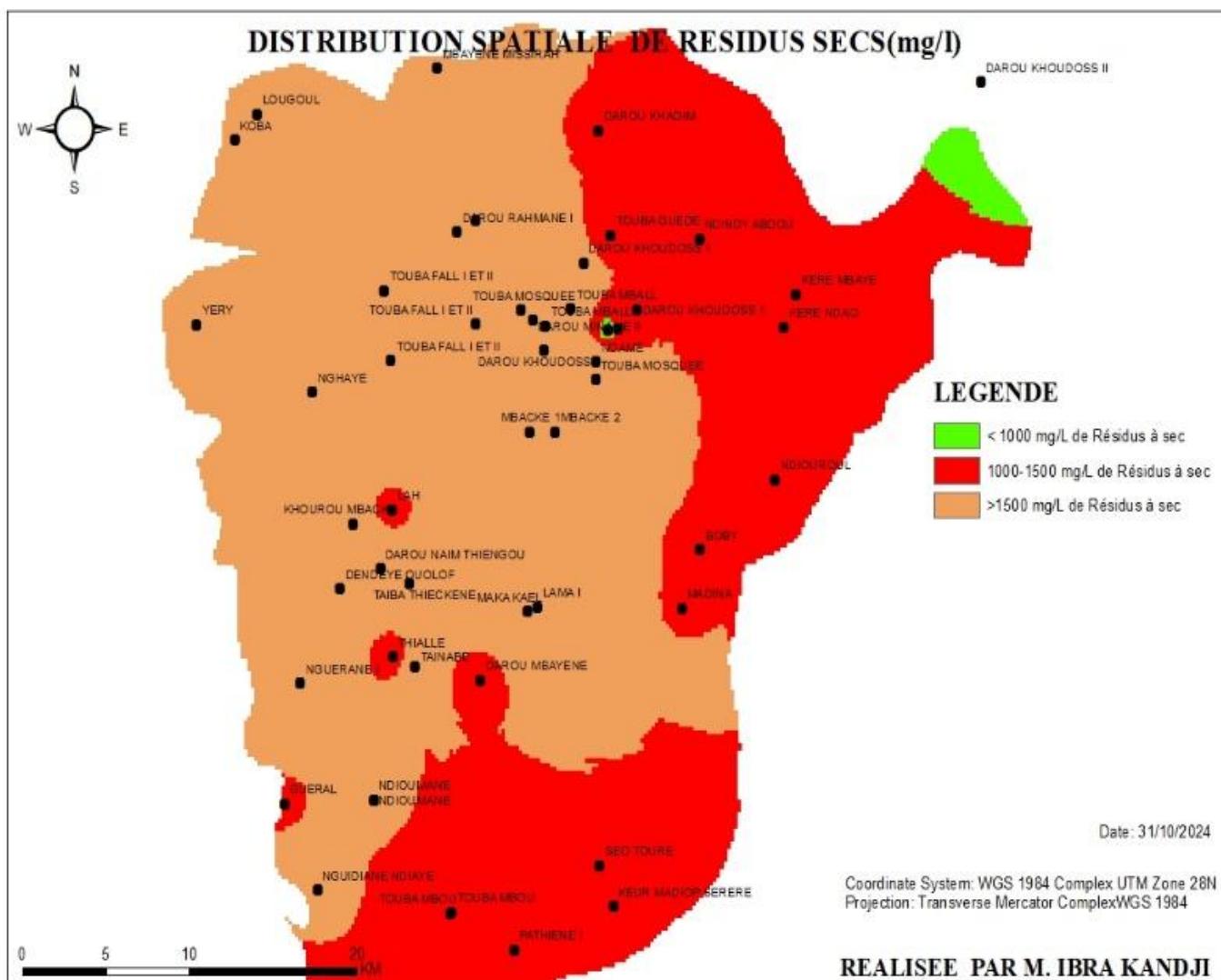
## 2.2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les données hydrogéologiques ont été fournies par la Direction de la Gestion et de la Planification des Ressources en Eau (DGPRE). Il s'agit de la concentration du résidu à sec et de celle du fluor. Les mesures des paramètres hydrochimiques précitées ont été effectuées sur Cinquante-quatre (54) forages-puits captant le Maastrichtien. Sur la base des données de ces Cinquante-quatre (54) forages nous avons effectué une étude statistique afin d'analyser les différents paramètres étudiés. Les logiciels utilisés pour le traitement sont: GOOGLE EARTH pour la localisation des points et ARCGIS pour la réalisation des cartes.

## 3 RESULTATS ET DISCUSSIONS

### 3.1 RÉSIDUS À SEC

Les valeurs de résidus à sec du Maastrichtien de Touba se situent entre 440 et 2675 mg/L avec une moyenne de 1653mg/L dépassant la limite de l'OMS (1000 mg/L). Cinquante-deux (52) sur cinquante-quatre (54) des forages étudiés, soit un taux de 96,3% ont une concentration en résidus à sec supérieure à la valeur limite de l'OMS (1000 mg/L). Les plus fortes valeurs sont enregistrées à l'Ouest, au Nord-Ouest, au centre et un peu au Sud de Touba avec une valeur maximale de 2667 mg/L à Touba Mosquée. Néanmoins, à Darou Koudous, les concentrations restent inférieures à 1000 mg/L, avec des concentrations comprises entre 440 et 660 mg/L (voir figure 2). Ce résultat montre que l'eau souterraine du Maastrichtien de Touba est riche en résidu à sec et sa consommation sans traitement au préalable constitue un danger à la santé publique. En effet, une eau fortement minéralisée peut avoir des effets surprenants sur l'organisme. Par exemple, une forte concentration en sulfates peut perturber le transit intestinal, provoquant des diarrhées et, à long terme, une déshydratation sévère<sup>1</sup>.



*Fig. 2. Distribution spatiale de résidus à sec*

### 3.2 LE FLUOR

Dans notre secteur d'étude, la teneur varie entre 0.1 et 7.5 mg/l avec une moyenne de 2,2 mg/l dépassant la limite de l'OMS (1,5 mg/l) (Figure 3). Seuls dix (10) forages des 54 étudiés, soit un taux de 18,5%, ont une concentration inférieure à 1,5 mg/l (norme OMS) et 77% des forages étudiés ont une concentration supérieure à 2 mg/l. Seuil de l'apparition de la fluorose dentaire chez l'individu. La figure 3 montre que les valeurs les plus élevées sont enregistrées à NGUERANE I, KOBA et TOUBA FALL avec comme valeurs respectives 4 mg/g, 4 mg/l et 7.5 mg/l. Cela témoigne que la consommation sans traitement au préalable de l'eau de la nappe expose le consommateur à des risques de maladie comme les formes de fluoroses graves (osseuse, dentaire et articulaires)

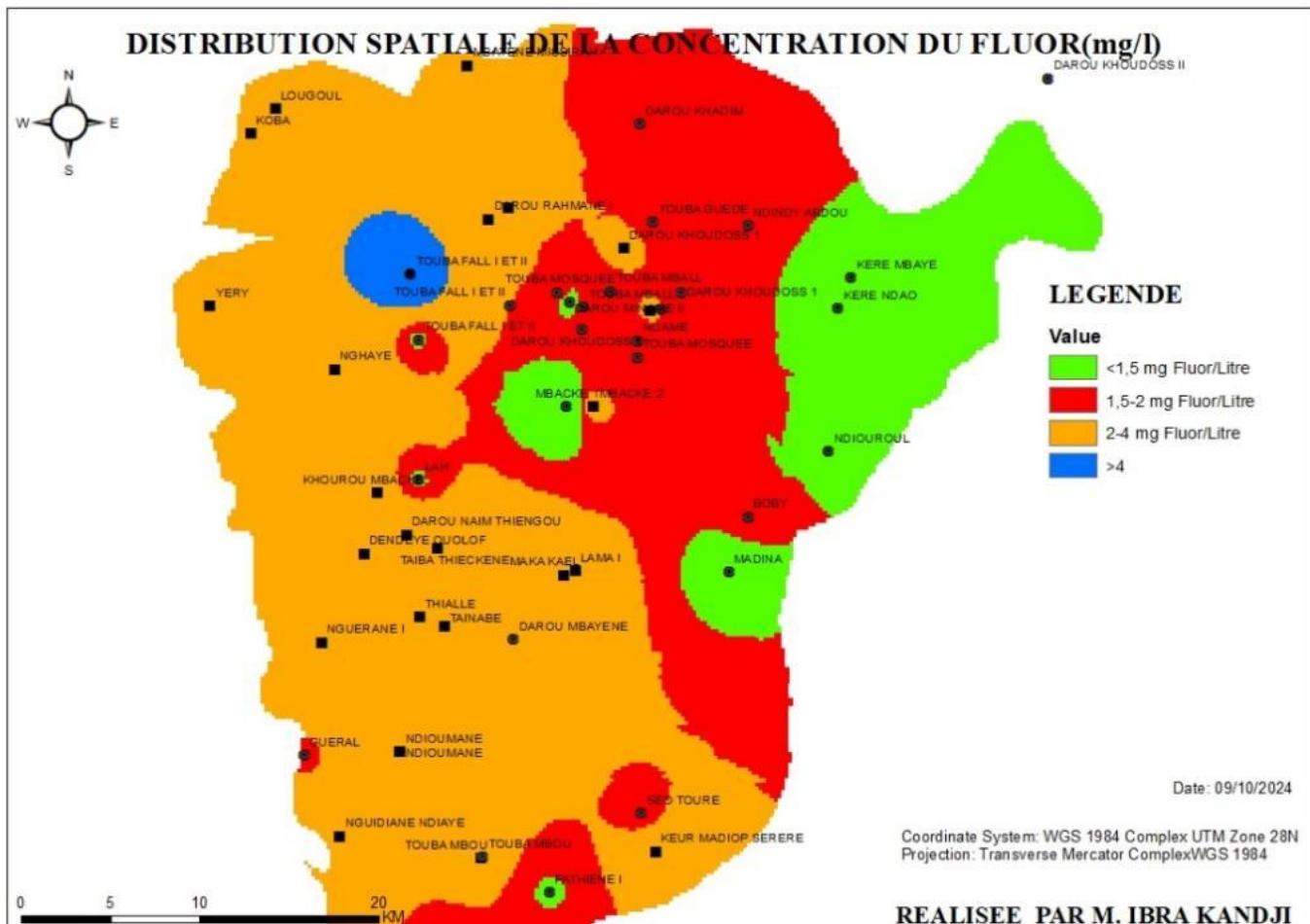


Fig. 3. Distribution spatiale du Fluor

#### 4 CONCLUSION

Les résultats de la présente étude ont contribué à une meilleure connaissance des caractéristiques hydrochimiques du Maastrichtien de Touba. Des données de cinquante-quatre (54) forages-puits reçues de la DGPTE répartis dans notre zone d'étude ont été étudiées. Il a été noté que Sur le plan hydrochimique, la qualité des eaux du Maastrichtien de Touba est médiocre avec des concentrations de Fluor et Résidus secs qui dépassent les limites de l'OMS. A Touba la consommation sans traitement des eaux souterraines du Maastrichtien constitue un problème de santé publique. Dès lors il est important de bien traiter les eaux souterraines avant toute consommation ou bien voire même des possibilités de faire des transferts d'eau à partir des zones où la qualité des eaux est meilleure comme le lac de Guiers afin d'approvisionner une bonne partie de la population de Touba en eau de qualité meilleure.

#### REFERENCES

- [1] R. KANE, «Approvisionnement en eau de TOUBA: Aspect Sanitaire, » Ecole Supérieure Polytechnique de DAKAR, DAKAR, 2004.
- [2] Z. MFONKA, «Hydrochimie et potabilité des eaux du bassin versant du Nchi dans le plateau, » International Formulae Group, Aout 2015.
- [3] B. LOUKMAN, «Caractérisation hydrochimique de la nappe de Yao et ses environs:; » International Formulae Group, 2017.
- [4] M. NDIAYE, «Modelisation de la nappe du Maestrichtien dans la zone de TOUBA, » Ecole Supérieure Polytechnique, THIES, 2006.
- [5] M. D. FALL, «MODELISATION HYDROGEOLOGIQUE CONCEPTUELLE DE LA NAPPE DES SABLES QUATERNAIERS DU LITTORAL NORD DU SENEGAL ENTRE DAKAR ET SAINT-LOUIS, » Institut Internationale d'Ingenierie de l'Eau et de l'Environnement (2IE), Ouadadougou, juin 2012.

- [6] K. TINE, «REACTUALISATION DE LA SITUATION HYDROGEOLOGIQUE DES AQUIFERES DU MAASTRICHTIEN ET DU PALEOCENE DE LA REGION DE MBOUR, SENEGAL, » Journal des Sciences et Technologies, 2011.
- [7] M. SANE, «NOTE SUR LES RESSOURCES EN EAUX DU SENEGAL: ZONES POTENTIELLES POUR LE TRANSFERT D'EAU, » MINISTERE DE L'HYDRAULIQUE ET DE L'ASSAINISSEMENT: DIRECTION DE L'HYDRAULIQUE, DAKAR, Octobre 2015.
- [8] D. SOW, «Dynamique spatiale de 1930 à 2020 et gouvernance urbaine de la « ville » de Touba, » UNIVERSITE ASSANE SECK DE ZIGUINCHOR (UASZ), ZIGUINCHOR, février 2021.
- [9] M. M. Diouf, «Touba, ville sainte et exemple de développement durable, » TOUBA, 2019.
- [10] K. Sqalli Houssaini T, «Les eaux en bouteille au Maroc: » 2010.