



Guinée



Mali



Mauritanie



Sénégal

Projet pilote sur la qualité des eaux de surface dans le bassin du fleuve Sénégal



RAPPORT NARRATIF FINAL

Projet pilote « qualité des eaux de surface dans le bassin du fleuve Sénégal »

Lieu(x) d'exécution – *Sénégal et Mali*

31 mars 2021- 31 mai 2022

Table des matières

Liste des acronymes utilisés dans le Rapport

1. DESCRIPTION

- 1.1.** Nom du coordonnateur du contrat de subvention : Hamed Diane SEMEGA, Haut-Commissaire de l'Organisation pour la mise en Valeur du Fleuve Sénégal (OMVS).
- 1.2.** Nom et fonction de la personne de contact : Amadou Lamine NDIAYE, Directeur de l'Environnement et du Développement Durable (DEDD)/Haut-Commissariat de l'Organisation pour la mise en Valeur du Fleuve Sénégal (OMVS).
- 1.3.** Nom du/des bénéficiaire(s) et de l'entité/des entités affiliée(s) de l'action : l'Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal (OMVS),
- 1.4.** Intitulé de l'action : Projet pilote « qualité des eaux de surface dans le bassin du fleuve Sénégal ».
- 1.5.** Numéro du contrat : N. 05/2020/WEFE-SENEGAL
- 1.6.** Dates de début et dates de fin des périodes de référence : 1^{er} août 2020 – 31 mars 2021
- 1.7.** Pays ou région(s) cible(s) : République du Mali et République du Sénégal
 - Mali : Région de Kayes (Diangola, Daka-Saidou, Fadougou, Moussala, Gourbassi, Djidian-barrage, Ambidédi, Galougo, Mahina, Oulia, Mahinamine et Félo aval) ;
 - Sénégal : Barrage de Diama, Réserve de Bango, Lac de GUIERS, Rosso Sénégal, Taouey, Richard Toll, Podor, Dagana, Mboudoum, Makhana, Matam, Bakel, Aroundou, Kidira, Keur Momar Sarr.
- 1.8.** Bénéficiaires finaux et/ou groupes cibles¹ (si différents) (y compris le nombre de femmes et d'hommes) : Populations du bassin du fleuve Sénégal (environ 4 millions de personnes) et États membres de l'OMVS.
- 1.9.** Pays dans lequel/lesquels les activités se déroulent (si différent(s) du point 1.7) : idem

¹ Les « groupes cibles » sont les groupes/entités pour lesquels(les) le projet aura un effet direct et positif au niveau de son objectif, et les « bénéficiaires finaux » sont ceux qui bénéficieront du projet à long terme au niveau de la société ou d'un secteur dans son ensemble.

2. ÉVALUATION DE LA MISE EN ŒUVRE DES ACTIVITÉS DE L’ACTION ET DES RÉSULTATS

2.1. Résumé de l'action

Le « Projet d'Appui à la Gestion des Ressources en eau et du NEXUS Eau-Énergie-Agriculture dans le bassin du fleuve Sénégal (WEFE Sénégal) » est un projet ambitieux centré sur des actions importantes telles que le suivi de la qualité des eaux de surface du bassin du fleuve Sénégal.

Dans ce sens, l'Agence Italienne pour la Coopération au Sénégal (AICS) a attribué à l'Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal (OMVS) une subvention de trois-cents soixante-trois mille sept-cents quarante-cinq euros (363 745 euros) pour le financement des actions pilotes suivie de la qualité des eaux de surface dans les parties malienne et sénégalaise du bassin du fleuve Sénégal.

Ce projet s'inscrit dans le cadre des efforts quotidiens et sans cesse que l'OMVS, à travers l'appui technique et financier de ses partenaires (en l'occurrence AICS et la Commission Européenne), met en œuvre pour une bonne connaissance et une bonne maîtrise des ressources en eau du bassin du fleuve Sénégal. Notamment, il contribuera à la connaissance de la qualité des eaux de surface du bassin du fleuve Sénégal et consolidera le choix des points de mesure nécessaires à l'opérationnalisation du réseau de suivi de la qualité des eaux, objet d'une étude validée et datant de 2012.

Ce projet est mis en œuvre par l'Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal (OMVS) en étroite collaboration avec ses partenaires nationaux que sont : la Direction Nationale de l'Hydraulique du Mali (DNH), la Direction Générale de la Planification des Ressources en Eau du Sénégal (DGPRE), le Laboratoire Central Vétérinaire (LCV) et le Laboratoire National des Eaux (LNE) du Mali, le CERES-LOCUSTOX et de l'Institut Pasteur de Dakar.

Les objectifs du projet sont les suivantes :

L'objectif global du projet est de contribuer à la mise en place, sur le moyen ou long terme, d'un mécanisme régional chargé du suivi de la qualité de l'eau au niveau du bassin (en synergie avec d'autres initiatives en cours de l'OMVS en partenariat avec CNR et AFD, entre autres).

L'objectif scientifique du projet est de réaliser une étude pilote sur la qualité chimique et microbiologique de l'eau de surface dans le bassin du fleuve Sénégal pour renforcer les connaissances existantes. Pour cela, l'approche proposée repose sur les éléments suivants :

- ✓ L'identification, la mise en relation et la proposition d'un réseau d'acteurs (OMVS, institutions nationales) pour l'analyse de la qualité des eaux dans le cadre d'une étude de terrain concrète.
- ✓ L'accompagnement technique de ces partenaires par des experts externes, à travers une formation initiale, puis au cours de la réalisation de l'étude de terrain (pendant un an), au travers du contrôle qualité et du suivi des travaux.

Le produit attendu sera une analyse de référence (ou un état des lieux) avec une priorisation des polluants pour de futures activités de surveillance spécifiques. Ce résultat sera atteint à travers deux actions majeures :

- i. L'acquisition d'une série temporelle de douze mois d'un spectre de polluants potentiellement pertinents (agrochimie, métaux, agents pathogènes), représentative de l'ensemble du bassin (prélèvements à l'aval du bassin au niveau du delta du fleuve) ;
- ii. Deux campagnes spatiales pendant la saison des pluies et la saison sèche à l'échelle du bassin pour identifier les origines de ces polluants.

Ce projet pilote est réalisé au niveau du delta et des parties sénégalaise et malienne du fleuve Sénégal et de ses affluents. Il sera piloté par l'Organisation pour la Mise en Valeur du Fleuve Sénégal (OMVS).

La coordination de l'étude sur le terrain au niveau national est effectuée par les autorités maliennes et sénégalaises en charge des ressources en eau. Des laboratoires nationaux sont chargés de l'échantillonnage et des analyses.

- ✓ Pour le Mali, la coordination est assurée par la Direction Nationale de l'Hydraulique (DNH) du Ministère de l'énergie et de l'eau. L'échantillonnage et l'analyse sont effectués par le Laboratoire National des Eaux (LNE) et par le Laboratoire Central Vétérinaire (LCV).
- ✓ Pour le Sénégal, la coordination est assurée par la Direction de la Gestion et de la Planification des Ressources en Eau (DGPRE) du Ministère de l'eau et de l'assainissement. L'échantillonnage et l'analyse sont effectués par le Centre Régional de Recherche en Écotoxicologie et de Sécurité Environnementale (CERES-Locustox) et par l'Institut Pasteur.

Dans le cadre de la mise en œuvre de ce projet pilote sur la qualité des eaux du bassin du fleuve Sénégal et, plus spécifiquement, au regard des deux actions majeurs ci-dessus:

- La série chronologique consiste à faire des prélèvements tous les quinze jours (barrage de Diamal) et mensuels (réserve de Bango et Keur Momar SARR) ; Compte tenu des lenteurs

administratifs relatif à la signature des protocoles entre les acteurs, les prélèvements de la série chronologique a démarré depuis le 29 janvier 2021.

- La série saisonnière consiste à effectuer des prélèvements en période de basses eaux (effectuées en mars 2021) et des hautes eaux (prévues le 15 septembre 2021 sur 12 sites au Sénégal et 12 sites au Mali)

Cette première campagne spatiale (période des hautes eaux) de mesures in situ et de collecte d'échantillons d'eau, de poissons et de sédiments s'est déroulée dans les parties malienne et sénégalaise du bassin du fleuve Sénégal, conformément aux termes de la convention signée entre l'AICS et l'OMVS.

À la suite des missions de terrain, les résultats des analyses des échantillons collectés (eau, poissons et sédiments) combinés à ceux des mesures in situ ont permis de déterminer les paramètres hydrodynamiques (débits des cours d'eau², transport des sédiments, physicochimiques, microbiologiques et teneurs en pesticides) définissant l'état actuel de la qualité actuelle des eaux du fleuve Sénégal et de ses affluents principaux (Falémé, Bafing et Bakoye).

Notamment, la composition minérale des sédiments et de leurs teneurs en pesticides ont fait l'objet d'étude. Également, le phénomène de bioaccumulation des métaux lourds et des pesticides dans les poissons pêchés dans le fleuve Sénégal et de ses principaux affluents (Falémé, Bafing et Bakoye) a été investiguée. Aussi, il ressort des mesures in situ, des analyses d'échantillons d'eau, de poissons et de sédiments que les eaux du fleuve Sénégal et de ses principaux affluents subissent une agression forte résultant des effets de changement climatique et de l'augmentation de la pression des activités anthropiques (principalement l'orpailage traditionnel terrestre et fluvial) qui réduisent l'utilisation de ces eaux, non seulement pour la satisfaction des besoins domestiques (AEP et abreuvement des animaux) mais aussi pour le milieu aquatique et pour l'aménagement hydro agricoles.

Les résultats d'analyse des échantillons collectés montrent que les eaux du fleuve Sénégal et ses principaux affluents (Falémé, Bafing et Bakoye) font l'objet d'une forte pollution, principalement due aux activités de l'orpailage traditionnel terrestre et fluvial (le dragage du lit mineur des cours d'eau) qui utilisent des produits hautement toxiques comme le mercure et le cyanure et à celles agricoles qui utilisent des pesticides comme le DDT, l'Endosulfan qui peuvent nuire le milieu environnemental et social.

Les paramètres physicochimiques, microbiologiques (notamment les coliformes fécaux des eaux du fleuve Sénégal et de ses principaux affluents, la turbidité, la demande en oxygène (DO), la conductivité et les taux de certains métaux comme l'aluminium et le fer ont des valeurs importantes, de façon à inquiéter pour la survie du fleuve Sénégal et des principaux affluents. Les eaux de la Falémé sont les plus affectées par les diverses sources de pollution.

² Le fleuve Sénégal et certains de ses affluents au Mali et au Sénégal

Comme prévue, lors de cette première campagne, les activités d'acquisition de séries chronologiques ainsi que d'un spectre de polluants potentiellement pertinents (agrochimie, métaux, agents pathogènes) représentative de l'ensemble du bassin ont été menées toutes les deux semaines au niveau de la retenue du barrage de Diama. Il en est de même s'agissant des prélèvements mensuels d'échantillons d'eau de surface dans les réservoirs d'eau potable de la ville de Saint-Louis (réserve de Bango) et de la ville de Dakar (Lac de Guiers) pour une analyse des pesticides, des nutriments, des métaux lourds et des agents pathogènes par les laboratoires CERES LOCUSTOX et INSTITUT PASTEUR.

Au total, en plus de l'amont du barrage de Diama et des réservoirs d'eau potable de Saint-Louis (Réserve de Bango) et de la ville de Dakar (Lac de Guiers), douze (12) autres stations de prélèvements d'échantillons d'eau de surface ont été visitées sur le fleuve Sénégal et l'un des affluents principaux (la Falémé). Au niveau de chacun de ces sites, la DGPRE a réalisé les jaugeages nécessaires à la détermination des débits du fleuve Sénégal et la Falémé.

D'après les résultats des mesures des débits mesurés à Diama Amont, on constate une diminution de plus de 50 % du débit d'écoulement obtenu (**134,356 à 52,994 m³/s**). Au niveau de la réserve de Bango, la fermeture des vannes de régulation et les remous qui en résultent n'ont pas permis d'avoir des mesures de débits fiables. Ce qui explique le faible débit obtenu lors des jaugeages. Sur les douze (12) points de prélèvement, le débit moyen total obtenu varie de **2,20 à 309,13 m³/s**.

Sur le plan de la qualité microbiologique des eaux du bassin du fleuve Sénégal, les échantillons ont été collectés au niveau de la Réserve de Bango, à Keur Momar Sarr et au niveau du barrage de Diama afin de déterminer les teneurs des eaux en *Salmonella*, *Escherichia coli*, Entérocoques et *Vibrio* pathogène. Les résultats d'analyse des échantillons collectés par l'Institut Pasteur de Dakar montrent que les eaux du bassin du fleuve Sénégal peuvent constituer un risque potentiel sanitaire du point de vue qualité microbiologique.

Comme initialement prévu dans le concept note, le renforcement de capacités des laboratoires LCV et CERES n'a pas été effectué pour des raisons administratives liés à la non formalisation contractuelle entre VUA – CCR et l'OMVS d'une part et d'autre part la pandémie de la Covid-19. Cet engagement de renforcement de capacité aux laboratoires constitue beaucoup de manquements liés aux activités d'analyse de laboratoire de certains paramètres physico-chimiques. . Il en est de même, s'agissant le contrôle de qualité des analyses spécifiques pour les pesticides et les métaux lourds ainsi que l'identification des polluants inconnus que la VUA devait faire.

2.2. Résultats et activités

A. Résultats

À la suite de la signature du contrat de subvention entre l'AICS et l'OMVS, pour le bon démarrage et la bonne exécution de la mise en œuvre des activités pilotes de suivi de la qualité des eaux du bassin du fleuve Sénégal, l'OMVS et les structures nationales (DNH/Mali et DGPRE/Sénégal) ont procédé à la formulation et à la signature de protocoles d'accord de coopération. Ensuite, ce fut au tour de ces structures nationales de procéder à la signature des protocoles d'accord avec les Laboratoires spécialisés dans le domaine d'intervention du projet, conformément aux objectifs des activités pilotent de suivi de la qualité des eaux dans le bassin du fleuve Sénégal.

À la fin de cette première étape de mise en œuvre des activités pilotes de suivi de la qualité des eaux du bassin du fleuve Sénégal, les résultats obtenus sont les suivantes :

Résultat 1 : Signature du Contrat de subvention entre l'AICS et l'OMVS ;

Résultat 2 : Signature de contrats avec Directions Nationales, Laboratoires et VUA

Résultat 3 : Recrutement d'un Appui technique externe (consultant) au projet pilote ;

Résultat 4 : Formations des laboratoires (CERES-Locustox et LCV) par la VUA ;

Résultat 5 : Échantillonnage et analyses séries temporelles ;

Résultat 6 : Échantillonnage et analyses campagne saisonnière);

Résultat 7 : Suivi technique et analyses CQ de la part de VUA ;

Résultat 8 : Analyse des résultats et reporting.

Effet (E) - « Obtention des données et informations sur l'état de la qualité chimique et microbiologique de l'eau brute du bassin du fleuve Sénégal accessible aux populations riveraines et aux États membres de l'OMVS ».

B. Activités

Résultat 1 : Signature du Contrat de subvention entre l'AICS et l'OMVS.

Cette activité a concerné essentiellement les échanges entre l'AICS et l'OMVS pour donner un contenu, accepté de toutes les parties, au Contrat de subvention d'un montant de 363.745 euros (Trois-cent soixante-trois mille sept-huit-cent quarante-cinq euros) destinés à financer la mise en œuvre de l'action intitulée : «**Projet pilote sur la qualité des eaux de surface dans le bassin du fleuve Sénégal** ». Il a été signé le 30 juillet 2020 pour une période de mise en œuvre de 13 mois à compter du 1^{er} août 2020. Ceci, compte tenu de la finalisation de l'annexe technique entre CCR – AICS et OMVS et conditions sanitaires dues à la pandémie de la Covid-19 qui expliquent le retard sur le démarrage des activités du projet (Cf. Contrat n° 05/2020/WEFE-SENEGAL).

Résultat 2 : Signature de contrats avec Directions Nationales, Laboratoires et VUA

Voir le rapport narratif N°1 du 31 mars 2022

Résultat 3 : Recrutement d'un Appui technique externe (consultant) au projet pilote

Voir le rapport Narratif N°1 du 31 mars 2022

Résultat 4 : Formations des laboratoires (CERES-Locustox, LCV) par la VUA

En effet, Vrije Universitaet Amsterdam (VUA) devrait effectuer en parallèle des formations initiales et des analyses spécifiques pour les pesticides et les métaux lourds (contrôle qualité), ainsi que l'identification de polluants inconnus. Malheureusement, l'OMVS est au regret de constater que cet engagement de VUA n'est pas entièrement réalisé.

Le type et la portée de l'échantillonnage, ainsi que les matrices (eau, poisson, sédiments) et les substances à analyser, ont déjà été identifiés et validés par l'OMVS et l'ensemble des institutions concernées.

Résultat 5 : Échantillonnage et analyses séries chronologiques/temporelles

Conformément au document cadre relatif au concept note, la situation de référence des activités de prélèvement, de paramètres d'analyses et du nombre d'échantillons ont été consignées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1: Nombre d'échantillon par site

| Séries | Périodes | Matrices | Paramètres [#] | Nb. Echantillons prévu* | Nb.ech réel |
|--|--|-----------------------------------|--|-------------------------|-------------|
| Série chronologique du Fleuve (Diamal) | Toutes les deux semaines pendant un an | Eau brute passant par le barrage | Agents pathogènes, nutriments, métaux lourds, pesticides | 26 | 12 |
| Série chronologique du réservoir pour Dakar (Lac de Guiers) | Mensuel pendant un an | Eau brute | Agents pathogènes, nutriments, métaux lourds, pesticides | 12 | 8 |
| Série chronologique du réservoir pour St Louis (Réserve de Bango) | Mensuel pendant un an | Eau brute | Agents pathogènes, nutriments, métaux lourds, pesticides | 12 | 8 |
| 2 campagnes saisonnières au Mali (12 sites) | Une campagne en saison des pluies ; Une campagne en saison sèche | Eau brute Sédiments Poisson | Agents pathogènes, nutriments, métaux lourds, pesticides Métaux lourds, pesticides Métaux lourds, pesticides | 24 24 24 | |
| 2 campagnes saisonnières au Sénégal (12 sites) | Une campagne en saison des pluies ; Une campagne en saison sèche | Eau brute Sédiments Poisson | Agents pathogènes, nutriments, métaux lourds, pesticides Métaux lourds, pesticides Métaux lourds, pesticides | 24 24 24 | 24 |

* tous les échantillons sont prélevés en parallèle et analysés par VUA afin d'assurer le contrôle qualité des analyses des pesticides et des métaux lourds.

certains échantillons sont également analysés par VUA pour identifier des polluants organiques inconnus.

Compte tenu du retard pour l'exécution des activités de prélèvement et d'échantillonnages, les laboratoires ont effectués un certains nombres de prélèvements pour déterminer un certain nombre de paramètres à savoir :

- Recherche de *Salmonella* : les *Salmonella* peuvent être présentes dans les eaux usées agricoles et domestiques, les eaux douces, y compris les eaux destinées à la consommation humaine et les eaux souterraines, ainsi que dans les eaux de mer. Dans la mesure où l'eau est un vecteur d'infection reconnu, la présence ou l'absence de *Salmonella* doit être contrôlée dans l'eau lorsque l'on considère qu'il existe un risque d'infection ;
- Dénombrement d'*Escherichia coli* : *E. coli* est présent en très grand nombre dans les fèces humaines et animales dans les eaux usées et les eaux ayant récemment subi une contamination fécale. *Escherichia coli* est rarement observé en l'absence de contamination fécale. Il est considéré comme l'indicateur de contamination fécale le plus approprié ;
- Dénombrement des Entérocoques : Cette analyse a pour objectif de mettre en évidence les principaux entérocoques intestinaux, fréquemment rencontrés dans les excréments de l'homme et des animaux homéothermes ;
- Recherche de *Vibrio* : Recherche d'espèces potentiellement entéropathogènes (*cholerae*, *parahaemolyticus*, *vulnificus*). Le choléra est associé à la contamination fécale de l'eau et des aliments. Selon l'OMS seules les sérotypes O1 et O139 peuvent causer le choléra, elles ont un potentiel épidémique et pandémique très important. L'aptitude à produire la toxine cholérique est le facteur indispensable entraînant la virulence. Les souches non O1 et non O139 sont responsables de cas sporadiques et de petites flambées épidémiques (pas de transmission entre humains). Leur réservoir est le réservoir environnemental hydrique.

- **Réserve de Bango**

Le germe *Salmonella* a été détecté dans l'ensemble des prélèvements réalisés sur ce site. De même pour ce qui concerne *Vibrio cholerae*. Pour ce qui concerne les germes *E. coli* et les entérocoques les niveaux de contamination sont malgré tout assez faible.

- **Keur Momar Sarr**

Le niveau de contamination pour les eaux de KMS est assez faible : en effet *Salmonella* n'a pas été détecté et le niveau de contamination pour *E coli* et autres entérocoques est faible.

Vibrio cholerae a été détecté dans 3 des 4 prélèvements effectués.

- **Barrage de Diama**

Salmonella a été détecté sur deux des six prélèvements effectués. En revanche pour les germes *E. Coli* et pour les entérocoques le niveau de contamination est relativement faible. *Vibrio cholerae* a été retrouvé sur 4 des 6 prélèvements reçus.

Ces premiers résultats révèlent que les eaux du bassin du fleuve Sénégal peuvent constituer un risque potentiel sanitaire du point de vue qualité microbiologique.

Les résultats montrent que malgré une présence des germes associés à la contamination fécale dans la quasi-totalité des échantillons prélevés, les niveaux de contamination peuvent être considérés comme assez faibles.

Vibrio cholerae a été détecté dans la grande majorité des échantillons analysés. Les résultats des activités d'analyses de laboratoires peuvent aider à faire une formulation d'un projet d'identification des gènes de virulence dans les échantillons positifs. Cela permettrait de déterminer le potentiel épidémique et pandémique de ces souches.

Tableau 2 : Eaux brutes de la réserve de Bango (Saint Louis) : résultats des analyses microbiologiques

| ECHANTILLONS | | PARAMETRES / METHODE | | | |
|--------------|-----------------|--|--|--|--|
| SITE | Date de Passage | Salmonell a (sur 2 litres) ISO 19250 | Entérocoques (germes dans 100 ml) NF EN ISO 7899-1 | Escherichia coli (germes dans 100 ml) NF EN ISO 9308-3 | Vibrio (sur 1 litre) ISO 21872-1 |
| St Louis | 30/01/2021 | Présence | 58 | < 56 | Présence |
| St Louis | 27/02/2021 | Présence | 180 | < 56 | Présence |
| St Louis | 27/03/2021 | Présence | 58 | 330 | Présence |
| St Louis | 25/04/2021 | Présence | <56 | <56 | Présence |
| St Louis | 13/08/2021 | absence | 250 | 58 | Présence |
| St Louis | 10/09/2021 | Présence | 60 | <56 | Présence |
| St Louis | 26/11/2021 | Absence | <56 | 120 | Présence |
| St Louis | 26/12/2021 | Présence | <56 | <56 | Présence |

Tableau 3 : Eaux brutes de Keur Momar Sarr : résultats des analyses microbiologiques

| ECHANTILLONS | | PARAMETRE / METHODE | | | |
|--------------|-----------------|--|---|---|-------------------------------------|
| SITE | Date de Passage | Salmonella (sur 2 litres) ISO 19250 | Entérocoques (germes dans 100 ml) NF EN ISO 7899-1 | Escherichia coli (germes dans 100 ml) NF EN ISO 9308-3 | Vibrio (sur 1 litre) ISO 21872-1 |
| KMS | 30/01/2021 | Absence | 250 | <56 | Présence |
| KMS | 26/02/2021 | Absence | <56 | <56 | Absence |
| KMS | 27/03/2021 | Absence | <56 | <56 | Présence |
| KMS | 24/04/2021 | Absence | <56 | <56 | Présence |
| KMS | 12/08/2021 | Absence | <56 | 120 | Absence |
| KMS | 09/09/2021 | Présence | <56 | <56 | Absence |
| KMS | 25/11/2021 | Absence | <56 | 58 | Présence |
| KMS | 27/12/2021 | Présence | <56 | <56 | Présence |

Tableau 4 : Eaux brutes du barrage de Diama : résultat des analyses microbiologiques

| ECHANTILLON S | | PARAMETRES / METHODE | | | |
|---------------|-----------------|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|----------------------|
| SITE | Date de Passage | Salmonella (sur 2 litres) | Entérocoques (germes dans 100 ml) | Escherichia coli (germes dans 100 ml) | Vibrio (sur 1 litre) |
| Diamma | 30/01/2021 | Absence | <56 | <56 | Présenc e |
| Diamma | 19/02/2021 | Présence | 39 000 | 58 | Présenc e |
| Diamma | 27/02/2021 | Absence | <56 | <56 | Absence |
| Diamma | 27/03/2021 | Présence | 58 | <56 | Absence |
| Diamma | 10/04/2021 | Absence | <56 | <56 | Présenc e |
| Diamma | 25/04/2021 | Absence | 320 | <56 | Présenc e |
| Diamma | 13/08/2021 | Absence | 58 | 120 | Présenc e |
| Diamma | 26/08/2021 | Présence | 190 | 250 | Absence |
| Diamma | 10/09/2021 | Absence | 60 | 60 | Présenc e |
| Diamma | 26/11/2021 | Absence | 58 | <56 | Présenc e |
| Diamma | 12/12/2021 | Présence | <56 | <56 | Présenc e |
| Diamma | 27/12/2021 | Présence | 58 | 58 | Présenc e |

Tableau 5 : Série chronologique : résultats des analyses microbiologiques

| ECHANTILLONS | | PARAMETRES / METHODE | | | |
|--------------|-----------------|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|----------------------|
| Site | Date de Passage | Salmonella (sur 2 litres) | Entérocoques (germes dans 100 ml) | Escherichia coli (germes dans 100 ml) | Vibrio (sur 1 litre) |
| Kidira | 06/03/2021 | Présence | 290 | 450 | Absence |
| Around | 06/03/2021 | Présence | 350 | 720 | Présence |
| Bakel | 07/03/2021 | Présence | 840 | 600 | Absence |
| Matam | 07/03/2021 | Absence | 120 | < 56 | Présence |
| Podor | 08/03/2021 | Présence | 58 | 120 | Présence |
| Dagana | 08/03/2021 | Présence | 58 | < 56 | Présence |
| Richard Toll | 08/03/2021 | Absence | 62 000 | 460 | Absence |
| Rosso | 09/03/2021 | Absence | 58 | < 56 | Présence |
| Boudoum | 09/03/2021 | Absence | < 56 | < 56 | Présence |
| Taouey | 09/03/2021 | Absence | 830 | 180 | Présence |
| Makhana | 10/03/2021 | Présence | 410 | < 56 | Présence |
| Diama amont | 10/03/2021 | Absence | 680 | < 56 | Absence |
| Boundoum | 13/10/2021 | Présence | 120 | < 56 | Présence |
| Richard Toll | 13/10/2021 | Présence | < 56 | 550 | Présence |
| Rosso | 13/10/2021 | Présence | < 56 | 58 | Présence |
| Taouey | 14/10/2021 | Présence | 120 | 58 | Absence |
| Dagana | 14/10/2021 | Présence | 58 | < 56 | Absence |
| Podor | 14/10/2021 | Présence | 58 | 58 | Absence |
| Matam | 15/10/2021 | Présence | 250 | 120 | Absence |
| Bakel | 15/10/2021 | Présence | 58 | 190 | Présence |
| Kidira | 16/10/2021 | Présence | 250 | 480 | Présence |
| Around | 16/10/2021 | Présence | 250 | 700 | Absence |

Résultat 8 : Échantillonnage et analyses de la campagne saisonnière

Pour identifier les origines des éventuelles pollutions des eaux de surface et la nature des polluants dans le bassin du fleuve Sénégal, des campagnes spatiales de mesures in situ, de collecte d'échantillons de poissons, de sédiments et d'eau de surface ont été réalisées pendant la saison sèche à l'échelle des parties malienne et sénégalaise du bassin du fleuve Sénégal. Les activités de prélèvements de la période des hautes eaux ont été réalisées en parallèle entre les deux pays (Mali et Sénégal) à partir du 03 Octobre 2021.

Cependant, il est à signaler que les activités de prélèvements de la période des basses eaux ont été effectuées depuis le 15 mars 2021. Cette activité aussi était réalisée en parallèle entre les deux pays.

Cette activité concerne essentiellement la prise de mesures in situ et le prélèvement d'échantillons d'eau de surface, de poissons et de sédiments mais aussi de jaugeage dans les parties malienne et sénégalaise du bassin du fleuve Sénégal, en vue des analyses chimiques et

microbiologiques. Elle a été réalisée par la DNH du Mali, la DGPRE du Sénégal, le Centre Régional de Recherche en Éco-toxicologie et de Sécurité Environnementale (CERES-Locustox) et par l’Institut Pasteur (au Sénégal), le Laboratoire National des Eaux (LNE) et par le Laboratoire Central Vétérinaire (LCV) (au Mali). Elle s'est déroulée dans les parties sénégalaise et malienne du bassin du fleuve Sénégal sous la coordination et la supervision générales du Haut-Commissariat de l'OMVS. Conformément aux agendas et termes de références des missions de terrains au Mali et au Sénégal, tous les sites de prélèvement de sédiments et d'échantillonnage des eaux de surface ont été visités (12 sites dans chaque partie du bassin se trouvant dans chacun de ces deux pays). Les prélèvements et jaugeages ont été faits sur chaque site visité.

Les activités réalisées sur le terrain ont consisté principalement à se rendre au niveau des sites d'échantillons d'eau de surface, de poissons et de sédiments afin de procéder aux prélèvements et aux mesures in situ. Sur chacun des sites visités, le matériel des mesures in situ a été déployé et, les mesures et échantillonnages ont été réalisés, conformément aux TdRs de la mission et au cahier de charge de l'activité.

À ce jour, la masse d'informations et de données collectées sur le terrain a permis, après dépouillement, l'obtention des résultats pertinents et des informations escomptées sur l'état de la qualité des eaux de surface dans le bassin du fleuve Sénégal. Une bonne base de données et d'informations sur l'état actuel de la qualité chimique et microbiologique de l'eau brute du bassin du fleuve Sénégal est obtenue à cette première phase.

De façon spécifique, au Mali tout comme au Sénégal, les résultats informations obtenus sont :

(i) – Au Mali :

L'Etude bilan de la qualité des eaux des sédiments et des poissons des 12 sites choisis dans le bassin du fleuve Sénégal , a été réalisée en quatre parties qui sont :

- ✓ la revue documentaire,
- ✓ l'état des lieux du lit et des rives des différents cours d'eau,
- ✓ la collecte des données relatives a la composition minérale des sédiments et leur teneur en pesticides.
- ✓ La collecte des données hydrodynamiques et transport des sédiments.
- ✓ la collecte, l'analyse et le traitement des données physicochimiques, bactériologiques et sedimentologiques ,
- ✓ la collecte des données relatives à la bioaccumulation des pesticides et des métaux lourds dans les poissons pêchés dans les différents cours d'eau du fleuve Sénégal et de ses affluents.
- ✓ la collecte des données des valeurs guides des normes pour l'eau de surface, de l'irrigation, de l'abreuvement pour les animaux, et du milieu aquatique ;

- ✓ les suggestions et recommandations pour l'établissement d'une situation de référence et l'amélioration du suivi de la qualité des eaux des différents cours d'eau.

De manière générale, les activités se sont déroulées dans la Région de Kayes. De façon spécifique, la mission de terrain s'est déroulée (du 6 au 16 Mars 2021) au niveau des douze (12) sites d'échantillonnage dans les cercles de Kita, Kéniéba, Bafoulabé et Kayes :

Tableau XXX : Coordonnées GPS des points d'étude

| N° | Sites | Coordonnées | | Cours d'eau |
|----|-----------------|---------------|-----------------|-------------|
| | | latitude Nord | longitude Ouest | |
| 1 | Diangola | 12°47.290' | 09°28.38' | Bakoye |
| 2 | Oualia | 13°35.880' | 10°22.795' | |
| 3 | Bafing Makana | 11°56.054' | 10°37.878' | Bafing |
| 4 | Mahina | 13°45.410' | 10°50.828' | |
| 5 | Moussala | 12°30.601' | 11°18.400' | Falémé |
| 6 | Fadougou | 12°32.332' | 11°23.200' | |
| 7 | Mahinamine | 12°55.758' | 11°22.787' | |
| 8 | Djidjan-barrage | 13°05.482' | 11°26.221' | |
| 9 | Gourbassi | 13°23.742' | 11°38.211' | Sénégal |
| 10 | Ambidédi | 14°35.065' | 11°46.154' | |
| 11 | Félou Aval | 14°21.518' | 11°20.908' | |
| 12 | Galougo | 13°50.596' | 11°03.223' | |

La mise en œuvre de toutes les activités ci-dessus nous a permis de collecter les données et informations sur le niveau et l'état actuel de la qualité des eaux du bassin du fleuve Sénégal.

- **Ébauche de l'état de la qualité des eaux du fleuve Sénégal et de ses principaux affluents**

Les équipes notamment celles du LNE a décrit l'état environnemental des 12 sites choisis.

Les aspects couleur, odeur et clarté des eaux, présence de feuilles mortes, et d'autres corps étrangers dans les eaux ainsi que le boisement aux abords des rives ont été investigués par cette équipe.

L'équipe a également sommairement décrit toutes les activités des populations vivant au tour du site pour mieux justifier la qualité des eaux, des poissons et des sédiments prélevés..

Avec cette investigation représentée dans le tableau 1, nous notons que l'eau de la **Falémé est la plus affectée par les diverses activités** qui sont l'orpaillage, la drague, l'agriculture utilisant abusivement les pesticides, l'élevage et la pêche. En se basant simplement sur ces premières investigations, la qualité des eaux des cours d'eau se classent:

Eau Falémé < Eau Bakoye < Eau Bafing < Eau Sénégal

Les différentes photos (1 à 8) prises sur les sites témoignent notre illustration.

Tableau 1 : Aspects Environnementaux des sites

| Sites d'étude | Cours d'eau | Indicateurs d'Indice de pollution des cours d'eau | | | | | |
|--------------------|-------------|---|---------------------|-------|----------------------|-------------------------|-----------------|
| | | Aspect des abords | Coloration de l'eau | Odeur | Présence de feuilles | Présence d'autres corps | Clarté des eaux |
| Diangola | Bakoye | Propre | Peu colorée | Sans | Non | Non | Trouble |
| Oualia | Bakoye | Propre | Peu colorée | Sans | Non | Non | Trouble |
| Bafing Makana | Bafing | Propre | Peu colorée | Sans | Non | Non | Trouble |
| Mahina | Bafing | Propre | Peu colorée | Sans | Non | Non | Peu trouble |
| Moussala | Falémé | Propre | Colorée | Sans | Non | Non | Très trouble |
| Fadougou | Falémé | Sale | Colorée | Sans | Non | Non | Très trouble |
| Mahinamine | Falémé | Propre | Colorée | Sans | Non | Non | Très trouble |
| Djidjan-Barrage | Falémé | Sale | Colorée | Sans | Non | Non | Très trouble |
| Gourbassi (Berola) | Falémé | Propre | Peu colorée | Sans | Non | Non | Trouble |
| Ambedeli | Sénégal | Propre | Peu colorée | Sans | Non | Non | Peu trouble |
| Félou aval | Sénégal | Propre | Peu colorée | Sans | Non | Non | Peu trouble |
| Galougo | Sénégal | Propre | Peu colorée | Sans | Non | Non | Peu trouble |

Les photos suivantes (1 à 8) prises sur les sites témoignent l'illustration ci-dessus.



Photo 1 : Site de Fadougou/*Falémé*



Photo 2 : Site de Mahina/*Bafing*



**Photo 3 : Site de Oualia/*Bakoye*
Barrage/*Falémé***

Photo 4 : site de Djidjan



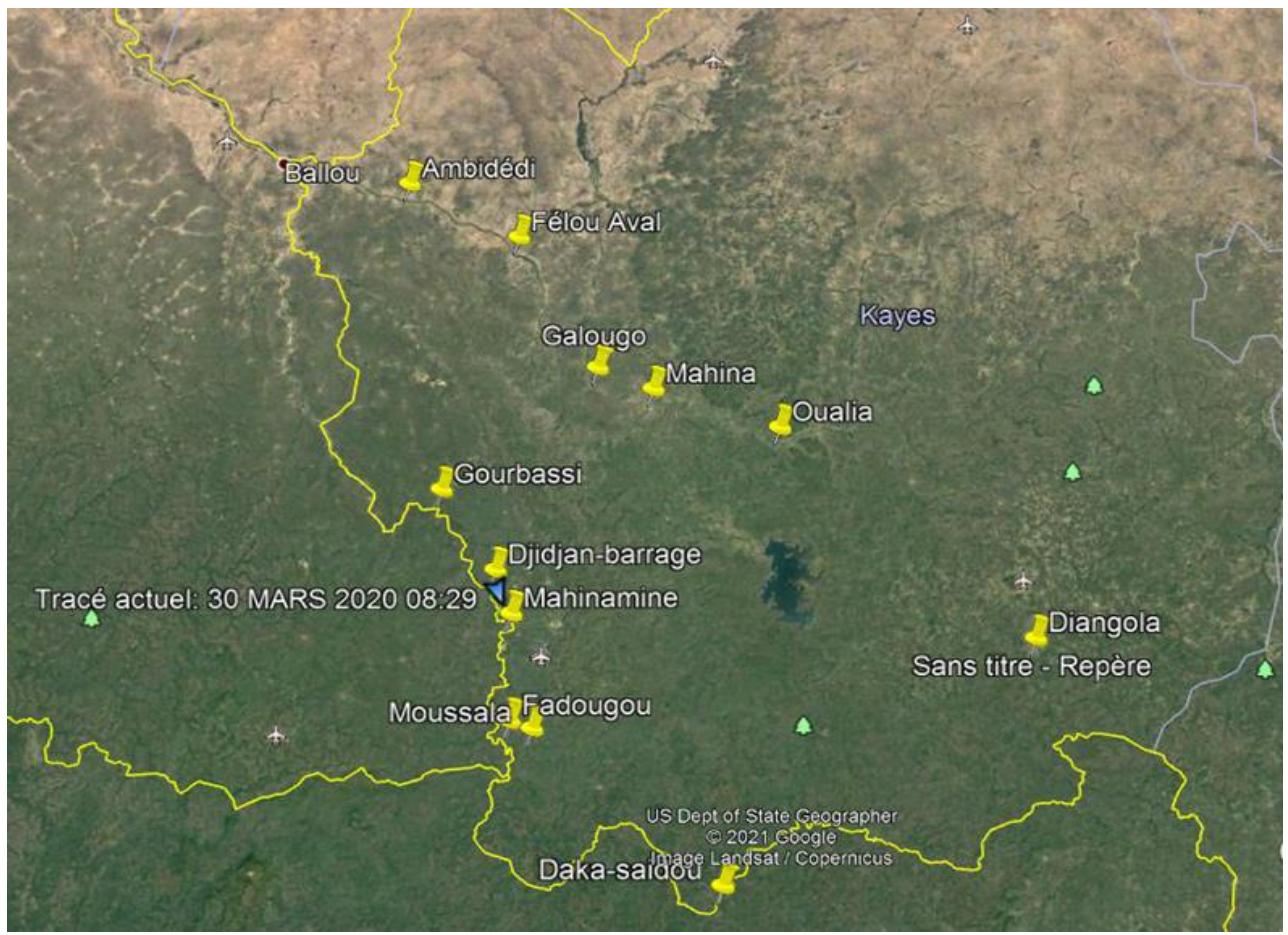
Photo 5 : Site de Galougo/Sénégal

Photo 6 : Site de Fadougou/Falémé



Photo7 : station de Félou-Aval/Sénégal
Sénégal

Photo8 : équipements de mesure de débits/



- Débits du fleuve Sénégal et de ses principaux affluents**

Les différents cours d'eau ont été jauges par l'équipe de la DNH afin de déterminer les débits desdits cours d'eau. Les différents débits du fleuve Sénégal et ses affluents (Falémé, Bafing, Bakoye). Ils sont représentés dans le tableau 3 et la figure1.

Tableau XXX : Débits d'eau du fleuve Sénégal et affluents (Falémé, Bafing et Bakoye)

| N° | Sites | Cours d'eau | He en cm | Q jaugé en m ³ /s | Q étalonné en m ³ /s | Ecart en m ³ /s | Moyenne de Q jaugé en m ³ /s des cours d'eau |
|----|-----------------|-------------|----------|------------------------------|---------------------------------|----------------------------|---|
| 1 | Diangola | Bakoye | 422 | 202 | - | - | 173 |
| 2 | Oualia | | 208 | 145 | 134,80 | 10,20 | |
| 3 | Bafing Makana | Bafing | 598 | 488 | 502,5 | 14,5 | 359 |
| 4 | Mahina | | 140 | 250 | - | - | |
| 5 | Moussala | Falémé | 232 | 59,40 | 73,5 | 14,13 | 103,16 |
| 6 | Fadougou | | 308 | 91,40 | 267,80 | 175,40 | |
| 7 | Mahinamine | | 312 | 114 | - | - | |
| 8 | Djidjan-barrage | | 213 | 129 | - | - | |

| | | | | | | | |
|----|------------|---------|--------------------------|-----|---------|---------|------------|
| 9 | Gourbassi | | 227 | 121 | 167,80 | 46,80 | |
| 10 | Ambidédi | Sénégal | 250 | 418 | 533 | 115 | 451 |
| 11 | Félou Aval | | 234 | 457 | - | - | |
| 12 | Galougo | | 605 | 478 | 3987,06 | 3509,16 | |
| | | | POINTS D'ECHANTILLONNAGE | | | | |

| Paramètres | Diangola | Oualia | Bafing Makana | Mahina | Moussala | Fadougou | Mahinamine | Djidjan-barrage | Gourbassi | Ambidédi | Félou Aval | Galougo |
|-----------------------------------|----------|----------|---------------|--------|-----------|-----------|------------|-----------------|-----------|----------|------------|----------|
| | Bakoye | Bakoye | Bafing | Bafing | Faleme | Faleme | Faleme | Faleme | Senegal | Senegal | Senegal | Senegal |
| | E1 | E12 | E2 | E11 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 | E8 | E9 | E10 |
| pH | 6,50 | 7,34 | 7,00 | 7,32 | 7,01 | 6,93 | 6,92 | 7,08 | 7,33 | 7,07 | 7,19 | 7,75 |
| Conductivité | 48 | 20 | 32 | 27 | 44 | 53,9 | 61,9 | 57 | 60 | 60 | 44 | 43,7 |
| Turbidité | 62 | 110 | 19 | 23 | 1276 | 1544 | 907 | 824 | 1381 | 90 | 76 | 86 |
| MES mg/ ou g/m ³ | 2 | 65 | 0 | 0 | 1437 | 1437 | 1043 | 1204 | 896 | 59 | 52 | 38 |
| MES g/m ³ calculée | 60,31 | 107,01 | 18,48 | 22,37 | 1241,42 | 1502,15 | 882,42 | 801,66 | 1343,57 | 87,56 | 73,94 | 83,67 |
| Débit du fleuve m ³ /s | 202 | 145 | 488 | 250 | 59,40 | 92,40 | 114 | 129 | 121 | 418 | 457 | 478 |
| Transport des Sédiments g/s | 12182,62 | 15516,45 | 9018,24 | 5592,5 | 73740,348 | 138798,66 | 100595,88 | 103414,14 | 162571,97 | 36600,08 | 33790,58 | 39994,26 |

Les débits des fleuves Sénégal, Falémé et Bakoye respectivement **451 m³/s**, **103,16 m³/s**, **173 m³/s** sont très réguliers, par contre celui du Bafing varie de Bafing-Makana a Mahina (**250 à 488m³/s**).

- Quantités des sédiments transportés

Les sédiments transportes par les différents cours d'eau sont calcules a partir du produit de la matière en suspension MES déterminée par l'équipe du LNE et le les débits Q des cours d'eaux mesures par l'équipe de la DNH :

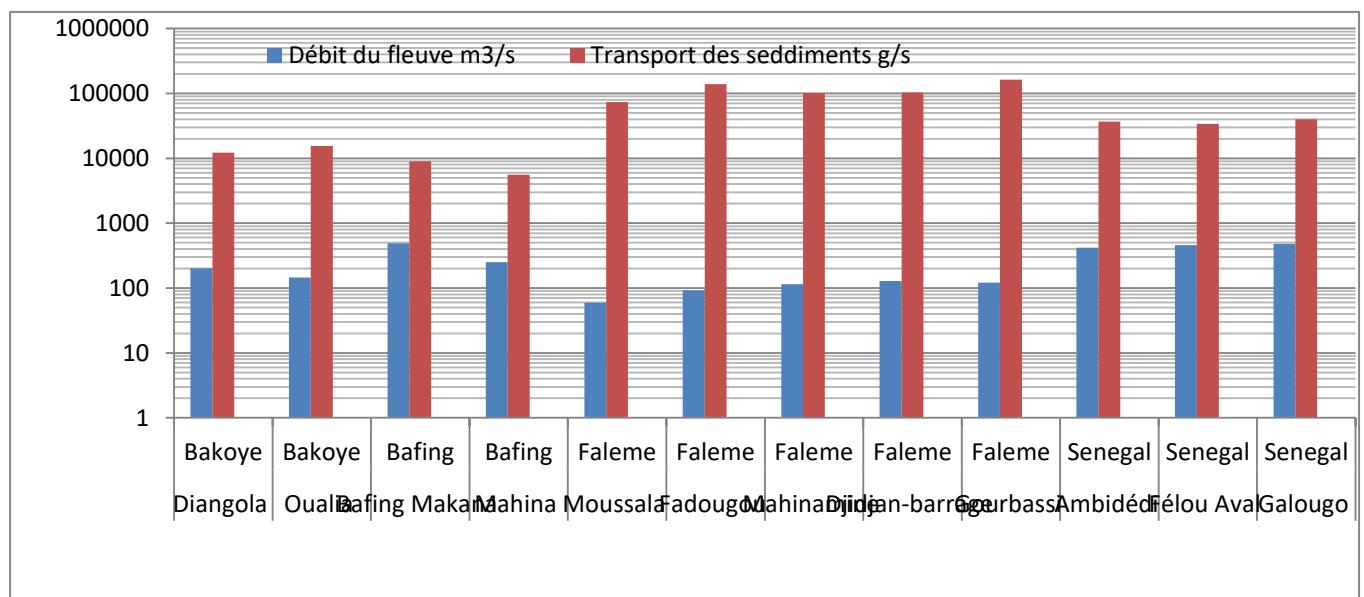
$$\text{Sédiments transportés (g/s)} = Q (\text{m}^3/\text{s}) \times \text{MES (g/m}^3)$$

Les résultats sont présentés dans le tableau 3 et figure 2.

| | | | | |
|---------------------------------------|----------|---------|----------|----------|
| Moyenne des sédiments transportés g/s | 13849,53 | 7305,37 | 115824,2 | 36794,97 |
|---------------------------------------|----------|---------|----------|----------|

Tableau 4 : Quantités des sédiments transportés par le fleuve Sénégal et ses affluents (Falémé, Bafing et Bakoye)

Figure 1 : Sédiments transportés par les différents cours d'eau



Les sédiments transportés par les différents cours d'eau est un indicateur de pression exercée sur les différents lits des cours d'eau. IL est aussi un indice de pollution des cours d'eau lorsque la matière en suspension est très élevée.

Le classement des cours d'eau pollués proposé est alors :

Falémé > Sénégal > Bakoye > Bafing

ANALYSE DES PARAMETRES PHYSICOCHIMIQUES, MICROBIOLOGIQUES ET TENEURS DES PESTICIDES DES EAUX DU FLEUVE SENEGAL ET DES AFFLEUENTS (FALEMÉ, BAFING, BAKOYE)

3.1. ANALYSE DES EAUX

Les différents paramètres physicochimiques entre autre les métaux bactériologiques des eaux ont été déterminés par le Laboratoire National des Eaux.

Les teneurs des pesticides eaux ont été déterminés par le Laboratoire Central Vétérinaire.

3.1.1. Paramètres physicochimiques des eaux

Les résultats des paramètres physicochimiques (pH, conductivité, TDS, Turbidité, MES, DO, DCO, DBO₅, couleur, dureté, alcalinité, calcium, magnésium, sodium, chlorures nitrates, nitrites, phosphates, fluorures, hydrocarbures, cyanures, sulfates) des eaux sont présentés dans le tableau 4 Les paramètres pH, conductivité, turbidité sont représentés dans les figures 3, 4 et 5.

Tableau 5 : Physicochimie des eaux du fleuve Sénégal et affluents (Falémé, Bafing et Bakoye)

| Paramètres | | NORMES DES EAUX | | | | POINTS D'ECHANTILLONNAGE | | | | | | | | | | | |
|-------------------|-------|-----------------|------------|-------------|--------------|--------------------------|---------|---------------|---------|-----------|---------|-------------|-----------------|------------|----------|------------|-----------|
| | | surface | irrigation | abreuvement | m. aquatique | Diangola | Oualia | Bafing Makana | Mahin a | Mous sala | Fadougo | Mahin amine | Djidjan-barrage | Gourbas si | Ambidédi | Félou Aval | Ga lou go |
| | | | | | | Bakoye | Bakoye | Bafing | Bafing | Faleme | Faleme | Faleme | Faleme | Senegal | Senegal | Sénégal | |
| pH | | 6,5-9 | | 5,5-9,5 | 6-9 | 6,10 | 6,52 | 6,51 | 6,75 | 6,27 | 6,47 | 6,55 | 6,70 | 6,61 | 6,64 | 6,52 | 6,68 |
| Conductivité | µs/cm | 150 | 3000 | 3000 | 600 | 50 | 50 | 32 | 38 | 51 | 54 | 57 | 60 | 65 | 46 | 46 | 46 |
| TDS | mg/L | | 2010 | | | 50 | 50 | 32 | 38 | 51 | 55 | 56 | 59 | 66 | 47 | 46 | 46 |
| Turbidité | NTU | 70 | | 5 | | 62 | 110 | 19 | 23 | 1276 | 1544 | 907 | 824 | 1381 | 90 | 76 | 86 |
| MES | mg/L | 150 | 200 | 200 | 75 | 2 | 65 | 0 | 0 | 51 | 1183 | 1204 | 1043 | 896 | 59 | 52 | 52 |
| DCO | mg/L | 35 | | | | 33 | 40 | 40 | 15 | 34 | 47 | 52 | 41 | 40 | 75 | 94 | 94 |
| DBO5 | mg/L | 10 | | | 3 | 28 | 29 | 30 | 5 | 18 | 26 | 30 | 22 | 18 | 44 | 51 | 51 |
| Couleur | mg/L | 100 | | | | 392 | 576 | 96 | 123 | 6350 | 7175 | 6145 | 4228 | 4471 | 581 | 484 | 509 |
| Dureté | mg/L | 6-300 | 150 | 20 | | 28 | 36 | 32 | 32 | 40 | 40 | 40 | 44 | 40 | 36 | 32 | 40 |
| Alcalinité | mg/L | | 200 | 2000 | 350 | 26 | 19 | 21 | 21 | 22 | 21 | 28 | 27 | 33 | 26 | 27 | 21 |
| Ca++ | mg/L | | 120 | 1000 | | 4,81 | 6,41 | 3,21 | 4,81 | 1,60 | 6,41 | 4,01 | 5,61 | 5,61 | 4,01 | 4,01 | 5,61 |
| Mg++ | mg/L | | 25 | 250-500 | | 3,88 | 4,85 | 5,83 | 4,85 | 8,74 | 5,82 | 7,28 | 7,28 | 6,31 | 6,31 | 5,34 | 6,31 |
| K+ | mg/L | | 5 | 50 | | 2,62 | 3,25 | 1,03 | 2,09 | 2,09 | 2,40 | 2,40 | 2,51 | 1,77 | 2,61 | 2,51 | 2,93 |
| Na+ | mg/L | 23 | 100 | 50 | | 2,78 | 4,36 | 0,76 | 3,01 | 3,91 | 9,07 | 4,36 | 5,03 | 2,33 | 4,58 | 3,46 | 3,46 |
| Cl- | mg/L | 20 | 140 | 250 | | 3,00 | 4,00 | 5,00 | 3,50 | 3,50 | 4,50 | 3,50 | 3,50 | 2,50 | 1,50 | 2,50 | 4,50 |
| SO4 ²⁻ | mg/L | 90 | 240 | 1000 | 20 | 12,0 | 15,7 | 10,50 | 10,7 | 28,75 | 24,75 | 3,25 | 41,00 | 31,00 | 11,25 | 12,0 | 12,50 |
| NO3- | mg/L | 50 | 30 | 40 | | 1,2 | 1,50 | 0,8 | 0,70 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,90 | 1,90 | 1,20 |
| NO2- | mg/L | 1 | | 0,2 | 0,01 | 0,01 | 0,009 | 0,008 | 0,01 | 0,019 | 0,077 | 0,065 | 0,000 | 0,052 | 0,004 | 0,003 | 0,010 |
| NH4+ | mg/L | 2 | | 0,5 | 0,1 | 1,81 | 2,34 | 1,30 | 1,04 | 7,55 | 6,26 | 5,41 | 6,50 | 5,33 | 2,18 | 1,91 | 2,20 |
| PO4--- | mg/L | 1 | | 5 | | 0,09 | 0,09 | 0,03 | 0,05 | 0,87 | 0,15 | 0,02 | 0,14 | 0,02 | 0,00 | 0,01 | 0,27 |
| F- | mg/L | 1,7 | 1 | 2,5-15 | 0,7 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,051 | 0,067 | 0,013 | 0,047 | 0,078 | 0,057 | 0,046 | 0,00 |
| Hydrocarbures | mg/L | | 0 | | | 0,001 | < 0,001 | < 0,001 | 0,001 | < 0,001 | 0,003 | 0,001 | < 0,001 | 0,001 | < 0,001 | < 0,001 | 0,001 |
| CN- | mg/L | | 0,05 | | | 0,035 | 0,034 | 0,041 | 0,047 | 0,051 | | | | | | | |

Figure 2 : Paramètres pH des eaux des principaux cours d'eaux du bassin du fleuve Sénégal en cette période des hautes eaux de l'année 2021

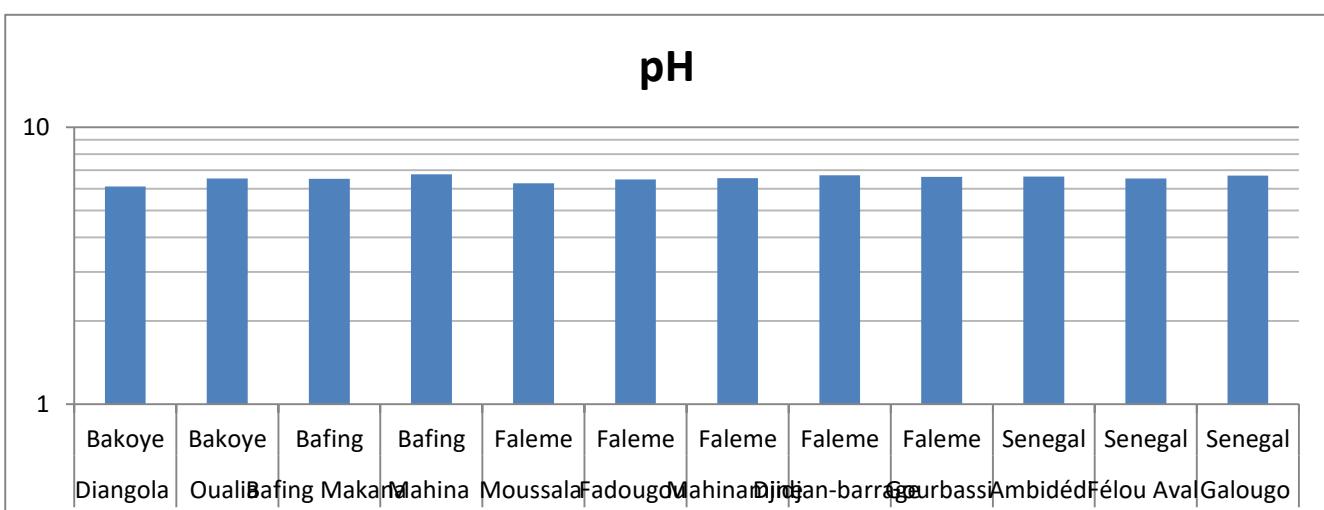
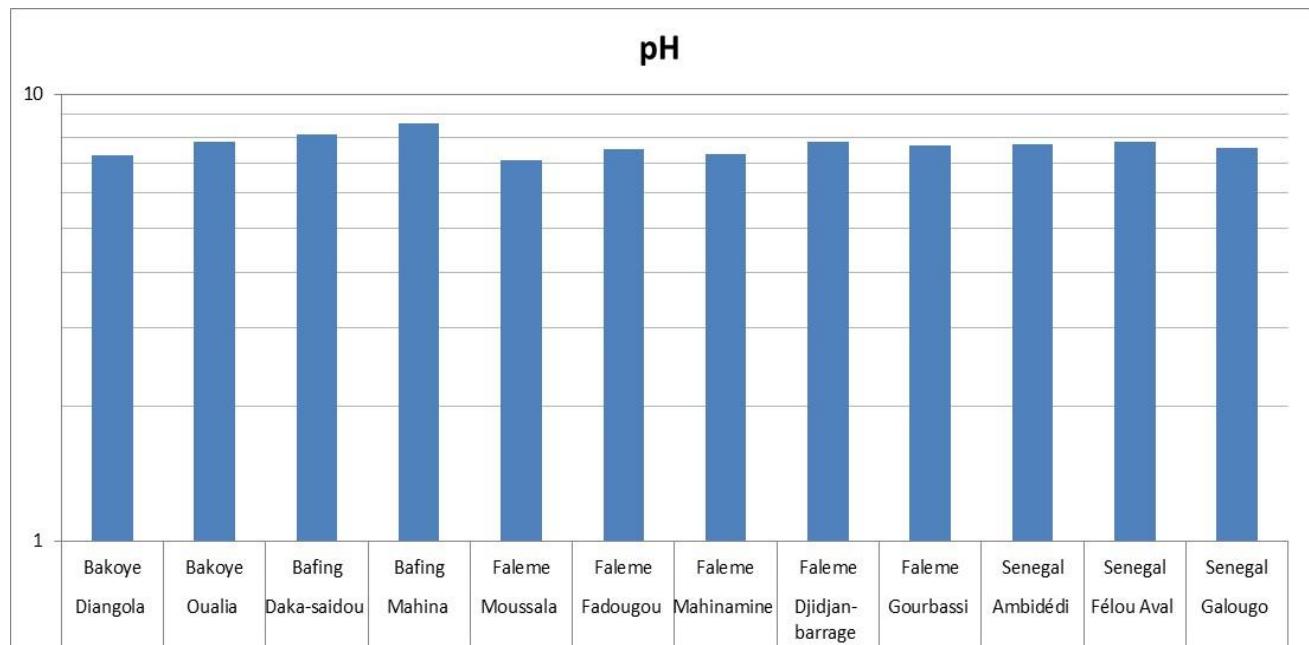


Figure 3 : Conductivité des eaux des principaux cours d'eaux du bassin du fleuve Sénégäl en cette période des hautes eaux de l'année 2021

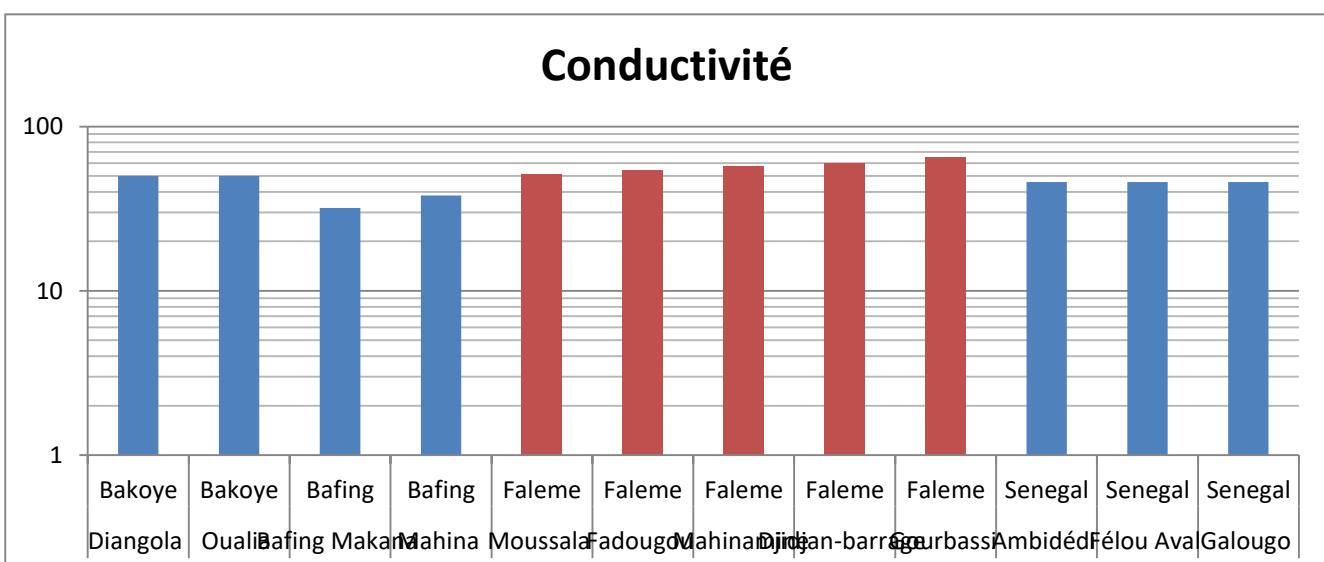
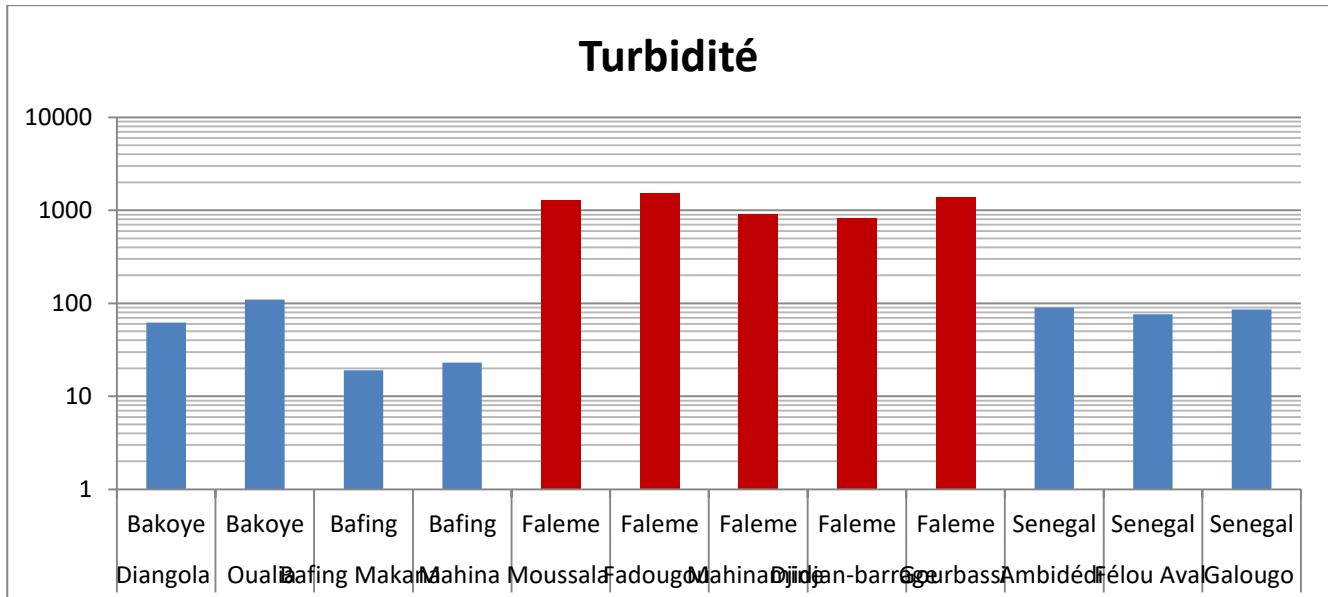


Figure 4 : Turbidité des eaux des principaux cours d'eaux du bassin du fleuve Sénégäl en cette période des hautes eaux de l'année 2021



Les eaux sont douces et toutes légèrement basiques. Les eaux de la Falémé sont très turbides (**824 à 1544 NTU**) et de conductivité **65 µs/cm max**. Les turbidités des eaux de la Falémé se démarquent des autres par leur teneur en matière de suspension et en couleur. Les eaux des cours d'eau sont la plupart riche en composés azotés.

- **Métaux dans les eaux de surfaces**

Les métaux lourds comme l'arsenic, le cadmium, le cuivre, le plomb, le plomb, le nickel, le zinc, le mercure, le chrome VI, le manganèse le fer total et Fe⁺⁺ ont été déterminés par le LNE.

Les eaux sont la plupart riches :

- en plomb, en cadmium dépassant parfois les normes des eaux de surface, d'irrigation et d'abreuvement des animaux surtout dans tous les cours d'eau faisant l'objet de cette étude
- en fer dépassant parfois les normes des eaux de surface, d'irrigation et d'abreuvement des animaux surtout dans les eaux de la Falémé.

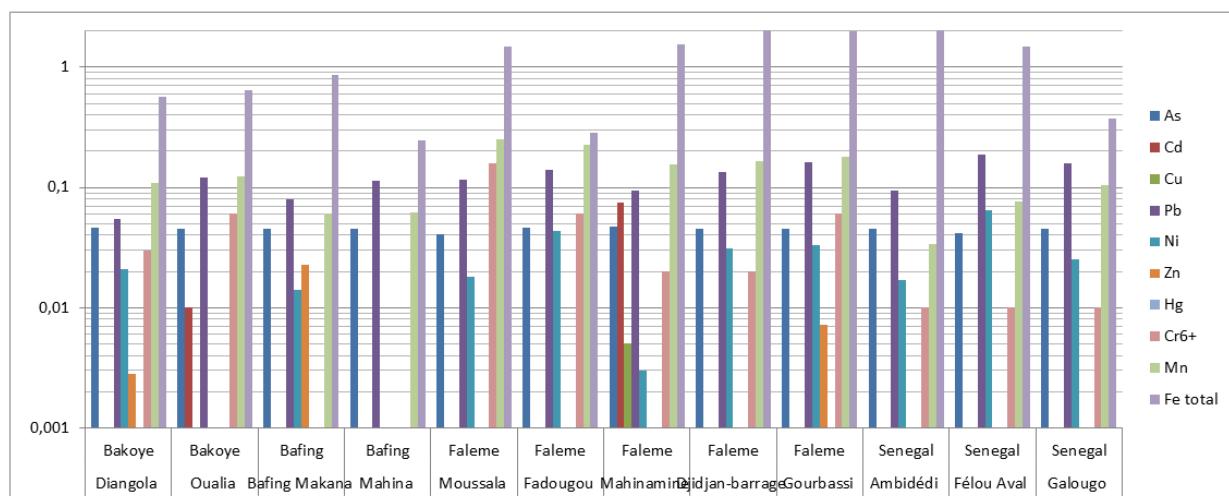
Globalement les teneurs des métaux des eaux permettent le classement de la qualité des eaux des différents cours :

METAUX Falémé > METAUX Sénégal > METAUX Bakoye > METAUX Bafing

Tableau 6 : Métaux des eaux du fleuve Sénégal et affluents (Falémé, Bafing et Bakoye) en cette période des hautes eaux de l'année 2021

| Métaux lourds | unites | Normes des eaux (Mali) | | | | Lieux d'échantillonnage | | | | | | | | | | | |
|---------------|--------|------------------------|------------|-------------|-----------|-------------------------|--------|---------------|--------|----------|----------|------------|------------------|-----------|----------|------------|---------|
| | | Surface | Irrigation | Abreuvement | M.aquatiq | Diangola | Oualia | Bafing Makana | Mahina | Moussala | Fadougou | Mahinamine | Dijidian-barrage | Gourbassi | Ambidédi | Félou Aval | Galougo |
| As | mg/L | 0,05 | 0,05 | 0,2 | | 0,05 | 0,046 | 0,045 | 0,045 | 0,045 | 0,041 | 0,046 | 0,047 | 0,045 | 0,045 | 0,045 | 0,045 |
| Cd | mg/L | 0,005 | 0,01 | 0,05 | | 0,005 | 0,000 | 0,010 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,074 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Cu | mg/L | 1 | 2 | 1 | | 0,013 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,00 | 0,005 | 0,000 | 0,00 | 0,000 |
| Pb | mg/L | 0,05 | 3 | 0,1 | | 0,02 | 0,055 | 0,120 | 0,079 | 0,113 | 0,115 | 0,141 | 0,094 | 0,134 | 0,163 | 0,094 | 0,187 |
| Ni | mg/L | 0,05 | 0,2 | 1 | | 0,47 | 0,021 | 0,000 | 0,014 | 0,000 | 0,018 | 0,043 | 0,003 | 0,031 | 0,033 | 0,017 | 0,064 |
| Zn | mg/L | 5 | 2 | 50 | | 0,12 | 0,0028 | 0,000 | 0,0227 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,0009 | 0,0072 | 0,000 | 0,000 |
| Hg | mg/L | 0,001 | 0,001 | 0,003 | | 0,001 | 0,000 | 0,00 | 0,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Cr6+ | mg/L | | | | | | | 0,03 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,16 | 0,06 | 0,02 | 0,02 | 0,06 | 0,01 |
| Mn | mg/L | 1 | 0,2 | 0,05 | | | 0,108 | 0,123 | 0,061 | 0,062 | 0,251 | 0,227 | 0,155 | 0,165 | 0,178 | 0,034 | 0,076 |
| Fe total | mg/L | 2 | 1,5 | 0,3 | | 1 | 0,567 | 0,637 | 0,861 | 0,248 | 1,498 | 0,285 | 1,540 | 2,041 | 1,987 | 2,250 | 1,486 |
| Fe++ | mg/L | | | | | | 0,400 | 0,525 | 0,244 | 0,230 | 0,213 | 0,119 | 0,095 | 0,133 | 0,379 | 0,660 | 0,412 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,266 |

Tableau XXX : Métaux des eaux du fleuve Sénégal et affluents (Falémé , Bafing et Bakoye }



▪ Microbiologie des eaux de surfaces

Les paramètres microbiologiques dont les Coliformes totaux, les Coliformes fécaux, les E., Coli et les streptocoques fécaux des eaux des cours d'eau ont été effectués par le LNE.

Les eaux sont riches en coliformes totaux pouvant provenir de l'excrément tant humain, animal et des oiseaux (pique-bœufs) nombreux nichant sur les lits des cours d'eau. Ces teneurs en coliformes totaux sont supérieures aux normes pour les eaux de surface surtout au niveau de la Falémé.

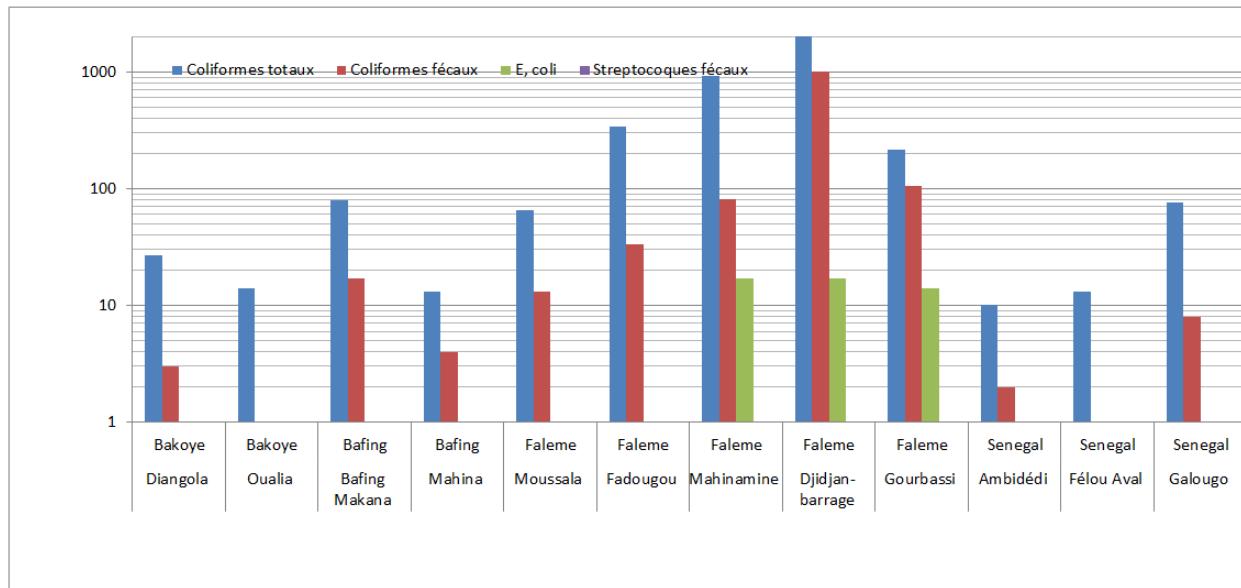
Suivant les résultats microbiologiques la qualité des eaux des cours d'eaux se classe :

Microbes Falémé > Microbes Bafing > Microbes Sénégal > Microbes Bakoye

Tableau 7 : Microbiologie des échantillons des eaux du fleuve Sénégal et affluents (Falémé, Bakoye, Bafing) en cette période des hautes eaux de l'année 2021

| Paramètres Bactériologiques | Normes des eaux | | | | Points d'échantillonnage | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|-----------------|------------|-------------|------------------|--------------------------|--------|---------------|--------|----------|----------|------------|-----------------|-----------|----------|------------|---------|--|
| | Surface | Irrigation | Abreuvement | Milieu aquatique | Diangola | Oualia | Bafing Makana | Mahina | Moussala | Fadougou | Mahinamine | Djidjan-barrage | Gourbassi | Ambidédi | Félou Aval | Galougo | |
| | | | | | Bakoye | Bakoye | Bafing | Bafing | Faleme | Faleme | Faleme | Faleme | Senegal | Senegal | Senegal | Senegal | |
| Coliformes totaux | 5000 | 1000 | 5 | 2000 | 27 | 14 | 79 | 13 | 66 | 343 | 914 | 2116 | 216 | 10 | 13 | 76 | |
| Coliformes fécaux | 2000 | | 5 | | 3 | 1 | 17 | 4 | 13 | 33 | 81 | 1011 | 106 | 2 | 1 | 8 | |
| E. coli | 2000 | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 | 17 | 14 | 0 | 0 | 0 | |
| Streptocoques fécaux | 1000 | | 5 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |

Figure 6 : Microbiologie des échantillons des eaux du fleuve Sénégal et affluents (Falémé, Bakoye, Bafing) en cette période des hautes eaux de l'année 2021



▪ Teneurs en pesticides des eaux de surfaces

Les teneurs des pesticides (aldrine, deltamethrine, Dieldrine, Endosulfan A, Endosulfan B, Heptachor, Lidane, op'DDT, parathion éthyle, pp'DDT) des échantillons eaux des fleuves ont été effectués par le LCV.

Les résultats montrent que les eaux de la Falémé analysées sont riches :

- ✓ en aldrine à Mahina (2080 ppm) et (1820 ppm) à Moussala où le maraîchage est très développé
- ✓ en dieldrine Mahina (1540ppm)
- ✓ en endosulfan A à Mahina, Moussala, Fadougou et Mahinamine, respectivement 4130, 2600, 1540 et 2840 ppm
- ✓ en Lidane à Moussala, Fadougou et Mahinamine respectivement 233, 318 et 251 ppm

Les eaux des fleuves Sénégal, Bakoye et Bafing contiennent par endroit de pesticides dont les teneurs sont inférieures à celles contenues dans les eaux de la Falémé.

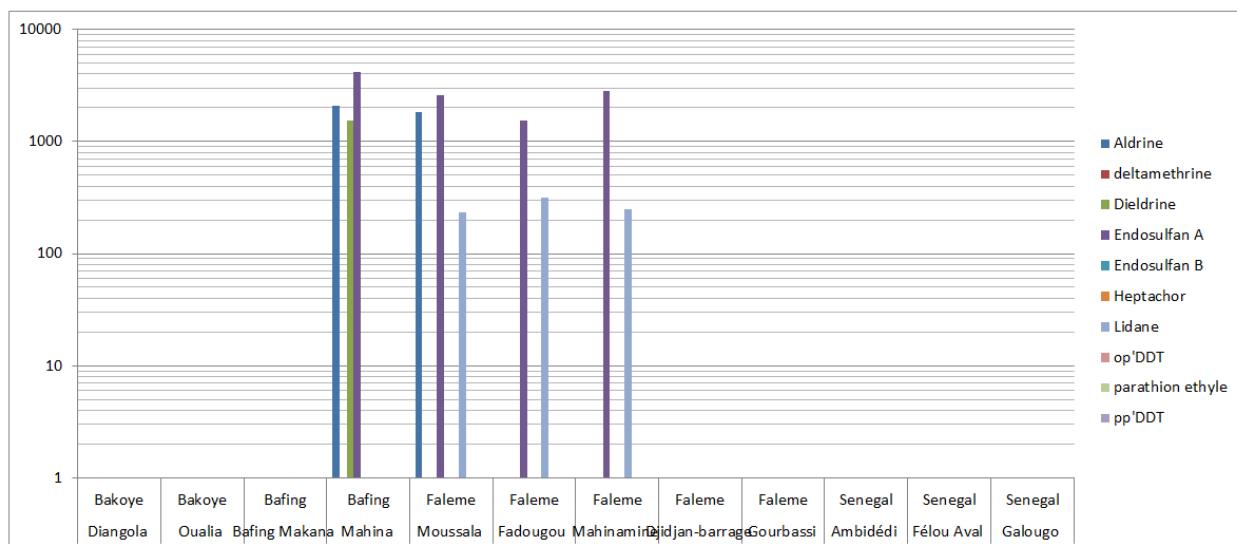
Les fortes teneurs obtenues sont toutes supérieures à celles des normes des eaux de surface, d'irrigation et pour l'abreuvement des animaux.

Suivant les résultats des teneurs des pesticides obtenues la qualité des eaux des cours d'eaux se classe :

Pesticides Falémé > Pesticides Bafing > Pesticides Sénégal > Pesticides Bakoye

La Falémé est le fleuve le plus pollué en pesticides (aldrine, dieldrine endosulfan A et lidane) .

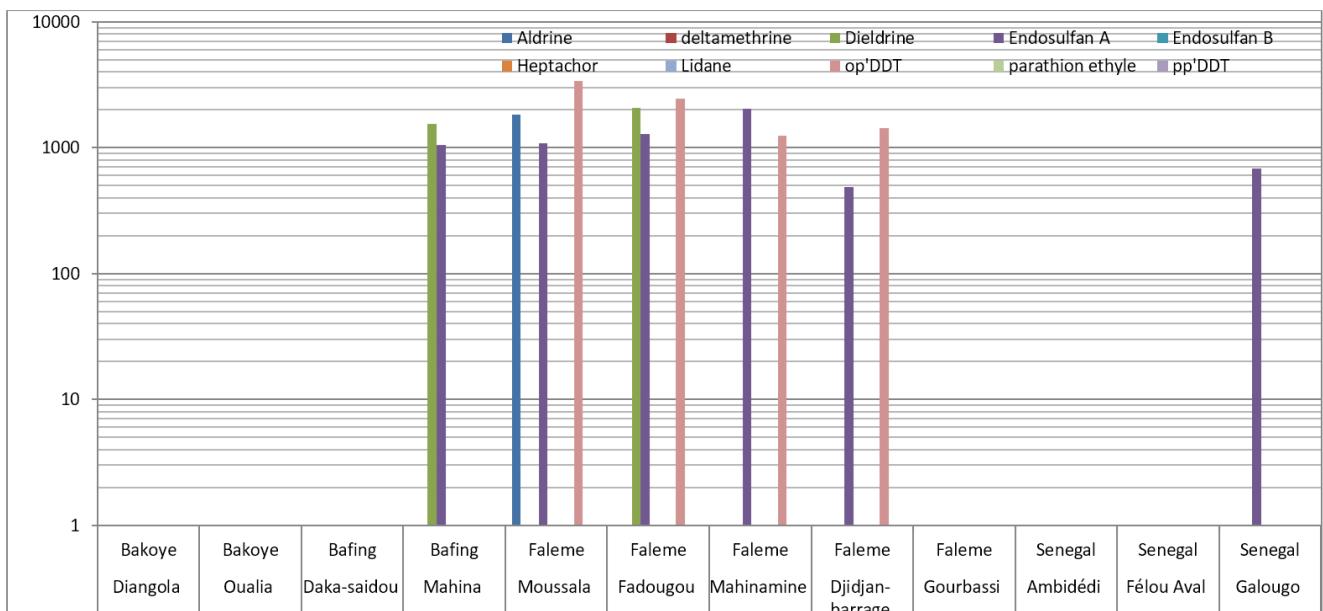
Tableau 8 : Teneurs en pesticides des échantillons des eaux du fleuve Sénégal et affluents (Falémé, Bakoye, Bafing) en cette période des hautes eaux de l'année 2021



| | surface | milieu aquatique | irrigation | abreuvement | Diangola | Oualia | Bafing Makana | Mahina | Moussala | Fadougou | Mahinamire | Dijidjan-barrage | Gourbassi | Ambidédi | Férou Aval | Galougo |
|-------------------|---------|------------------|------------|-------------|----------|--------|---------------|--------|----------|----------|------------|------------------|-----------|----------|------------|---------|
| Aldrine | | | 0,1 | 0,1 | < 5 | < 4 | < 5 | 2080 | 1820 | < 5 | < 5 | < 5 | < 5 | < 5 | < 5 | < 5 |
| deltamethrine | | | 0,1 | 0,1 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 |
| Dieldrine | | | 0,1 | 0,1 | <7 | <7 | <7 | 1540 | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 |
| Endosulfan A | | | 0,1 | 0,1 | <6 | <6 | <6 | 4130 | 2600 | 1540 | 2840 | <6 | <6 | <6 | <6 | <6 |
| Endosulfan B | | | 0,1 | 0,1 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 |
| Heptachor | | | 0,1 | 0,1 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 |
| Lidane | | | 0,1 | 0,1 | <5 | <5 | <5 | <5 | 233 | 318 | 251 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 |
| op'DDT | | | 0,1 | 0,1 | <6 | <6 | <6 | <6 | <6 | <6 | <6 | <6 | <6 | <6 | <6 | <6 |
| parathion ethyle | | | 0,1 | 0,1 | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 |
| pp'DDT | | | 0,1 | 0,1 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 |
| pesticides totaux | 100-500 | 100-500 | | | | | | | | | | | | | | |

N.B : La Falémé est le fleuve le plus pollué en pesticides, en endosulfan A et en o'p DDT.

Figure 7 : Teneurs en pesticides des échantillons des eaux du fleuve Sénégal et affluents (Falémé, Bakoye, Bafing) en cette période des basses eaux de l'année 2021



▪ **Teneur des sédiments en Pesticides (µg/kg) :**

Les teneurs des pesticides dans les sédiments prélevés dans les différents cours faisant l'objet de notre étude ont été déterminés par le LCV.

Les teneurs des pesticides (aldrine, deltamethrine, Dieldrine, Endosulfan A, Endosulfan B, Heptachor, Lidane, op'DDT, parathion éthyle, pp'DDT) des échantillons de sédiments des fleuves ont été effectués par le LCV.

Les résultats montrent que les sédiments des cours d'eau analysés sont riches :

- ✓ en aldrine (2760 ppm) à Mahina
- ✓ en endrine à Moussala (2830 ppm) et à Fadougou (3820 ppm)
- ✓ en endosulfan A à Bafing-Makana , Moussala, Fadougou, Mahinamine , Felou -aval et Galougo
- ✓ en lidane à Moussala, Fadougou et à Mahinamine respectivement 2630,3770, et 2860 ppm.

Les sédiments des fleuves Sénégal, Bakoye et Bafing contiennent par endroit de fortes teneurs en pesticides.

Suivant les résultats des teneurs des pesticides la qualité des eaux des cours d'eaux se classe :

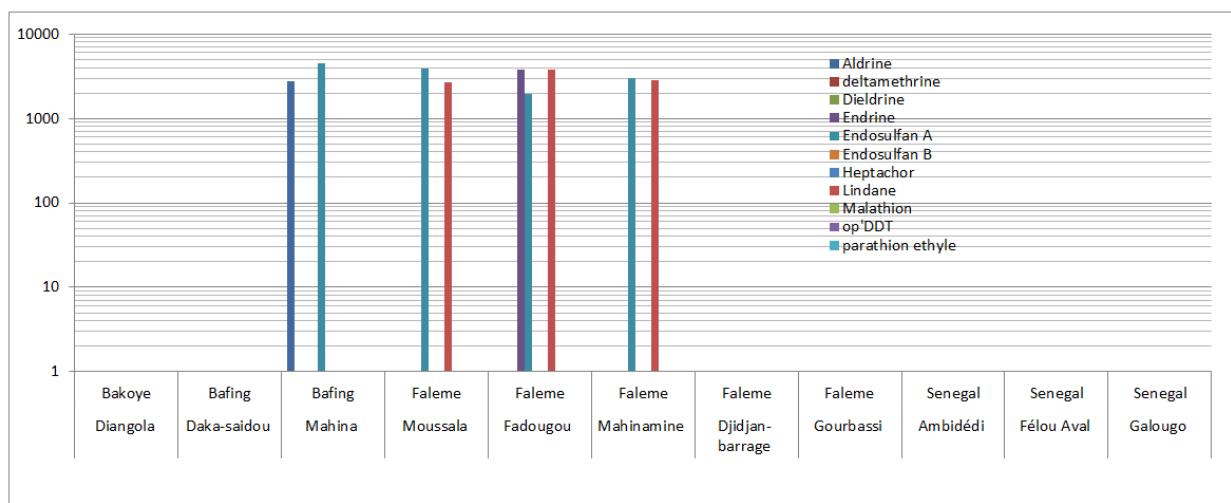
Pesticides Falémé > Pesticides Bafing > Pesticides Sénégal > Pesticides Bakoye

La Falémé est le fleuve le plus pollué en pesticides en endosulfan A, en endrine et en lidane.

Tableau 9 : Teneurs des sédiments en pesticides dans le fleuve Sénégal et ses affluents principaux (Falémé, Bakoye, Bafing) en cette période des hautes eaux de l'année 2021

| pesticides | Points de Prélèvement des sédiments | | | | | | | | | | |
|------------------|-------------------------------------|-------------|--------|----------|----------|------------|-----------------|-----------|----------|------------|---------|
| | Diangola | Daka-saidou | Mahina | Moussala | Fadougou | Mahinamine | Djidian-barrage | Gourbassi | Ambidédi | Félou Aval | Galougo |
| | Bakoye | Bafing | Bafing | Faleme | Faleme | Faleme | Faleme | Faleme | Senegal | Senegal | Senegal |
| Aldrine | <5 | <5 | 2760 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 |
| deltamethrine | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 |
| Dieldrine | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 |
| Endrine | <7 | <7 | <7 | 2830 | 3820 | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 |
| Endosulfan A | <6 | <6 | 4460 | 3940 | 1960 | 2970 | <6 | <6 | <6 | <6 | <6 |
| Endosulfan B | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 |
| Heptachor | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 |
| Lindane | <5 | <5 | <5 | 2670 | 3770 | 2860 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 |
| Malathion | <8 | <8 | <8 | <8 | <8 | <8 | <8 | <8 | <8 | <8 | <8 |
| o'p'DDT | <6 | <6 | <6 | <6 | <6 | <6 | <6 | <6 | <6 | <6 | <6 |
| parathion ethyle | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 |
| pp'DDT | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 |

Figure 8 : Teneurs des sédiments en pesticides dans le fleuve Sénégal et ses affluents principaux (Falémé, Bakoye, Bafing) en cette période des hautes eaux de l'année 2021



N.B : La Falémé est le fleuve le plus pollué en pesticides en endosulfan A et en o'p DDT.

- Composition minérale des sédiments (en % ou en ppb ($\mu\text{g}/\text{kg}$) ou ppm (mg/kg))**

La composition minérale des sédiments ($\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{CaO}, \text{K}_2\text{O}, \text{Na}_2\text{O}, \text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3, \text{MgO}, \text{P}_2\text{O}_5, \text{TiO}_2, \text{Hg}, \text{S}, \text{Cl}, \text{V}, \text{Cr}, \text{Mn}, \text{Ni}, \text{Zn}, \text{As}, \text{Ba}, \text{Mo}, \text{Co}, \text{Cu}, \text{Cd}, \text{Pb}, \text{pH}, \text{Conductivité}$) a été déterminée au laboratoire national des eaux

Les sédiments sont riches en oxydes de fer et de silice, en chrome, en manganèse. Les sédiments analysés sont des sédiments classes ordinaires suivant la législation européenne. En se basant sur la seule teneur moyenne du mercure dans les sédiments des différents cours d'eau (Bakoye (5 ppb max), Bafing (12ppb max), Falémé (20.6 ppb max) et Sénégal (10ppb), le classement proposé de la pollution des eaux est le suivant :

Eau Falémé > Eau Bafing > Eau Bakoye > Eau Sénégal

L'eau de la Falémé est encore ici la plus polluée des cours d'eau étudiés.

Tableau 10 : Composition minérale des échantillons des sédiments du fleuve Sénégal et ses affluents principaux (Falémé, Bakoye, Bafing) en cette période des hautes eaux de l'année 2021

| Element chimique | unites | Diangol a | Oualia | Bafing Makana | Mahin a | Moussal a | Fadougo | Mahinamin e | Djidjan-barrage | Gourbass i | Ambidé d i | Félou Aval | Galoug o | NORME S | | |
|--------------------------------|--------|-----------|---------|---------------|---------|-----------|---------|-------------|-----------------|------------|------------|------------|----------|---------|--|--|
| | | BAKOYE | | BAFING | | FALEME | | | | | | SENEGAL | | | | |
| | | S1 | S12 | S2 | S11 | S3 | S4 | S5 | S6 | S7 | S8 | S9 | S10 | | | |
| Fe ₂ O ₃ | % | 7,06 | 4,55 | 7,60 | 4,69 | 4,40 | 10,44 | 7,13 | 11,36 | 6,25 | - | 3,43 | 8,35 | 1,085 | | |
| CaO | % | 0,52 | 0,86 | 0,65 | 0,67 | 0,84 | 0,68 | 0,75 | 0,89 | 0,53 | - | 0,74 | 0,86 | 1,91 | | |
| K ₂ O | % | 0,69 | 0,95 | 0,70 | 0,52 | 0,99 | 1,25 | 1,05 | 1,03 | 1,01 | - | 0,96 | 1,03 | 2 | | |
| Na ₂ O | % | 0,21 | 0,32 | 0,15 | 0,14 | 0,11 | 0,31 | 0,26 | 0,18 | 0,19 | - | 0,20 | 0,17 | 1,72 | | |
| SiO ₂ | % | 32,72 | 38,31 | 31,75 | 38,63 | 39,70 | 29,55 | 35,25 | 41,26 | 34,08 | - | 43,11 | 26,70 | | | |
| Al ₂ O ₃ | % | 5,34 | 4,28 | 4,80 | 2,64 | 4,11 | 5,34 | 5,36 | 6,20 | 5,25 | - | 3,67 | 4,37 | | | |
| MgO | % | 0,50 | 0,97 | 0,72 | 0,54 | 0,74 | 0,83 | 0,34 | 0,45 | 0,66 | - | 0,90 | 0,76 | 0,83 | | |
| P ₂ O ₅ | % | 0,66 | 1,01 | 0,18 | 0,18 | 0,97 | 0,16 | 0,18 | 1,26 | 0,20 | - | 1,24 | 0,10 | | | |
| TiO ₂ | % | 0,78 | 0,58 | 0,65 | 0,44 | 0,57 | 0,60 | 0,59 | 1,81 | 0,64 | - | 0,48 | 0,47 | | | |
| Hg | ppb | 5 | 4 | 10 | 12 | 11 | 18 | 13 | 16 | 19 | - | 4 | 3 | 1000 | | |
| S | ppm | 1395,77 | 1785,98 | 1254,76 | 784,2 | 1641,13 | 1525,87 | 1341,9 | 1949,91 | 753,39 | - | 2294,98 | 2052,88 | | | |
| Cl | ppm | 87,4 | 289,52 | 109,39 | 97,8 | 234,3 | 117,02 | 121,33 | 65,85 | 65,85 | - | 117,21 | 99,26 | | | |
| V | ppm | 240,40 | 121,34 | 210,1 | 124,84 | 128,32 | 296,29 | 202,57 | 289,26 | 202,7 | - | 80,06 | 197,91 | | | |
| Cr | ppm | 268,27 | 173,82 | 358,36 | 132,75 | 159,3 | 378,23 | 239,37 | 352,28 | 237,52 | - | 135,7 | 339,86 | 100 | | |
| Mn | ppm | 325,27 | 611,57 | 689,12 | 195,63 | 511,36 | 885,55 | 401,46 | 783,18 | 316,26 | - | 194,8 | 445,89 | 400 | | |
| Ni | ppm | <LOD | <LOD | 35,54 | <LOD | <LOD | 55,82 | <LOD | <LOD | <LOD | - | <LOD | <LOD | 40 | | |
| Zn | ppm | 22,32 | 32,62 | 83,58 | 15,18 | 32,14 | 72,25 | 46,31 | 52,76 | 49,8 | - | 37,79 | 64,56 | 50 | | |
| As | ppm | 4,73 | 5,17 | 4,12 | 2,58 | 2,95 | 52,51 | 12,6 | 61,64 | 10,68 | - | <LOD | 29,5 | | | |
| Ba | ppm | 260,46 | 409,46 | 266,54 | 252,81 | 362,22 | 463,98 | 322,14 | 312,87 | 295,69 | - | 339,59 | 377,18 | | | |
| Mo | ppm | <LOD | 1 | 1 | 1 | 1,55 | 1 | <LOD | 1 | - | - | 1 | <LOD | | | |
| Co | ppm | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | - | <LOD | <LOD | <LOD | 8 | | |
| Cu | ppm | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | 38,42 | <LOD | 53,86 | <LOD | - | <LOD | <LOD | 30 | | |
| Cd | ppm | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | - | <LOD | <LOD | | | |
| Pb | ppm | 5,23 | 6,85 | 5,71 | <LOD | 5,12 | 12,5 | 11,32 | 8,81 | 4,32 | - | 8,11 | 12,84 | 10 | | |
| Pd | ppm | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | - | <LOD | <LOD | | | |
| Ag | ppm | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | - | <LOD | 6,12 | | | |
| Sn | ppm | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | 246,06 | <LOD | - | <LOD | <LOD | | | |
| Sb | ppm | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | - | <LOD | <LOD | | | |
| W | ppm | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | - | <LOD | <LOD | | | |
| Bi | ppm | <LOD | 9,2 | 6,05 | <LOD | <LOD | 6,33 | <LOD | 10,93 | 5,54 | - | <LOD | <LOD | | | |

| Element chimique | unites | Diangola | Oualia | Bafing Makana | Mahina | Moussala | Fadougo | Mahinaminne | Djidian-barrage | Gourbassi | Ambidédi | Félou Aval | Galougo | NORME S | | |
|------------------|--------|----------|--------|---------------|--------|----------|---------|-------------|-----------------|-----------|----------|------------|---------|---------|--|--|
| | | BAKOYE | | BAFING | | FALEME | | | | | | SENEGAL | | | | |
| | | S1 | S12 | S2 | S11 | S3 | S4 | S5 | S6 | S7 | S8 | S9 | S10 | | | |
| Au | ppm | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | - | <LOD | <LOD | | | |

N.B : L'eau de la Falémé est encore ici la plus polluée des cours d'eau étudiés.

Figure 9 : Éléments majeurs des échantillons des sédiments du fleuve Sénégal et ses affluents principaux (Falémé, Bakoye, Bafing) en cette période des hautes eaux de l'année 2021

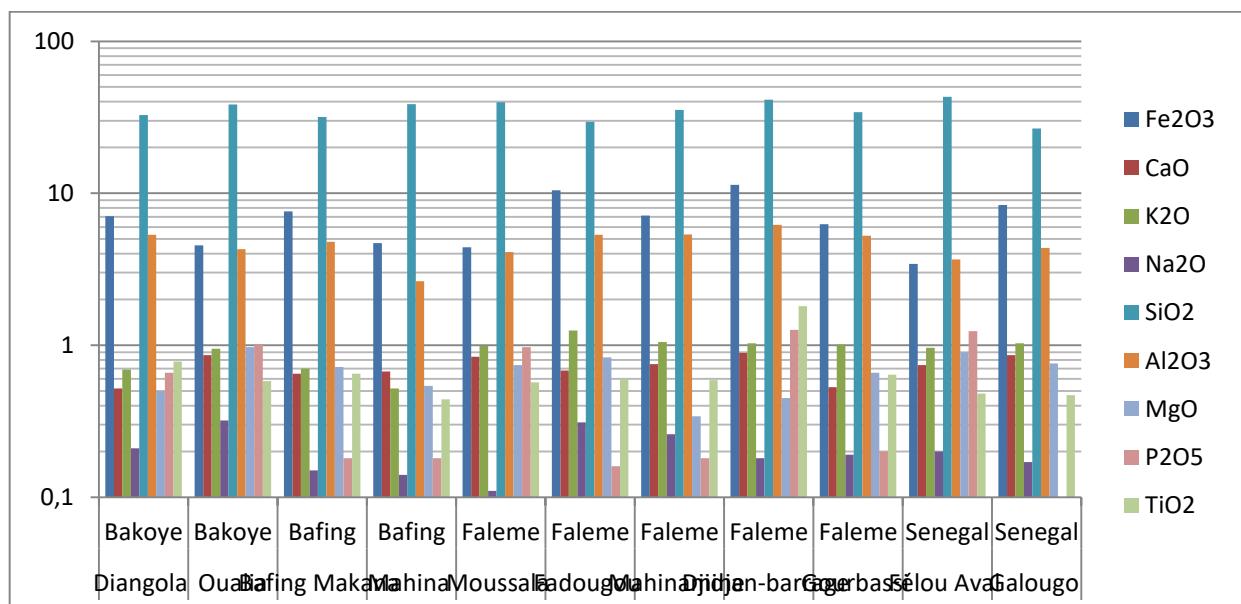
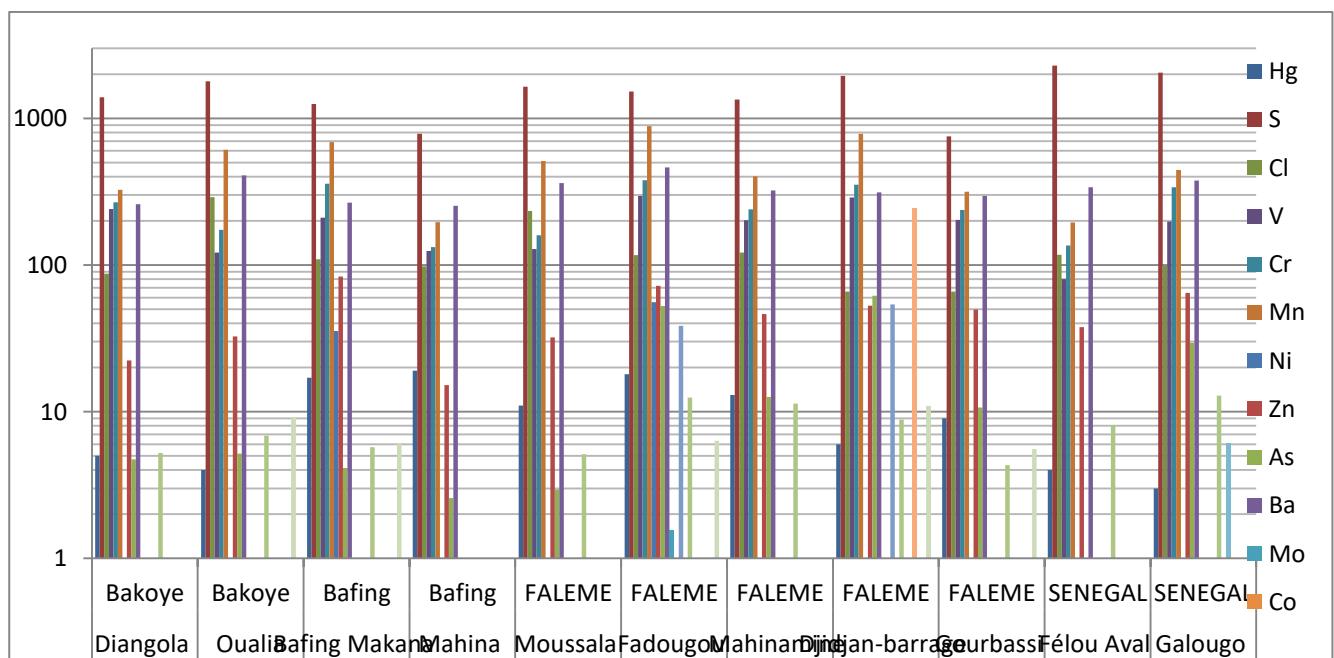


Figure 10 : Éléments mineurs des échantillons des sédiments du fleuve Sénégal et ses affluents principaux (Falémé, Bakoye, Bafing) en cette période des hautes eaux de l'année 2021



▪ Caractérisation des poissons

- Pesticides dans les poissons en µg/kg

Les teneurs des pesticides dans les poissons pêchés par l'équipe du LCV dans les différents cours faisant l'objet de notre étude ont été déterminés au LCV.

Il s'agit des pesticides dénommés aldrine, deltamethrine, Dieldrine, Endosulfan A, Endosulfan B, Heptachor, Lidane, op'DDT, parathion éthyle, pp'DDT).

Les résultats montrent que les poissons analysés sont riches :

- ✓ en aldrine à Fadougou (2330 ppm)
- ✓ en endrine à Moussala (2910 ppm)
- ✓ en endosulfan A à Mahina (2860 ppm), Moussala (3020 ppm) et Fadougou (1980 ppm) et à Mahinamine (2560 ppm),
- ✓ en heptachor à Mahina (1170 ppm), Moussala (2860 ppm), Fadougou et à Djidian-barrage respectivement 1540 et 1280 ppm.
- ✓ En lidane à Moussala, à Fadougou et à Mahinamine respectivement 1280,3340 et 2120 ppm.

Les poissons des fleuves Sénégal, et Bafing ne contiennent que des traces de pesticides.

Suivant les résultats des teneurs des pesticides la qualité des poissons des cours d'eaux se classe :

Poissons Falémé < Poissons Bafing > Poissons Sénégal = Poissons Bakoye

Les poissons de La Falémé est le fleuve bio accumulent les pesticides comme l'aldrine, l'heptachor , l'endosulfan A et le lidane.

| Pesticides | Diangola | Oulia | Mahina | Daka-saidou | Moussala | Fadougou | Mahinamine | Djidian-barrage | Gourbassi | Ambidédi | Félou Aval | Galougo | Normes |
|------------------|----------|--------|--------|-------------|----------|----------|------------|-----------------|-----------|----------|------------|---------|--------|
| | Bakoye | Bakoye | Bafing | Bafing | Faleme | Faleme | Faleme | Faleme | Faleme | Senegal | Senegal | Senegal | |
| Aldrine | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | 2380 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | |
| deltamethrine | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | |
| Dieldrine | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | |
| Endrine | <7 | <7 | <7 | <7 | 2910 | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 | |
| Endosulfan A | <6 | <6 | 2680 | <6 | 3020 | 1980 | 2560 | <6 | <6 | <6 | <6 | <6 | |
| Endosulfan B | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | |
| Heptachor | <4 | <4 | 1170 | <4 | 2860 | 1540 | <4 | 1360 | <4 | <4 | <4 | <4 | |
| Lindane | <5 | <5 | <5 | <5 | 1280 | 3340 | 2920 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | |
| Malathion | <8 | <8 | <8 | <8 | <8 | <8 | <8 | <8 | <8 | <8 | <8 | <8 | |
| op'DDT | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | |
| parathion ethyle | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 | |

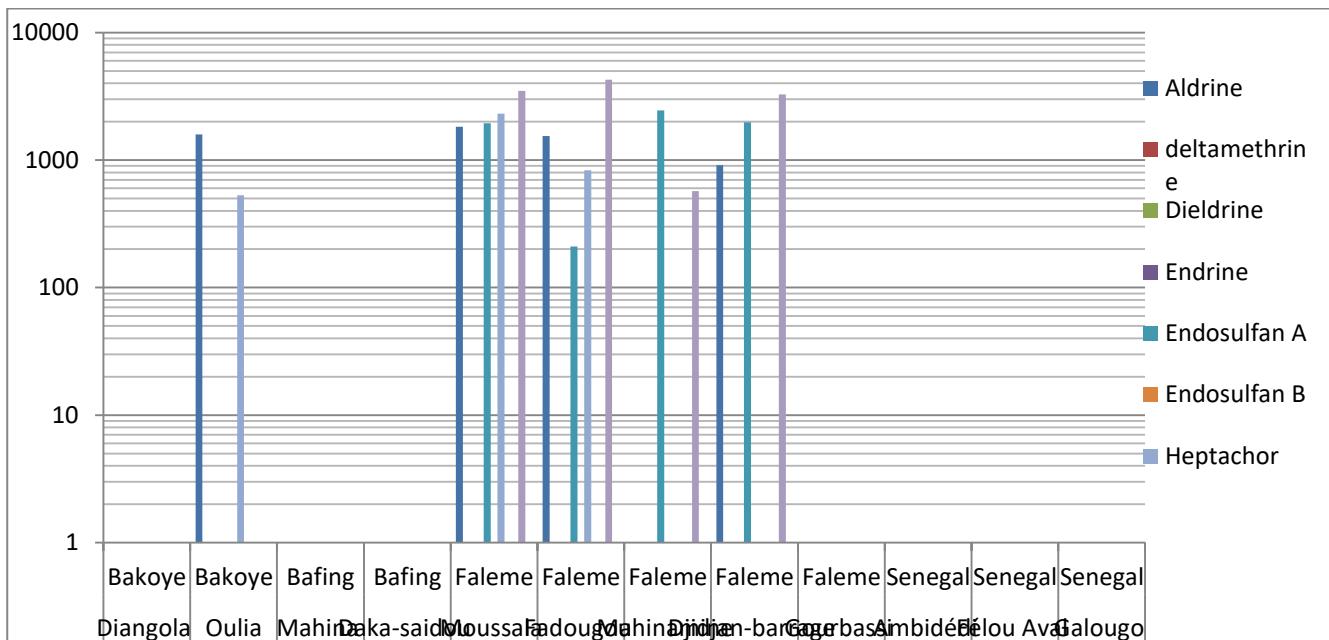
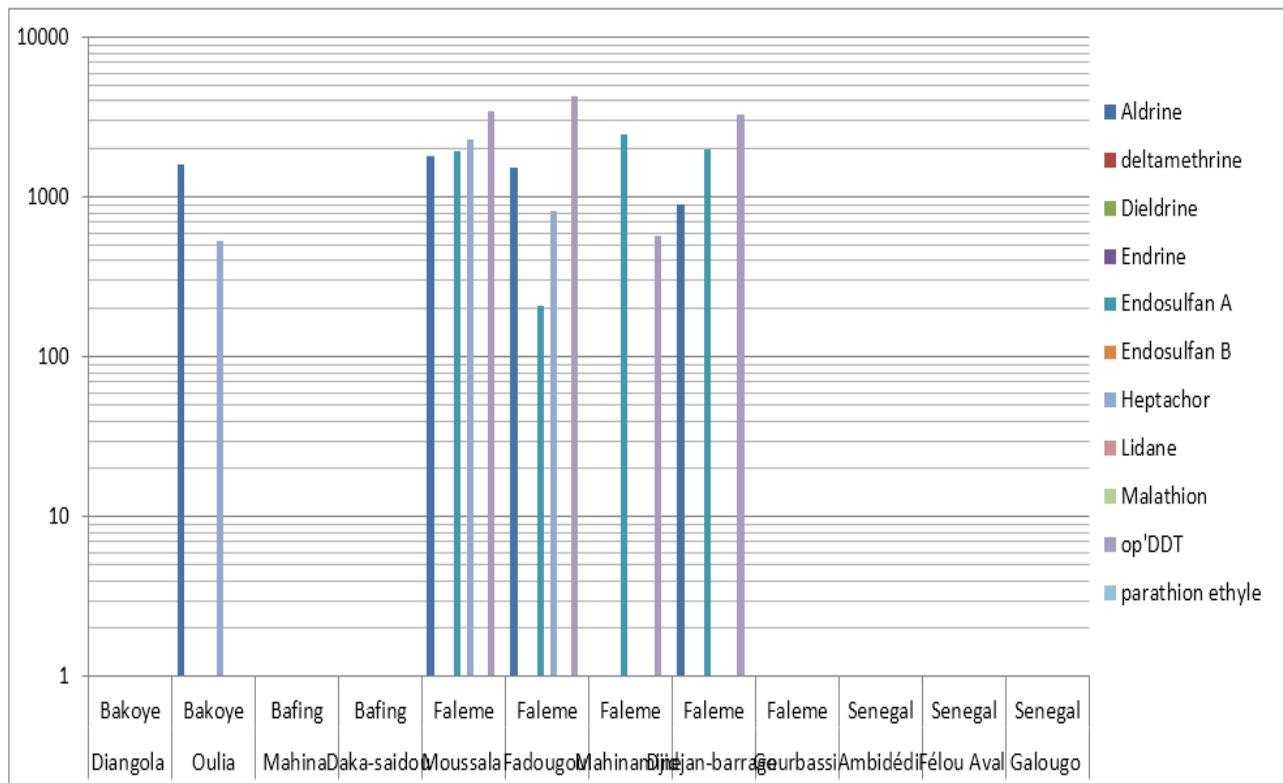


Tableau 11 : Teneur en pesticides des poissons du le fleuve Sénégal et ses affluents principaux (Falémé, Bakoye, Bafing) en cette période des hautes eaux de l'année 2021

| Pesticides | Diangola | Oulia | Mahina | Daka-saidou | Moussala | Fadougou | Mahinamine | Djidjan-barrage | Gourbassi | Ambidédi | Férou | Aval | Galougo |
|------------------|----------|--------|--------|-------------|----------|----------|------------|-----------------|-----------|----------|---------|---------|---------|
| | Bakoye | Bakoye | Bafing | Bafing | Faleme | Faleme | Faleme | Faleme | Faleme | Senegal | Senegal | Senegal | |
| Aldrine | <5 | 1590 | <5 | <5 | 1830 | 1540 | <5 | 910 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 |
| Deltamethrine | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 |
| Dieldrine | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 |
| Endrine | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 |
| Endosulfan A | <6 | <6 | <6 | <6 | 1950 | 210 | 2450 | 1980 | <6 | <6 | <6 | <6 | <6 |
| Endosulfan B | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 |
| Heptachor | <4 | 530 | <4 | <4 | 2310 | 830 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 |
| Lidane | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 |
| Malathion | <8 | <8 | <8 | <8 | <8 | <8 | <8 | <8 | <8 | <8 | <8 | <8 | <8 |
| op'DDT | <4 | <4 | <4 | <4 | 3480 | 4280 | 570 | 3280 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 |
| Parathion éthyle | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 | <7 |

Figure 11 : Teneur en pesticides des poissons du fleuve Sénégal et ses principaux affluents principaux (Falémé, Bakoye, Bafing) en cette période des hautes eaux de l'année 2021



- Métaux lourds dans les poissons en mg/kg ou µg/kg

Les métaux lourds (Hg, Fe, Cr, Mn, Ni, As, Zn, Mo, Cu, Cd, Pb) dans les poissons pêchés par l'équipe du LNE ont été déterminés au Laboratoire de LNE. L'équipe du LNE contrairement à celle du LCV a identifié les différentes catégories pour mieux appréhender le phénomène de bioaccumulation des métaux dans la chair du poisson.

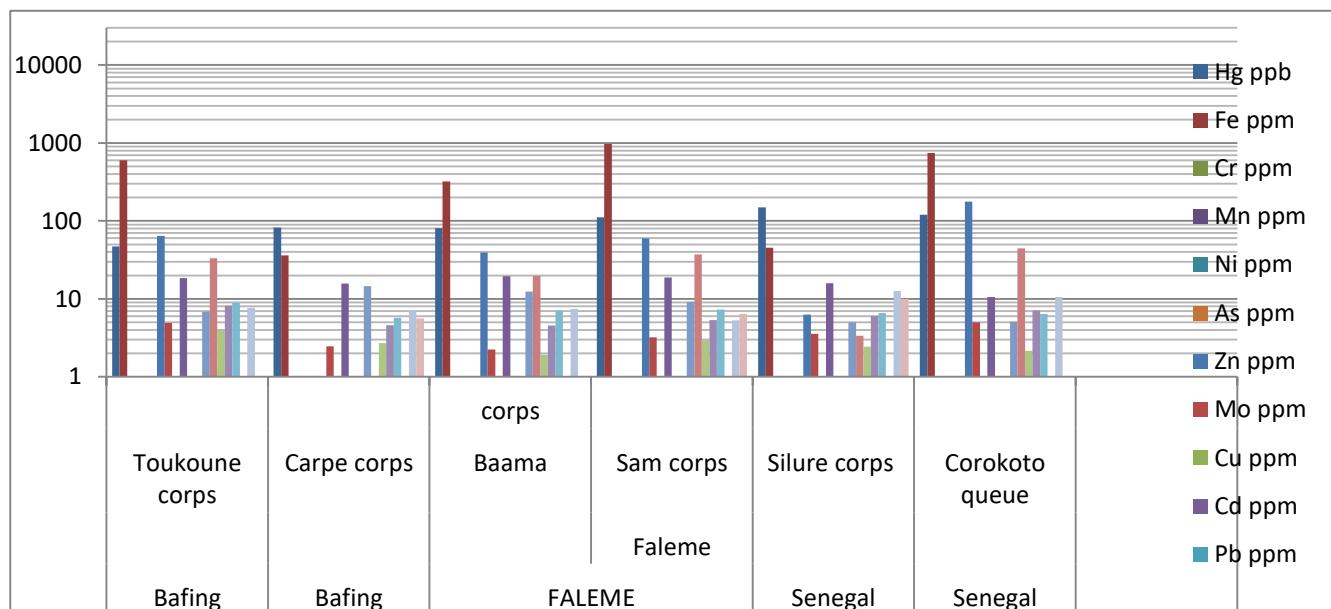
Les poissons pêchés dans le Bafing, le Bakoye et Sénégal contiennent du mercure dont les teneurs sont inférieure aux valeurs guide de l'OMS (500 ppm).

On observe une teneur élevée en cadmium (18,82 ppm max) soit 370 fois supérieur à la valeur guide de l'OMS (0,05 ppm). Les teneurs en cadmium doivent faire l'objet d'autres séries d'analyse pour être confirmées

Tableau 12 : Teneur en métaux des poissons du le fleuve Sénégal et ses principaux affluents (Falémé, Bakoye, Bafing) en cette période des hautes eaux de l'année 2021

| Fleuve | Bakoye | | | | | | Bafing | | | | | | Falémé | | | | | | Sénégal | | | | | | Normes FAO/OMS |
|--------|------------|-------------|------------|-------------|-------------|----------------|---------------|----------------|------------|---------------|----------------|------------|-------------|----------------|----------|-----------|-------------|--------------|--------------|---------------|----------------|---------------|------|-----|----------------|
| | Ouassa | | | Diango | | | Mehinc | | | Bafing Mokono | | | Gourbessé | | | Didian | | | Ambedji | | | Félou aval | | | |
| SITES | Baama tête | Baama corps | Baama tête | Baama queue | Baama corps | Baama intestin | Toukoune tête | Toukoune corps | Carpe tête | Carpe corps | Carpe intestin | Baama tête | Baama corps | Baama intestin | Sam tête | Sam corps | Silure tête | Silure queue | Silure corps | Corokoto tête | Corokoto queue | Corokoto tête | | | |
| Hg ppb | 70 | | | 55 | | | 47 | | | 82 | | | 81 | | | 111 | | | | 150 | | | 120 | | 500 |
| Fe ppm | 316,07 | 121,58 | 10921,2 | 2684,09 | 916,22 | 16949,0 | 601,81 | 341,78 | 2221, | 36,15 | 14235 | 28194 | 320,41 | 316,6 | 1176, | 967,5 | 491,91 | 2742,8 | 45,14 | 2407,67 | 745,32 | 156,63 | | | |
| Cr ppm | <LOD | 49,1 | <LOD | <LOD | 103,85 | 3 | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | 87,76 | 102,04 | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | | |
| Mn ppm | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | 607,31 | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | | |
| Ni ppm | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | | |
| As ppm | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | <LOD | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 6,32 | 1 | 1 | <LOD | 1 | <LOD | <LOD | 1 | <LOD | <LOD | 1 | <LOD | 0,1 | |
| Zn ppm | 197,55 | 67,17 | 63,85 | 128,06 | 19,15 | 110,79 | 64,47 | 66,13 | 26,4 | <LOD | 18,31 | 105,7 | 39,34 | 643,2 | 85,63 | 59,82 | 126,09 | 162,01 | 6,28 | 84,31 | 176,25 | 6,1 | | | |
| Mo ppm | 1 | 3,41 | 1 | 1,65 | 2,16 | 1 | 4,92 | 4,12 | 1 | 2,46 | 1 | 1 | 2,24 | 3,11 | 1,83 | 3,22 | 1 | 7,1 | 3,57 | <LOD | 5 | 1,33 | | | |
| Cu ppm | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | | |
| Cd ppm | 18,48 | 16,45 | 13,96 | 14,25 | 21,31 | 11,79 | 18,42 | 16,14 | 14,3 | 15,68 | 13,07 | 6,06 | 19,48 | 19,04 | 16,82 | 18,82 | 16,43 | 14,96 | 15,86 | <LOD | 10,53 | <LOD | 0,05 | | |
| Pb ppm | 1 | <LOD | <LOD | <LOD | 1 | <LOD | 1 | 1 | <LOD | 1 | <LOD | 42,63 | 1 | 1 | <LOD | 1 | <LOD | <LOD | 1 | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | 0,2 | |
| Se ppm | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | <LOD | <LOD | 1 | <LOD | 1 | |
| Rb ppm | 1 | 8,56 | 9,04 | 1,29 | 10,31 | 10,58 | 6,82 | 4,46 | 2,76 | 14,58 | 7,29 | 16,33 | 12,46 | 4,39 | 2,97 | 9,14 | 6,17 | 5,83 | 5,01 | 1,48 | 5,1 | 6,05 | | | |
| Sr ppm | 104,3 | 1 | 43,67 | 327,36 | 23,44 | 129,84 | 33,09 | 89,71 | 146,4 | 6 | 1 | 37,93 | 28,87 | 19,79 | 42,04 | 115,8 | 37 | 166,03 | 111,18 | 3,35 | 51,13 | 44,37 | 1 | | |
| Zr ppm | 1 | 3,08 | 82,36 | 1 | 2,11 | 72,48 | 3,94 | 2,13 | 7,56 | 2,71 | 35,74 | 295,9 | 1 | 1,92 | 2,63 | 1 | 2,94 | 1 | 6,8 | 2,44 | <LOD | 2,16 | 1,46 | | |
| Nb ppm | 1 | 5,72 | 2,16 | 1,51 | 4,84 | 3,63 | 8,2 | 6,49 | 1,93 | 4,59 | 1 | 10,7 | 4,56 | 5,2 | 2,12 | 5,36 | <LOD | 12,1 | 6,03 | 2,3 | 7,11 | 3,96 | | | |
| Pd ppm | 5,12 | 4,75 | 2,99 | 6,66 | 6,99 | <LOD | 8,94 | 7,56 | 4,31 | 5,7 | 2,42 | 2,96 | 7,1 | 6,3 | 4,16 | 7,28 | 4,77 | 6,17 | 6,59 | <LOD | 6,41 | 2,55 | | | |
| Bi ppm | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | 1 | <LOD | 1 | 1 | <LOD | 1 | <LOD | <LOD | 1 | 1 | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | 1 | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | | |
| Sn ppm | 8,96 | <LOD | <LOD | 12,7 | 13,67 | <LOD | 7,66 | 8 | <LOD | 7,14 | <LOD | <LOD | 7,42 | 8,27 | 14,96 | 5,32 | <LOD | <LOD | 12,64 | <LOD | 10,53 | <LOD | | | |
| Sb ppm | 5,97 | <LOD | <LOD | 8,71 | 6,65 | 16,73 | <LOD | <LOD | <LOD | 5,6 | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | 6,37 | 13,09 | <LOD | 9,95 | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | | |

Figure: Teneur en métaux des poissons du fleuve Sénégal et ses affluents principaux (Falémé, Bakoye, Bafing) en cette période des hautes eaux de l'année 2021



(ii) – Au Sénégal :

Tout comme au Mali, dans l'objectif d'optimiser les moyens et rendre efficace et efficiente les missions de terrain, au Sénégal et dans le cadre de la mise en œuvre des activités pilotes de suivi de la qualité des eaux du bassin du fleuve Sénégal/« Projet d'Appui à la Gestion des Ressources en eau et du NEXUS Eau-Énergie-Agriculture dans le bassin du fleuve Sénégal (WEFE Sénégal) », les équipes de la Direction de la Gestion et de la Planification des Ressources en Eau (DGPRE), du Centre Régional de Recherche en Écotoxicologie et de Sécurité Environnementale (CERES-Locustox) et de l'Institut Pasteur de Dakar (IPD) ont travaillé de manière conjointe. Du 25 avril au 31 décembre 2021, les activités conjointes se sont déroulées sur les douze (12) sites d'échantillonnage, sur le fleuve Sénégal et ses affluents, et s'articulent autour de :

- le suivi des prélèvements d'échantillon d'eau pour l'analyse des pesticides, des nutriments, des métaux lourds et des agents pathogènes par les laboratoires CERES LOCUSTOX et INSTITUT PASTEUR ;
- l'échantillonnage d'eau de surface pour les séries hebdomadaire, mensuelle et saisonnière en période des hautes eaux ;
- la réalisation des mesures de débits par site d'échantillonnage, en période des hautes eaux ;
- le suivi de l'état de la qualité de l'eau (propriétés physicochimiques, microbiologiques, teneurs des pesticides) ;
- l'évaluation de la bioaccumulation des métaux lourds et pesticides dans les poissons ;
- l'évaluation de la qualité sédiments (composition minéralogique et teneur des pesticides) ;

Les principales activités de cette mission sont :

- a) les jaugeages à l'ADCP River Pro pour déterminer le débit d'écoulement au droit des sites de prélèvements retenus par l'équipe de la DGPRE ;
- b) les prélèvements d'échantillons d'eau brute, de sédiments, des poissons et la mesure de paramètres in situ dans les sites du fleuve Sénégal selon les programmes définis par le projet ;
- c) la caractérisation des sédiments du fleuve Sénégal et ses zones d'expansion tout en déterminant leur composition minérale et leur teneur en pesticides ;
- d) l'étude du phénomène de bioaccumulation des métaux lourds et pesticides dans les poissons pêchés dans le fleuve Sénégal et ses zones d'expansion ;

De façon spécifique, du 25 avril au 31 mai 2021, la mission de terrain s'est déroulée sur le **fleuve Sénégal** et ses zones d'expansion au niveau des douze (12) sites d'échantillonnage dans les zones suivantes : Diama Amont, Réserve de Bango, Keur Momar SARR, Kidira, Bakel, Matam, Podor, Dagana, Richard Toll (Quai et Taoué), Rosso Sénégal, Aroundou. La mise en œuvre de toutes les activités ci-dessus nous a permis de collecter les données et informations sur le niveau et l'état actuel de la qualité des eaux dans la partie sénégalaise du bassin du fleuve Sénégal.

▪ Ébauche de l'état de la qualité des eaux du fleuve Sénégal et ses zones d'expansion

LES PARAMÈTRES À ANALYSER

IV.1. Les pesticides

La liste des pesticides (tableau 1) recherchés est arrêtée d'un commun accord entre la Fondation CERES-Locustox et la DGPTE. Pour la plupart, les pesticides retenus sont tirés des quatre sources ci-dessous :

- les pesticides ayant des dépassements des limites de tolérance sur le projet pilote GEF³ ;
- les pesticides ayant des dépassements de la LMR sur l'étude du Panier de la Ménagère (CERES-Locustox, 2008) ;
- les pesticides dépassant la norme de 0,1 µg/l de potabilité de l'eau sur l'Etude de la contamination des eaux d'arrosage dans la zone des Niayes (CERES-Locustox 2011) ;
- les pesticides utilisés au niveau de la Vallée du Fleuve Sénégal, une liste ciblée (OLAG 2013).

Pour chaque pesticide, il est donné (tableau 1) son appartenance à sa famille chimique, son activité biologique, son statut d'homologation (CSP, novembre 2012) au niveau du Comité sahélien des Pesticides (CSP) et son comportement en milieu aquatique. Il s'agit pour ce dernier paramètre de la solubilité qui traduit la mobilité de la molécule, de la stabilité traduite par sa vitesse d'hydrolyse dans l'eau en période de demi-vie (jours), de la toxicité aiguë 96 heures LC50 du produit sur le poisson et du potentiel de bioaccumulation (PBA).

Tableau 6 : liste des pesticides recherchés et leurs propriétés

| Molécule recherchée | Famille ⁴ | AB ⁵ | CSP ⁶ | Comportement en milieu aquatique ⁷ | | | | | | | PBA ¹³ | |
|---------------------|----------------------|-----------------|------------------|---|--------------------------------------|------------------|------------------|--------------------------|---|-----------|-------------------|--|
| | | | | Solubilité (mg/l) | Stabilité (DT50 à pH 7) ⁸ | GUS ⁹ | PL ¹⁰ | OMS ¹¹ (µg/l) | Toxicité sur poisson ¹² (µg/l) | | | |
| | | | | | | | | | Aiguë | Chronique | | |
| 1. Aldrine | OC | I | NON | 0,027 | | -0,35 | f | 0,03 | 4,6 | | E | |
| 2. Chlordane | OC | I | NON | 0,1 | Stable | -0,77 | f | 0,2 | 90 | | E | |
| 3. DDT | OC | I | NON | 0,006 | | -4,47 | f | 0,2 | 2500 | 130 | E | |
| 4. Dicofol | OC | A | NON | 0,8 | 3,3 | 0,41 | f | 0,1 | 510 | 4,4 | E | |
| 5. Dieldrine | OC | I | NON | 0,14 | | 0,25 | f | 0,1 | 1,2 | | E | |
| 6. Endosulfan | OC | I | NON | 0,32 | 20 | 4,64 | E | 0,1 | 2 | 0,0005 | E | |
| 7. Endrine | OC | I | NON | 0,24 | | 0,00 | f | 0,03 | 0,73 | 0,12 | E | |
| 8. HCH | OC | I | NON | | Stable | | f | 0,1 | 2,9 | 2900 | E | |
| 9. Heptachlore | OC | I | NON | 0,06 | 1 | -0,93 | f | 0,03 | 7 | | E | |
| 10. Lindane | OC | I | NON | 8,52 | 752 | 3,95 | E | 2 | 2,9 | 2900 | E | |
| 11. Chlorpyrifos | OP | I | OUI | 1,05 | 25,5 | 0,58 | f | 0,1 | 25 | 0,14 | E | |
| 12. Bifenthrine | PY | I | NON | 0,001 | Stable | -2,66 | f | 0,1 | 0,26 | 0,012 | E | |
| 13. Trifluraline | Toluidines | H | NON | 0,221 | Stable | 0,13 | f | 20 | 88 | 10000 | E | |

³ Facilité mondiale pour l'environnement

⁴ Famille : OC : Organochloré, PY : Pyréthrinoïdes, OP : Organophosphorés, AL : Alkylchlorophenoxy, BZ : Benzothiazinone, CH : Chloroacetamide, NE : Néonicotinoïde

⁵ AB : Activité Biologique, I : Insecticide, H : Herbicide, A : Acaricide.

⁶ CSP : Oui : autorisé par le CSP, NON : Non autorisé par le CSP. Réf : Liste globale des pesticides autorisés par le Comité Sahélien des Pesticides (CSP) Version de novembre 2019

⁷ Ces propriétés sont tirées de la base de données « Pesticide Proprety Data Base (PPDB 2022)».

⁸ DT50 à pH 7 : c'est la durée pendant laquelle le pesticide se dégrade de moitié dans l'eau à pH neutre.

⁹ Indice de GUS (Groundwater Ubiquity Score). Il donne le potentiel de lixiviation du pesticide

¹⁰ PL : potentiel de lixiviation du pesticide (f : Faible GUS<1.8), (T : Transition 1.8<GUS>2.8), (E : Elevé GUS>2.8)

¹¹ OMS : Normes eau potable pour OMS en bleu gras ou normes Union Européennes pour l'eau potable en noir

¹² Toxicité : Aiguë : Poisson - CL₅₀ aiguë sur 96 heures, Chronique : Poisson - CSEO (Concentration Sans Effet Observé) chronique sur 21 jours (PPDB 2022)

¹³ PBA : Potentiel de bioaccumulation du pesticide : E : (Elevé), m : (Modéré) f : (Faible) (PPDB 2022)

| Molécule recherchée | Famille ⁴ | AB ⁵ | CSP ⁶ | Comportement en milieu aquatique ⁷ | | | | | | | PBA ¹³ | |
|----------------------|----------------------|-----------------|------------------|---|--------------------------------------|------------------|------------------|--------------------------|---|-----------|-------------------|--|
| | | | | Solubilité (mg/l) | Stabilité (DT50 à pH 7) ⁸ | GUS ⁹ | PL ¹⁰ | OMS ¹¹ (µg/l) | Toxicité sur poisson ¹² (µg/l) | | | |
| | | | | | | | | | Aiguë | Chronique | | |
| 14. Atrazine | Triazine | H | NON | 35 | 86 | 3,20 | E | 0,1 | 5800 | | E | |
| 15. Diazinon | OP | I | NON | 60 | 138 | 1,14 | f | 0,1 | 3100 | 700 | m | |
| 16. 2,4 D | AL | H | OUI | 24300 | Stable | 1,69 | f | 0,1 | 100000 | 27200 | f | |
| 17. Propanil | anilides | H | OUI | 95 | 365 | -0,72 | f | 0,1 | 5400 | 0,4 | f | |
| 18. Bentazone | BZ | H | NON | 570 | Stable | 3,41 | E | 0,1 | 100000 | 48000 | f | |
| 19. Carbofuran | Carbamate | I | NON | 322 | 37 | 3,02 | E | 7 | 180 | 2,2 | f | |
| 20. Acétochlore | CH | H | | 282 | Stable | 1,58 | f | 0,1 | 360 | 130 | f | |
| 21. Acétamipride | NE | I | OUI | 2950 | Stable | 0,94 | f | 0,1 | 100000 | 19200 | f | |
| 22. Acéphate | OP | I | NON | 790000 | 50 | 1,14 | f | 0,1 | 110000 | 4700 | f | |
| 23. Diméthoate | OP | I | NON | 39800 | 68 | 1,06 | f | 0,1 | 30200 | 400 | f | |
| 24. Malathion | OP | I | OUI | 148 | 6,2 | -1,28 | f | 0,1 | 18 | 91 | f | |
| 25. Méthamidophos | OP | I | NON | 200000 | 5 | 2,18 | T | 0,1 | 25000 | 0 | f | |
| 26. Parathion Ethyle | OP | I | NON | 12,4 | 260 | - | T | 0,1 | 1500 | 98 | f | |
| 27. Parathion Méthyl | OP | I | NON | 55 | 21 | 1,46 | f | 0,1 | 2700 | 8,9 | f | |
| 28. Pirimifos Méthyl | OP | I | OUI | 11 | 117 | 2,82 | E | 0,1 | 200 | 23 | f | |
| 29. Profénofos | OP | I | OUI | 28 | 7 | 0,59 | f | 0,1 | 80 | 2 | f | |
| 30. Bensulfuron-Mé | Sulfonylurea | H | OUI | 67 | Stable | 2,62 | t | 0,1 | 66000 | 0 | f | |
| 31. Diuron | Phenylurea | H | OUI | 35,6 | Stable | 1,83 | t | 0,1 | 6700 | 410 | f | |

IV.2. Les métaux lourds

Les métaux lourds recherchés sont consignés dans le tableau 2 ci-après. Leurs caractéristiques physico-chimiques et toxicologiques les rendent pour la plupart préoccupants pour la santé humaine et pour l'environnement. Quatre parmi eux sont considérés comme substances prioritaires pour la politique dans le domaine de l'eau par la Directive 2013/39/UE : le cadmium et le mercure, qualifiés de substances dangereuses, et du nickel et du plomb.

La plupart ont une toxicité avérée sur le poisson avec des concentrations létales CL50 inférieures au mg/l et des Concentrations Maximum Admissibles (CMA) de la Directives 80/778/CEE, 98/83/EC plus faibles encore. Ils sont certes de très faibles solubilités dans les eaux, mais leur fixation sur les particules en suspens en fait des substances bio-disponibles pour la faune aquatique.

Tableau 7 : liste des métaux lourds recherchés et leurs propriétés

| Métaux Lourds recherchés | PBA ¹⁴ | Comportement en milieu aquatique ¹⁵ | | SP ¹⁶ par Union Européenne | Lignes directrices OMS ¹⁷ (µg/l) | Teneurs ¹⁸ Maximales Tolérables (TMT) (mg/kg) | CMA ¹⁹ (µg/l) | LEL ²⁰ (mg/kg) | SEL ²¹ (mg/kg) |
|--------------------------|-------------------|--|-------------------|---------------------------------------|---|--|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | | Toxicité ²² CL50 (µg/l) | Solubilité (µg/l) | | | | | | |
| 1. Aluminium | - | - | | NP | 200 | - | - | - | - |
| 2. Arsenic | f | 9900 | ND | NP | 10 | - | 10 | 6 | 33 |
| 3. Cadmium | f | 1,1 | insoluble | PD | 3 | 0,05 | 5 | 0,6 | 10 |
| 4. Chrome | f | - | - | NP | 50 | - | 50 | 26 | 110 |

¹⁴ PBA : Potentiel de bioaccumulation : E : (Elevé), m : (Modéré) f : (Faible)

¹⁵ Ces propriétés sont tirées des fiches de sécurité relative à chaque métal lourd

¹⁶ SP : Directive 2013/39/UE sur les substances prioritaires pour la politique dans le domaine de l'eau NP : n'est pas une substance prioritaire, P : identifiée comme substance prioritaire, PD : identifiée comme substance prioritaire dangereuse par l'UE

¹⁷ Normes OMS de l'eau potable : Valeurs Guides de l'OMS (2017)

¹⁸ Teneur : Règlement (UE) 2021/1323 de la Commission du 10 août 2021 modifiant le règlement (CE) no 1881/2006 en ce qui concerne les teneurs maximales en cadmium dans certaines denrées alimentaires (Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE)

¹⁹ CMA : Concentration maximale admissible (µg/l) / Directives 80/778/CEE, 98/83/EC

²⁰ LEL : lowest observed effect level /mg de SEDIMENT sec (dose minimale avec effet observé) (Macdonald, 2003)

²¹ SEL : severe effect level/ mg de SEDIMENT sec (niveau d'effet grave) (Macdonald, 2003)

²² Toxicité aiguë CL50/96h/poisson

| Métaux Lourds recherchés | PBA ¹⁴ | Comportement en milieu aquatique ¹⁵ | SP ¹⁶ par Union Européenne | Lignes directrices ¹⁷ | Teneurs ¹⁸ Maximales | CMA ¹⁹ ($\mu\text{g}/\text{l}$) | LEL ²⁰ (mg/kg) | SEL ²¹ (mg/kg) | |
|--------------------------|-------------------|--|---------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|--|---|---|-----|
| 5. Cuivre | - | - | - | NP | 2000 | - | 100 | 16 | 110 |
| 6. Cyanure (a 20 000) | - | - | - | | 70 | - | - | - | - |
| 7. Mercure | f | 16,3 | 20 | PD | 6 | 0,5 | 1 | 0,2 | 2 |
| 8. Nickel | f | > 100 000 | | P | 70 | | 20 | 16 | 75 |
| 9. Plomb | - | - | insoluble | P | 10 | 0,3 | 10 | 31 | 250 |

VII. RESULTATS DES ANALYSES D'ECHANTILLONS AU LABORATOIRE

VII.1. Qualités des résultats

VII.1.1. Qualités des résultats Pour les résidus de pesticides

Comme signalé dans les principes des méthodes d'analyse, chaque échantillon a été analysé avec l'ajout d'une quantité bien connue de l'étalon interne PCB28. Ce dernier suit les mêmes conditions d'extraction, de purification, de stockage avant analyse et de détection chromatographique que les pesticides recherchés dans l'échantillon. La détermination du taux de recouvrement de cet étalon interne a permis de renseigner sur la qualité des analyses.

Les taux de recouvrement se font avec des récupérations comprises entre 70 et 120% comme le stipule la norme ISO/IEC 17025 v 2017.

Un blanc échantillon est utilisé pour chaque matrice (eau et poisson) pour vérifier et attester que les équipements et les consommables employés lors de l'analyse sont exempts de pesticides, il n'y a pas de contamination lors de l'analyse des échantillons. Le blanc échantillon suivra le même processus d'extraction que les autres échantillons.

A côté de ce blanc échantillon, un blanc solvant en l'occurrence le solvant d'extraction est aussi utilisé dans le processus d'analyse.

La LOQ du laboratoire est vérifiée à chaque série d'extraction : Un échantillon dopé à la concentration de 10 $\mu\text{g}/\text{L}$ (ppb) suit le même processus d'extraction que les autres échantillons et devra avoir des récupérations comprises entre 70 et 120% comme le stipule la norme ISO/IEC 17025 v 2017.

Une séquence d'injections du blanc solvant, du blanc échantillon, du mélange de solutions étalons et des échantillons a permis de contrôler avec efficacité la sensibilité et la fidélité du système chromatographique durant les analyses.

VII.1.2. Pour les traces de métaux lourds et les autres paramètres

Lors des analyses, des blancs analytiques et des matériaux de références sont lancés suivant la même procédure que les échantillons pour vérifier la qualité des analyses. Des répétitions sont aussi effectuées pour valider les résultats. De même, certains paramètres sont inscrits dans le circuit d'inter comparaison des BIPEA de France

VII.2. Résultats d'analyse des échantillons

Tous les résultats d'analyse se trouvent consignés en annexe 4.

VII.2.1 Résidus de pesticides

VII.2.1.1 Résidus de pesticides/ Matrice EAU

VII.2.1.1.1 Situation globale

La recherche de la présence des pesticides dans la matrice eau brute a concerné 52 échantillons. Ces échantillons sont prélevés dans 14 sites selon le programme détaillé dans le tableau 9.

Tableau 8 : Nombre d'échantillons d'eau globalement prélevés

| N° | PROGRAMME | Nombre de Sites ²³ | Saisons | | TOTAL |
|----|---|-------------------------------|---------|----|-------|
| | | | 1 | 2 | |
| 1 | LA SERIE CHRONOLOGIQUE DU BARRAGE DE DIAMA FLEUVE SENEgal | 1 | 6 | 6 | 12 |
| 2 | LA SERIE CHRONOLOGIQUE MENSUELLE DU RESERVOIR SAINT LOUIS | 1 | 4 | 4 | 8 |
| 3 | LA SERIE CHRONOLOGIQUE MENSUELLE DU RESERVOIR POUR DAKAR/ LAC DE GUIERS | 1 | 4 | 4 | 8 |
| 4 | CAMPAGNES SAISONNIERES AU SENEgal | 12 | 12 | 12 | 24 |
| | TOTAL ECHANTILLONS D'EAU PRELEVES | 26 | 26 | 26 | 52 |

Dans les 52 échantillons prélevés, trente une (31) matières actives de pesticides sont recherchées (tableau 10) dont :

- 11 sont des organochlorés (OC)
- 10 sont des organophosphorés
- 10 sont de familles diverses.

Les résultats trouvés rangés dans l'annexe 4.1.1, ont permis d'extraire toutes les matières actives ayant au moins un résultat supérieur à la norme OMS de potabilité de l'eau (voir annexe 4.1.1). Cette investigation a permis pour chaque matière active de déterminer deux grandeurs pouvant permettre d'estimer l'importance de la contamination :

- un score : qui est le nombre d'échantillons dans lesquels la matière active est trouvée
- l'importance de la contamination (IC) qui est le rapport Résultat trouvé/valeur de la norme OMS qui exprime donc le nombre de fois que le résultat dépasse la norme. Avec cet indicateur, on peut trouver pour chaque matière active une valeur minimale (MIN) et une valeur Maximale (MAX) informant sur la plage de présence du pesticide dans les échantillons incriminés.

A la lumière de ce qui précède, nous avons confectionné le tableau 10 fournissant le score pour chaque matière active à travers les 52 échantillons analysés et le niveau d'importance de la contamination.

²³ Les sites Barrage de Diama de LA SERIE CHRONOLOGIQUE DU BARRAGE DE DIAMA FLEUVE SENEgal et le site de Diama Amont des CAMPAGNES SAISONNIERES AU SENEgal sont identiques

Tableau 9 : Situation globale sur les résultats de Résidus de pesticides dans l'eau à travers tous les sites

| Matières Actives | Famille ²⁴ | Norme de potabilité OMS ($\mu\text{g/L}$) | Toxicité (Nbre de fois la norme OMS) | | SCORE ²⁵ | Importance de la contamination | |
|-------------------------|-----------------------|---|--------------------------------------|---------------------------|---------------------|--------------------------------|-----|
| | | | CL50 A ²⁶ /OMS | CL50 C ²⁷ /OMS | | MIN | MAX |
| 1. B-HCH | OC | 0,1 | 29 | | 16 | 1 | 148 |
| 2. Aldrine | OC | 0,03 | 153 | | 15 | 2 | 5 |
| 3. Dieldrine | OC | 0,1 | 12 | | 14 | 1 | 16 |
| 4. A-HCH | OC | 0,1 | 29 | | 14 | 1 | 7 |
| 5. Heptachlore | OC | 0,03 | 233 | | 14 | 2 | 667 |
| 6. Endosulfan | OC | 0,1 | 20 | 0,005 | 13 | 1 | 16 |
| 7. DDT | OC | 0,2 | 12500 | 650 | 11 | 1 | 55 |
| 8. Lindane | OC | 2 | 1,45 | | 10 | 1 | 1 |
| 9. Chlordane | OC | 0,2 | 450 | | 1 | 2 | 2 |
| 10. Parathion Méthyl | OP | 0,1 | 27000 | 89 | 14 | 2 | 53 |
| 11. Profénofos | OP | 0,1 | 800 | 20 | 8 | 1 | 92 |
| 12. Bifenthrine | PY | 0,1 | 2,6 | 0,12 | 7 | 3 | 25 |
| 13. Chlorpyrifos éthyle | OP | 0,1 | 250 | 1,4 | 6 | 1 | 47 |
| 14. Propanil | anilides | 0,1 | 54000 | 4 | 6 | 1 | 6 |
| 15. Dicofol | OC | 0,1 | 5100 | 44 | 0 | 0 | 0 |
| 16. Endrine | OC | 0,03 | 24 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| 17. Trifluraline. | Toluidines | 20 | 0,06 | | 0 | 0 | 0 |
| 18. 2,4 D | AL | 0,1 | 1000000 | 272000 | 0 | 0 | 0 |
| 19. Bentazone | BZ | 0,1 | 1000000 | 480000 | 0 | 0 | 0 |
| 20. Carbofuran | Carbamate | 7 | 26 | 0,31 | 0 | 0 | 0 |
| 21. Acétochlore | Chloroacetamide | 0,1 | 3600 | 1300 | 0 | 0 | 0 |
| 22. Acétamipridine | NE | 0,1 | 1000000 | 192000 | 0 | 0 | 0 |
| 23. Acéphate | OP | 0,1 | 1100000 | 47000 | 0 | 0 | 0 |
| 24. Diméthoate | OP | 0,1 | 302000 | 4000 | 0 | 0 | 0 |
| 25. Malathion | OP | 0,1 | 180 | | 0 | 0 | 0 |
| 26. Méthamidophos | OP | 0,1 | 250000 | | 0 | 0 | 0 |
| 27. Parathion Éthyle | OP | 0,1 | 15000 | 980 | 0 | 0 | 0 |
| 28. Pirimiphos Méthyl | OP | 0,1 | 2000 | 230 | 0 | 0 | 0 |
| 29. Diuron | Phenylurea | 0,1 | 67000 | 4100 | 0 | 0 | 0 |
| 30. Bensulfuron-Méthyl | Sulfonylurea | 0,1 | 660000 | | 0 | 0 | 0 |
| 31. Diazinon | OP | 0,1 | 31000 | 7000 | 0 | 0 | 0 |

Ainsi, sur les 31 matière actives recherchées, seules quatorze (14) soit 45% parmi elles, ont été trouvées dans les échantillons. Parmi elles, on note :

- neuf (9) matières actives appartenant à la famille des Organochlorés (OC) (B-HCH, Aldrine, Dieldrine, A-HCH, Heptachlore, Endosulfan, DDT, Lindane et Chlordane) dont toutes sont des Polluants Organiques Persistants (POP). La plupart d'entre elles sont trouvées dans au moins 10 échantillons, sauf le chlordane qui ne l'est que dans un seul échantillon. En plus des scores relativement élevés, cette famille offre les molécules qui ont les plus grands dépassements de la norme (un record de 667 pour le chlordane, un autre de 148 pour le B-HCH) qui surplombent les CL50 aiguë et chronique pour le poisson, montrant ainsi un degré de persistance très élevée surtout quand on sait que ces produits tous interdits par la Convention de Stockholm, ne sont plus, normalement, utilisées depuis les années 80-90.
- trois (3) sont de la famille des Organophosphorés (OP) (Parathion Méthyl, Profénofos et Chlorpyrifos éthyle), de loin faiblement représentés par rapport aux organochlorés en terme de scores (14 pour la Parathion méthyle, 8 pour le Profénofos et 6 pour le Chlorpyrifos Ethyle) mais aussi avec des dépassements de la norme tout aussi moindres (92 pour le Profénofos, 53 pour le Parathion Méthyle et 47 pour le Chlorpyrifos). Cette timide représentativité des

²⁴ Famille : OC : Organochloré, PY : Pyréthrinoïdes, OP : Organophosphorés, AL : Alkylchlorophenoxy, BZ : Benzothiazinone, CH : Chloroacetamide, NE : Néonicotinoïde

²⁵ SCORE : Nombre d'apparitions dans les 52 échantillons

²⁶ CL50 A : Toxicité aiguë CL50/96h/poisson

²⁷ CL50 C : Chronique : Poisson - CSEO (Concentration Sans Effet Observé) chronique sur 21 jours

organophosphorés ne justifie pas la fréquence d'utilisation de ces insecticides, mais elle est plutôt tributaire d'une persistance beaucoup moins prononcée de ces molécules surtout en milieu aqueux. Néanmoins, la comparaison des résultats avec les valeurs toxicologiques sur le poisson montre que les valeurs maximales du Profénofos et du Chlorpyrifos Ethyle sont bien plus élevées que les CL50 chroniques du poisson. Ce qui y est bien synonyme d'une ressource affectée dans le long terme.

- deux (2) appartenant à d'autres familles (Bifenthrine de la famille de pyréthrinoïdes et le Propanil de la famille des anilides). Les scores trouvés sont faibles (7 et 6 respectivement) avec des dépassements de la norme OMS de 25 et 6 fois. Ces dépassements sont malheureusement supérieurs aux deux valeurs toxicologiques pour la Bifenthrine et à la CL50 chronique pour le Propanil. Ce qui est aussi un risque pour la survie de la ressource.

17 matières actives soit 55% de la liste sélectionnée, n'ont été trouvées dans aucun des 52 échantillons d'eau brute prélevés ; parmi elles, on note :

- Deux (2) de la famille des Organochlorés (Endrine et le Dicofol)
- Sept (7) de la famille des Organophosphorés (Acéphate, Diméthoate, Malathion, Méthamidophos, Parathion Éthyle, Pirimifos Méthyl et Diazinon)
- Huit (8) pesticides appartenant à d'autres familles : Trifluraline, 2,4 D, Bentazone, Carbofuran, Acétochlore, Acétamipride, Diuron et Bensulfuron-Méthyl

VII.2.1.1.2 Résidus de pesticides dans les eaux/ Série chronologique du Barrage de Diama Fleuve Sénégal

La situation globale ci-dessus décrite rapportée à la série chronologique du Barrage de Diama nous conduit à identifier :

- Les matières actives présentes dans chaque échantillon avec leur niveau de dépassement de la norme OMS de potabilité de l'eau
- Un score échantillon : qui est le nombre de pesticides trouvés dans l'échantillon avec un résultat supérieur ou égal à la norme OMS de potabilité de l'eau.
- Un jeu de couleur permet de prononcer la nature de la contamination du site au moment de l'échantillonnage. Ainsi :
 - Un échantillon ni souligné, ni coloré en bleu ou en rouge définit une situation sans danger aucun : la norme OMS, la CL50 Chronique et la CL50 Aigüe ne sont pas dépassées par aucun résultat d'un pesticide trouvé.
 - Un échantillon souligné : la norme OMS est dépassée.
 - Un échantillon coloré **BLEU** : la CL50 chronique est dépassée
 - Un échantillon coloré **ROUGE** : la CL50 aigüe est dépassée

Tableau 10: Série chronologique du barrage de Diama Fleuve Sénégal/ eau bruite, pesticides retrouvés

| ECHANTILLONS | Dates en 2021 | SCORE | Pesticides trouvés dans le site et importance de la contamination (Rst/OMS) et répartition dans les échantillons | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|---------------|-------|--|---------|-------|-------|-----------|------------|-------------|---------|-------------|---------------------|------------------|------------|
| | | | A-HCH | Aldrine | B-HCH | DDT | Dieldrine | Endosulfan | Heptachlore | Lindane | Bifenthrine | CHLET ²⁸ | PM ²⁹ | Profénofos |
| Normes OMS eau | | | 0,1 | 0,03 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,03 | 2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| CL50 A ³⁰ /OMS | | | 29 | 153 | 29 | 12500 | 12 | 20 | 233 | 1,45 | 2,6 | 250 | 27000 | 800 |
| CL50 C ³¹ /OMS | | | | | 650 | | 0,005 | | | | 0,12 | 1,4 | 89 | 20 |
| E-BD01 | 31/01 | 1 | | | | | | | | | | | 8 | |
| E-BD02 | 19/02 | 1 | | | | | | | | | | | 3 | |
| E-BD03 | 28/02 | 2 | 3 | - | - | 14 | - | | | | | | | |
| E-BD04 | 08/03 | 3 | 3 | - | - | 2 | 5 | | | | | | | |
| E-BD05 | 28/03 | 3 | - | - | 36 | | | | | | | 2 | 73 | |
| E-BD06 | 10/04 | 3 | 6 | - | 28 | - | | | 8 | | | | | |
| E-BD07 | 25/04 | 4 | 7 | - | 13 | - | | | 167 | | | 3 | | |
| E-BD08 | 13/08 | 4 | 1 | 5 | | 1 | | | - | 1 | | | | |
| E-BD09 | 26/08 | 5 | 1 | | 1 | 1 | | | 13 | | | 18 | | |
| E-BD10 | 10/09 | 3 | 1 | | | | | | 23 | 1 | | | | |
| E-BD11 | 16/10 | 1 | | | | | | | 133 | | | | | |
| E-BD12 | 26/11 | 1 | | | 49 | | | | | | | | | |
| E-BD13 | 12/12 | 0 | | | | | | | | | | | | |
| E-BD14 | 29/12 | 3 | 1 | | 1 | | | | | 1 | | | | |

CL50 A : Toxicité aiguë CL50/96h/poisson, CL50 C : Chronique : Poisson - CSEO (Concentration Sans Effet Observé) chronique sur 21 jours

A la lumière de ces deux grandeurs, le tableau 11 CCC informe sur le nombre de matières actives trouvées par échantillons (score échantillon), l'identité des molécules et l'importance de la contamination en terme de résultat dépassant la norme OMS de potabilité.

Une première lecture montre que, des 14 molécules décelées dans la situation globale, deux sont absentes dans les 14 échantillons de la Série chronologique du Barrage de Diama ; il s'agit du Chlordane comme organochloré et du Propanil un herbicide de la famille des anilides qui avaient les scores les plus faibles avec respectivement 1 et 6 apparitions dans les échantillons. Les 12 autres molécules identifiées dans la situation globale sont présentes dans les échantillons de la série avec 8 Organochlorés, 3 organophosphorés et un pyréthrinoïde.

L'analyse permet de trouver 3 groupes d'échantillons au niveau de contamination différent :

- 4 échantillons ont un score de 1 : E-BD01, E-BD02, E-BD11 et E-BD12 présentant une situation moins inquiétante sauf pour l'échantillon de E-BD11 qui montre un niveau de contamination à l'Heptachlore très élevé avec un dépassement de la norme de 133 fois. Dans ce groupe, l'échantillon E-BD12 présente du B-HCH avec un résultat supérieur à la CL50 aigue du poisson.
- 5 échantillons ont un score de 3 : E-BD04, E-BD05, E-BD06, E-BD10 et E-BD14. Ce groupe a la particularité de polariser toutes les 8 matières actives de la famille de organochlorés trouvées dans la série. Les niveaux de dépassement de la norme y sont très variables allant de 1 dans l'échantillon E-BD14 faiblement contaminé à 36 et 73 dans l'échantillon E-BD05 où le DDT et le Profénofos sont respectivement fortement présents. Dans ce groupe seul l'échantillon E-BD05 présente un résultat (73 fois la norme OMS) qui dépasse la CL50 chronique du poisson.
- 2 échantillons ont un score de 4. Il s'agit de E-BD07 et E-BD08 avec des dépassements de la norme faibles et variables de 1 à 13 sauf pour le chlordane sur l'échantillon E-BD07 qui

²⁸ CHLET : Chlorpyrifos éthyle²⁹ PM : Parathion Méthyle³⁰ CL50 A : Toxicité aiguë CL50/96h/poisson³¹ CL50 C : Chronique : Poisson - CSEO (Concentration Sans Effet Observé) chronique sur 21 jours

s'emballe avec un dépassement de la norme de 167 fois. Les résultats sur l'échantillon E-BD08 sont faibles et varient entre 1 et 5 fois la norme OMS. Il faut signaler que dans ce groupe, le seul le résultat (3) trouvé sur E-BD07 en Chlorpyrifos est supérieur à la CL50 chronique de 1,4 sur le poisson.

- On notera que l'échantillon E-BD13 a un score nul, attestant l'absence de pesticides non trouvés au-dessus de la norme. L'échantillon E-BD03 a un score de 2 avec la présence de l'Aldrine et de la Dieldrine avec des niveaux de dépassement respectifs relativement faibles de 3 et de 14 fois la norme. On signale aussi que cette valeur de 14 fois la norme en Dieldrine pour l'échantillon E-BD03 dépasse bien la CL50 chronique du poisson de 12 fois la norme OMS.

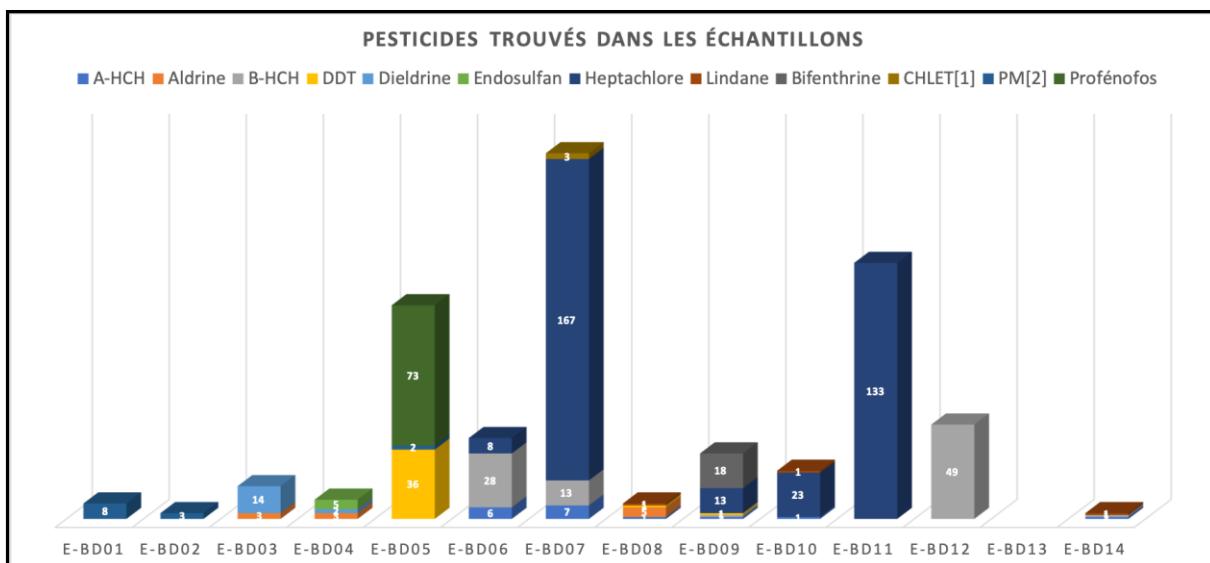


Figure 1 : Pesticides retrouvés dans les échantillons de la série chronologique du Barrage de Diama et importance de la contamination

La transposition de ces données sous forme de graphique (figure 7.1) permet une lecture plus facile en suivant la chronologie des échantillons. Ainsi on y remarque que du mois de décembre (E-BD13) au mois de mars (E-BD04), la présence de pesticides est moindre en nombre et en importance. Les échantillons des mois de mars et d'avril (E-BD05 à EBD07) avec des scores et des dépassements de la norme de potabilité plus importants. La rupture de l'échantillonnage durant la période avril à août ne permet pas de conclure quant à la continuité de la contamination. La période d'août à novembre est caractérisée par une montée lente de la contamination avec un pic sur l'échantillon du mois d'octobre où l'Heptachlore fait un bon de 133 fois la norme.

En conclusion partielle

| Indicateur | Situation sanitaire et environnementale du site |
|---|---|
| Non-respect de la Norme OMS | Sur 86% des échantillons |
| Sans risque environnemental | Sur 57% des échantillons |
| Effets chroniques sur faune aquatique | Sur seulement 21% des échantillons |
| Effets aigus certains sur faune aquatique | Sur seulement 21% des échantillons |

VII.2.1.1.3 Résidus de pesticides dans les eaux/ La série chronologique mensuelle du Réservoir Saint-Louis.

Le tableau 12 informe sur le nombre de matières actives trouvées par échantillon (score), l'identité des molécules et l'importance de la contamination en terme de résultat dépassant la norme OMS de potabilité comme c'est le cas pour la Série chronologique du Barrage de Diama Fleuve Sénégal.

Tableau 11 : Série chronologique mensuelle du réservoir de Saint-Louis/eau brute, pesticides trouvés

| Echantillons | Dates en 2021 | Score | Pesticides trouvés dans le site, importance de la contamination (Rst/OMS) et répartition dans les échantillons | | | | | | | | | |
|---------------------------------|---------------|-----------|--|-----------|--------------|-----------|------------|-------------|-------------|--------------|------------------|------------|
| | | | A-HCH | Aldrine | B-HCH | DDT | Dieldrine | Heptachlore | Lindane | Bifenthrine | PM ³² | Profénofos |
| OMS | | | 0,1 | 0,03 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,03 | 2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| CL50 A³³ /OMS | | 29 | 153 | 29 | 12500 | 12 | 233 | 1,45 | 2,6 | 27000 | 800 | |
| CL50 C³⁴/OMS | | | | | 650 | | | | 0,12 | 89 | 20 | |
| E-RS01 | 31/01 | 1 | 73 | | | | | | | | | |
| E-RS03 | 28/02 | 2 | | <u>3</u> | | | 14 | | | | | |
| E-RS05 | 28/03 | 3 | | | | <u>47</u> | | | | | <u>2</u> | 73 |
| E-RS07 | 25/04 | 3 | <u>3</u> | | <u>7</u> | | | 667 | | | | |
| E-RS08 | 13/08 | 2 | <u>2</u> | | | | | | | 19 | | |
| E-RS10 | 10/09 | 1 | | | | | | | | 15 | | |
| E-RS12 | 26/11 | 0 | | | | | | | | | | |
| E-RS14 | 29/12 | 1 | | | <u>3</u> | | | | | | | |

CL50 A : Toxicité aiguë CL50/96h/poisson, CL50 C : **Chronique** : Poisson - CSEO (Concentration Sans Effet Observé) chronique sur 21 jours

Nous notons d'ores et déjà 10 matières actives présentes dans les échantillons cette série mensuelle au lieu de 14 décelées dans la situation globale de l'étude. Les pesticides absents sont : le Chlordane et l'Endosulfan de la famille des organochlorés, le Chlorpyrifos éthyle un organophosphoré largement utilisé par l'agriculture et le Propanil un herbicide anilide.

Les 10 autres molécules identifiées dans la situation globale sont présentes (tableau 12) dans les échantillons de la série avec 7 Organochlorés, 2 organophosphorés et un pyréthrinoïde.

Dans cette série, les scores sont rarement élevés avec :

- 1 échantillon exempt de pesticide : E-RS12 prélevé en fin novembre.
- 3 échantillons avec un score de 1 pesticide trouvé. Il s'agit du E-RS01 où le A-HCH s'élève à 73 fois la norme OMS (la CL50 aiguë est dépassée), du E-RS10 avec la Bifenthrine à un taux de 15 fois la norme OMS (les CL50 aiguë et chronique du poisson sont dépassées) et du E-RS14 avec le B-HCH à seulement 3 fois la norme.
- 2 échantillons à score 2 : le E-RS03 contenant deux organochlorés l'Aldrine et la Dieldrine avec des dépassements respectifs de 3 et 14 fois la norme OMS; le E-RS08 quant à lui, contient du A-HCH et de la Bifenthrine à des dépassements de la norme respectivement de 2 et de 19. Pour le E-RS03, le résultat de la Dieldrine est supérieur à la CL50 aiguë du poisson, pour le E-RS08, le résultat de la Bifenthrine est supérieur aux CL50 aiguë et chronique du même poisson.
- 2 échantillons avec des scores de 3 matières actives. Ces derniers sont en plus, plus chargés ; le E-RS05 contient du A-HCH à un taux de 47 fois la norme OMS et deux organophosphorés le Parathion Méthyle et le Profénofos à des taux respectifs de 2 et 73 fois la norme OMS. La palme revient à l'échantillon E-RS07 qui en plus des deux isomères du HCH contient plus de 665 fois la norme OMS de l'Heptachlore. Pour le E-RS05, la CL50 chronique est dépassée au niveau du Profénofos et pour le E-RS07, le résultat est supérieur à la CL50 aiguë au niveau de l'Heptachlore.

³² PM : Parathion méthyle³³ CL50 A : Toxicité aiguë CL50/96h/poisson³⁴ CL50 C : **Chronique** : Poisson - CSEO (Concentration Sans Effet Observé) chronique sur 21 jours

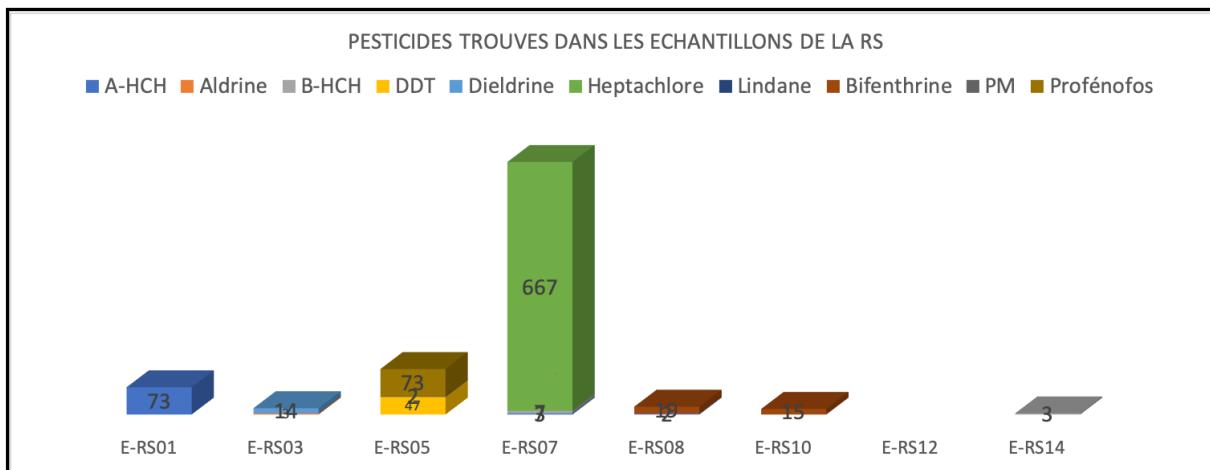


Figure 2 : Pesticides retrouvés dans les échantillons de la série mensuelle du Réservoir Saint-Louis et importance de la contamination

La représentation graphique des données de la série mensuelle de la Réserve de Saint-Louis montre une contamination progressive du mois d'août au mois de mars avec un pic très prononcé au mois d'avril (E-RS07) où l'Heptachlore monte vertigineusement.

En conclusion partielle

| Indicateur | Situation sanitaire et environnementale du site |
|--|---|
| Non-respect de la Norme OMS | Sur 87,5% des échantillons |
| Sans risque environnemental | Sur uniquement 25 % des échantillons |
| Effets chroniques sur faune aquatique | Sur seulement 12,5 % des échantillons |
| Effets aigus certains sur faune aquatique | Sur 62,5 % des échantillons |

VII.2.1.1.4 : Résidus de pesticides dans les eaux/ La série chronologique mensuelle du Réservoir pour Dakar/ Lac de Guiers/KMS.

La série mensuelle du Réservoir pour Dakar/ Lac de Guiers/KMS a regroupé le plus de pesticides de la situation globale, 13 pesticides sur les 14. Seul le chlordane a manqué au rendez-vous.

Les 13 autres molécules identifiées dans la situation globale sont présentes (tableau 13) dans les échantillons de la série avec 8 Organochlorés, 3 organophosphorés et un pyréthrinoïde, un pyréthrinoïde (Bifenthrine) et un anilide (le Propanil).

Tableau 12 : Série chronologique mensuelle du réservoir pour Dakar/ lac de Guiers/ KMS: pesticides trouvés dans les résultats

| ECHANTIL LONS | Dates en 2021 | SCORE | Pesticides trouvés dans le site, importance de la contamination et répartition dans les échantillons | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|------------------|-------|--|------------|------------|--------------|-----------|--------------|-------------|-------------|-------------|---------------------|------------------|------------|--------------|
| | | | A-HCH | Aldrine | B-HCH | DDT | Dieldrine | Endosulfan | Heptachlore | Lindane | Bifenthrine | CHLET ³⁵ | PM ³⁶ | Profénofos | Propanil |
| OMS | | | 0,1 | 0,03 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,03 | 2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| CL50 A³⁷ /OMS | | | 29 | 153 | 29 | 12500 | 12 | 20 | 233 | 1,45 | 2,6 | 250 | 27000 | 800 | 54000 |
| CL50 C³⁸/OMS | | | | | | 650 | | 0,005 | | 1450 | 0,12 | 1,4 | 89 | 20 | 4 |
| E-KM01 | 30/01 | 2 | | | | | | | | | | | 3 | | 5 |
| E-KM03 | 27/02 | 8 | | 3 | 148 | 24 | 13 | 6 | | | 6 | | 53 | | 4 |
| E-KM05 | 27/03 | 3 | | | | 46 | | | | | | | 8 | 78 | |
| E-KM07 | 24/04 | 0 | | | | | | | | | | | | | |
| E-KM08 | 12/08 | 7 | 3 | 2 | 6 | | | | 333 | 1 | | 47 | | | 1 |
| E-KM10 | 09/09 | 1 | | | | | | | 367 | | | | | | |
| E-KM12 | 25/11 | 0 | | | | | | | | | | | | | |
| E-KM14 | 28/12 | 2 | 1 | | 2 | | | | | | | | | | |

CL50 A : Toxicité aiguë CL50/96h/poisson, CL50 C : Chronique : Poisson - CSEO (Concentration Sans Effet Observé) chronique sur 21 jours

Dans cette série, outre les deux échantillons (E-KM07 et E-KM12) qui sont exempts de pesticides avec donc des scores nuls, nous notons :

- 1 échantillon à score égal à 1. Il s'agit du E-KM10 qui est très chargé en Heptachlore avec un dépassement de 367 fois la norme qui surpassé aussi la CL50 aiguë de la matière active pour le poisson ;
- 2 échantillons à score égal à 2. Le E-KM01 et le E-KM12 sont incriminés mais seulement avec des charges beaucoup moins : le premier contient le Parathion Méthyle et le Propanil avec des taux de dépassement de la norme respectifs de 3 et de 5; cette concentration du Propanil est malheureusement légèrement supérieur à la CL50 chronique du poisson. Le deuxième est envahi par les deux isomères alpha et béta du HCH avec des dépassements timides respectifs de 1 et 2 fois la norme OMS qui sont bien en de ça des CL50 aiguës pour le poisson des deux matières actives ;
- 1 échantillon à score égal à 3. C'est le E-KM05 avec 46 fois de dépassement en DDT, 8 en Parathion Méthyle et de façon plus prononcée 78 en Profénofos où la CL50 chronique du poisson est malheureusement dépassée ;
- 1 échantillon, le E-KM08 à score élevé de 7, comprenant 5 organochlorés dont l'Heptachlore qui s'envole à 333 dépassements de la norme, un organophosphoré (le Chlorpyrifos Ethyle) à 47 dépassements et le Propanil à une teneur égale à la norme. Les dépassements des concentrations létales 50% sont signalés au niveau de l'Heptachlore et au niveau du Chlorpyrifos ;
- 1 échantillon à score égal à 8, le E-KM03 qui compte aussi 5 organochlorés avec le B-HCH avec 148 dépassements de la norme. Le Parathion Méthyl, la Bifenthrine et le Propanil viennent loin derrière avec respectivement des dépassements de la norme de 53, 6 et 4 fois. Les dépassements des concentrations létales 50% sont signalés sur 4 matières actives.

³⁵ CHLET : Chlorpyrifos éthyle³⁶ PM : Parathion Méthyle³⁷ CL50 A : Toxicité aiguë CL50/96h/poisson³⁸ CL50 C : Chronique : Poisson - CSEO (Concentration Sans Effet Observé) chronique sur 21 jours

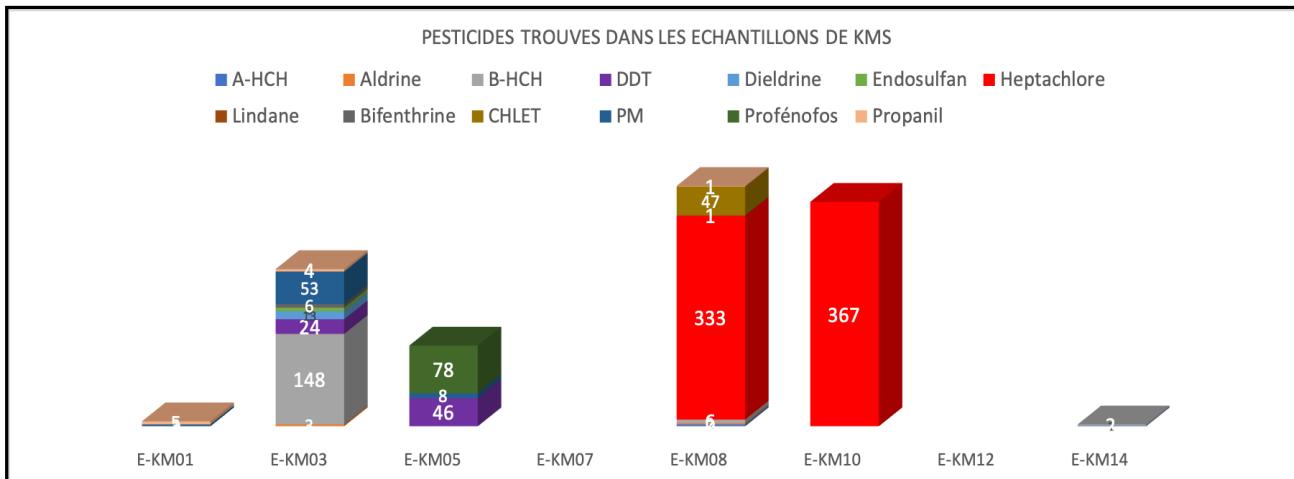


Figure 3 : Pesticides retrouvés dans les échantillons de la série mensuelle du Réservoir pour Dakar/ Lac de Guiers/ KMS et importance de la contamination

La représentation graphique des données de la série mensuelle du Réservoir pour Dakar/ Lac de Guiers/KMS montre une situation maîtrisée de novembre à février. Au-delà, la contamination peut évoluer en dents de scie mais s'annonce très préoccupante avec une prolifération des pesticides en nombre et une hausse de leur teneur dans l'eau.

En conclusion partielle

| Indicateur | Situation sanitaire et environnementale du site |
|--|---|
| Non-respect de la Norme OMS | Sur 75% des échantillons |
| Sans risque environnemental | Sur uniquement 37,5 % des échantillons |
| Effets chroniques sur faune aquatique | Sur seulement 25 % des échantillons |
| Effets aigus certains sur faune aquatique | Sur 37,5 % des échantillons |

VII.2.1.1.5 : Résidus de pesticides dans les eaux/ Campagnes Saisonnierées au Sénégal / hautes Eaux et Hautes Eaux

Les résultats d'analyse des échantillons d'eau des deux campagnes saisonnières hautes Eaux (1^{ère} quinzaine de mars) et Hautes Eaux (2^e décade d'octobre) sont rangés dans le tableau 14, les échantillons du même site issus des deux campagnes y sont rangés côte à côte pour faciliter les comparaisons entre leurs résultats.

- Ainsi on note que le score des deux types d'échantillons est toujours plus élevé pour l'échantillon de la campagne hautes Eaux sauf pour le site de Richard Toll où les deux scores sont côte à côte (7 et 8) respectivement pour les échantillons E-RT04 et E-RT11.
- Les dépassements de la norme de potabilité pour les deux types d'échantillons suivraient aussi la même logique, plus importants dans les échantillons de la Campagne Hautes Eaux que dans les échantillons de la Campagne Hautes Eaux. Un effet de dilution pour les eaux de la Campagne Hautes Eaux serait sans nul doute à l'origine de ce phénomène.

Tableau 13 : Campagnes saisonnières au Sénégal / hautes Eaux et Hautes Eaux: Pesticides trouvés dans les résultats

| N° | ECHANTILLONS | SCORE | Pesticides trouvés dans les sites, importance de la contamination | | | | | | | | | | | | | Cumul | |
|----|---------------------------------|-------|---|------------|-----------|------------|--------------|-----------|--------------|-------------|-------------|-------------|---------------------|-------------------|------------|--------------|-----|
| | | | A-HCH | Aldrine | B-HCH | Chlordane | DDT | Dieldrine | Endosulfan | Heptachlore | Lindane | Bifenthrine | Chlorpyrifos Ethyle | Parathion Méthyle | Profénofos | | |
| | | | OMS | 0,1 | 0,03 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,03 | 2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | | |
| | CL50 A³⁹ /OMS | | 29 | 153 | 29 | 450 | 12500 | 12 | 20 | 233 | 1,45 | 2,6 | 250 | 27000 | 800 | 54000 | |
| | CL50 C⁴⁰/OMS | | | | | | 650 | | 0,005 | | | 0,12 | 1,4 | 89 | 20 | 4 | |
| 2 | E-AR11 | 0 | | | | | | | | | | | | | | 0 | |
| 4 | E-MA11 | 0 | | | | | | | | | | | | | | 0 | |
| 5 | E-PO11 | 0 | | | | | | | | | | | | | | 0 | |
| 9 | E-RO11 | 0 | | | | | | | | | | | | | | 0 | |
| 11 | E-MK11 | 1 | | | | | | | | | | | 1 | | | 1 | |
| 12 | E-BD11 | 1 | | | | | | | | | 13 | | | | | 13 | |
| 3 | E-BA11 | 2 | 1 | 4 | | | | | | | | | | | | 5 | |
| 8 | E-TA11 | 2 | 3 | | | | | | | | | | 25 | | | 28 | |
| 10 | E-MB11 | 2 | | | 4 | | | | | | 167 | | | | | 171 | |
| 2 | E-AR04 | 3 | | | | | | 1 | 5 | | | | | 3 | | 9 | |
| 12 | E-BD04 | 3 | | 3 | | | | 2 | 5 | | | | | | | 10 | |
| 1 | E-KI11 | 4 | 1 | 1 | | | | | | | 6 | 1 | | | | 9 | |
| 4 | E-MA04 | 4 | | 2 | | | | 1 | 4 | | | | | | 3 | 10 | |
| 6 | E-DA04 | 4 | | 4 | | | | 12 | 5 | | | | 3 | | | 24 | |
| 6 | E-DA11 | 4 | 1 | 2 | | | | | | | 4 | 1 | | | | 8 | |
| 8 | E-TA04 | 4 | | | | | 48 | 16 | 16 | | | | | | 75 | 155 | |
| 9 | E-RO04 | 4 | | | | | 49 | | 7 | 27 | | | | | 1 | 84 | |
| 11 | E-MK04 | 4 | | 2 | | | | 3 | 4 | | | | | | 3 | 12 | |
| 3 | E-BA04 | 5 | | 5 | | | | 12 | 5 | | | | 14 | 3 | | 39 | |
| 5 | E-PO04 | 5 | | 3 | | | | 1 | 1 | 133 | | | 3 | | | 141 | |
| 1 | E-KI04 | 6 | | 3 | | | 4 | 2 | 8 | | | | | 3 | 8 | 28 | |
| 7 | E-RT04 | 7 | | 5 | | | 55 | 3 | 9 | | | | | 3 | 92 | 6 | 173 |
| 10 | E-MB04 | 7 | | 2 | | | 24 | 2 | 6 | | | | | 2 | 52 | 4 | 92 |
| 7 | E-RT11 | 8 | 1 | 3 | 2 | | | | | | 2 | 1 | 5 | 1 | | 4 | 19 |

CL50 A : Toxicité aiguë CL50/96h/poisson, CL50 C : **Chronique** : Poisson - CSEO (Concentration Sans Effet Observé) chronique sur 21 jours

- On note aussi que les 8 premiers échantillons les moins chargés en pesticides sont tous de la campagne Hautes Eaux avec 4 à score nul (E-AR11 (Around), E-MA11 (Matam), E-PO11 (Podor) et E-RO11 (Rosso), 2 à score égal à 1 (E-BD11 (Barrage de Diama) et E-MK11 (Makhana) avec des dépassements respectifs de 1 et 13 par le Chlorpyrifos éthyle et l'Heptachlore ; et 2 à score égal à 2. Il s'agit de E-BA11 (Bakel) et de E-TA11 (Taouey) avec des dépassements globaux de 5 et 28.
- L'échantillon de Boundoum (E-MB11) de la Campagne Hautes Eaux a un score de 2 mais est très chargé à cause de l'Heptachlore trouvé avec un dépassement de 167 fois la norme.
- De la même façon, les 8 premiers échantillons les plus chargés en pesticides sont de la Campagne hautesEaux avec des scores variant de 4 à 7 et des taux de dépassements cumulés passant de 25 à 173 fois la norme. Il s'agit des échantillons E-RT04 (Richard Toll), E-MB04 (Boundoum), E-KI04 (Kidira), E-PO04 (Podor), E-BA04 (Bakel), E-TA04 (Taouey), E-RO04 (Rosso) et E-DA04 (Dagana)

³⁹ CL50 A : Toxicité aiguë CL50/96h/poisson⁴⁰ CL50 C : **Chronique** : Poisson - CSEO (Concentration Sans Effet Observé) chronique sur 21 jours

- Quant à la satisfaction des normes environnementales 10 sites sur 12 ont des résultats respectueux des CL50 aiguë ou chronique pour le poisson pendant la Campagne Hautes Eaux. Seuls les sites de Richard Toll et de la Taouey ont des résultats de Bifenthrine dépassant la CL50 aiguë pour le poisson. Pour la Campagne hautes Eaux, tous les 12 sites sont insalubres avec 10 sites aux résultats ne respectant pas la CL50 chronique des pesticides incriminés et 2 sites (Dagana et Taouey) avec des résultats ne respectant pas la CL50 aiguë de la Bifenthrine et de la Dieldrine respectivement.

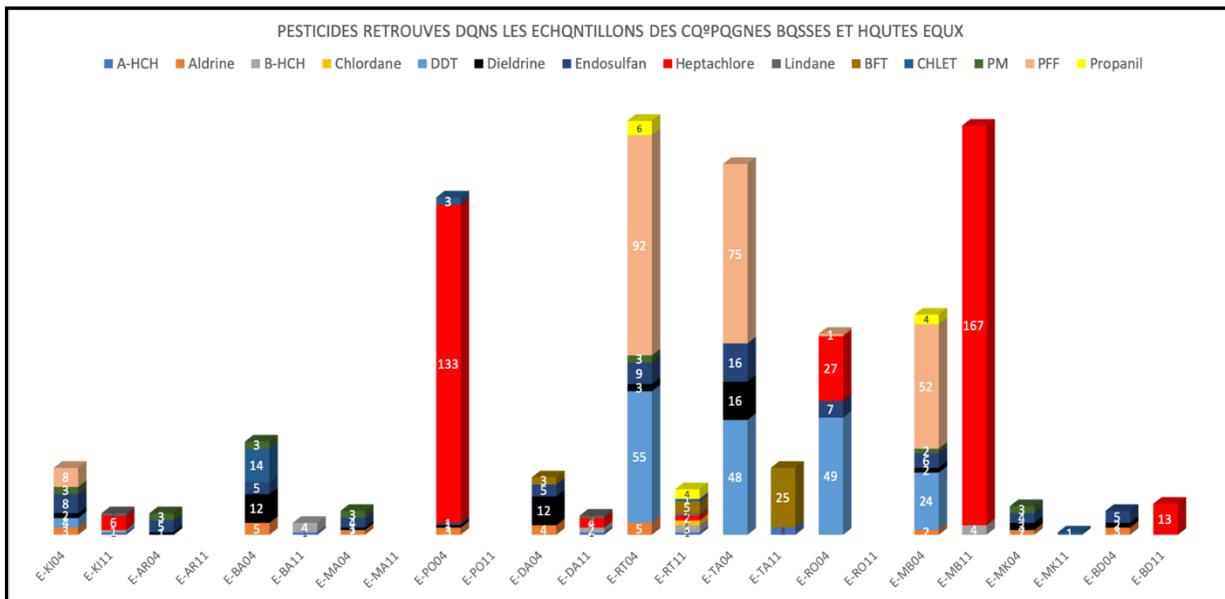


Figure 4 : Pesticides retrouvés dans les échantillons d'eau des deux Campagnes saisonnières (hauts Eaux et Hautes Eaux) et importance de la contamination

La transposition de ces résultats en représentation graphique (Figure 7.4), interprétée, ne fait que renforcer la thèse de la plus grande contamination en pesticides des échantillons de la Campagne hautes Eaux au détriment de ceux de la Campagne Hautes Eaux.

En conclusion partielle

| Indicateur | Situation sanitaire et environnementale des sites | |
|--|---|---|
| | hautes EAUX | HAUTES EAUX |
| Non-respect de la Norme OMS | Sur 100 % des échantillons | Sur 58 % des échantillons |
| Sans risque environnemental | Sur uniquement 0 % des échantillons | Sur uniquement 83 % des échantillons |
| Effets chroniques sur faune aquatique | Sur seulement 83 % des échantillons | Sur seulement 0 % des échantillons |
| Effets aigus certains sur faune aquatique | Sur 17 % des échantillons | Sur 17 % des échantillons |

VII.2.1.2 Résidus de pesticides/ Matrice SEDIMENTS

VII.2.1.2.1 Situation globale

La recherche de la présence des pesticides dans la matrice Sédiments a concerné 24 échantillons. Ces échantillons sont prélevés dans les 12 sites des Campagnes Saisonnieres en période de hautes Eaux et en Période de Hautes Eaux.

Dans les 24 échantillons prélevés, vingt-cinq (25) matières actives de pesticides sont recherchées dont :

- 10 sont des organochlorés (OC)
- 7 sont des organophosphorés
- 8 appartenant à d'autres familles.

Les résultats trouvés rangés dans l'annexe 4.1.2, ont permis d'extraire toutes les matières actives ayant au moins un résultat supérieur à la limite de quantification (LOQ) de la méthode de 10 µg m.a./kg de sédiment sec.

De la même façon que dans le chapitre précédent pour l'eau, pour les sédiments aussi, nous avons considéré les mêmes deux grandeurs qui nous permettent d'estimer l'importance de la présence des pesticides dans les sites étudiés :

- un score : qui est le nombre d'échantillons dans lesquels le pesticide est trouvé supérieur à la LOQ de la méthode.
- importance de la contamination (IC) qui est le rapport Résultat trouvé/valeur de la LOQ qui exprime donc le nombre de fois que le résultat dépasse la LOQ. Avec cet indicateur, on peut trouver pour chaque matière active une valeur minimale (MIN) et une valeur Maximale (MAX) informant sur la plage de présence du pesticide dans les échantillons incriminés.

Tableau 14 : Situation globale sur les résultats de résidus de pesticides dans les sédiments à travers tous les sites

| Matières Actives | Famille ⁴¹ | LOQ ⁴² (µg/kg) | SCORE ⁴³ | Fréquence % | Niveau de dépassement de la LOQ de 10 µg/kg | |
|------------------------|-----------------------|------------------------------|---------------------|----------------|--|-----|
| | | | | | MIN | MAX |
| 1. HCH(A+B) | OC | 10 | 7 | 29% | 1 | 20 |
| 2. Heptachlore | OC | 10 | 6 | 25% | 1,2 | 42 |
| 3. DDT | OC | 10 | 5 | 21% | 2,6 | 42 |
| 4. Lindane | OC | 10 | 4 | 21% | 1 | 10 |
| 5. Aldrine | OC | 10 | 3 | 13% | 1,5 | 35 |
| 6. Dieldrine | OC | 10 | 3 | 13% | 4 | 12 |
| 7. Trifluraline. | Toluidines | 10 | 4 | 17% | 1,1 | 2 |
| 8. Chlorpyrifos éthyle | OP | 10 | 2 | 8% | 23 | 29 |
| 9. Bifenthrine | PY | 10 | 1 | 4% | 70 | 70 |
| 10. 2,4 D | AL | 10 | 0 | 0% | 0 | 0 |
| 11. Propanil | ANILIDE | 10 | 0 | 0% | 0 | 0 |
| 12. Carbofuran | CARBAMATE | 10 | 0 | 0% | 0 | 0 |
| 13. Acétochlore | CH | 10 | 0 | 0% | 0 | 0 |
| 14. Chlordane | OC | 10 | 0 | 0% | 0 | 0 |
| 15. Dicofol | OC | 10 | 0 | 0% | 0 | 0 |
| 16. Endosulfan | OC | 10 | 0 | 0% | 0 | 0 |
| 17. Endrine | OC | 10 | 0 | 0% | 0 | 0 |
| 18. Malathion | OP | 10 | 0 | 0% | 0 | 0 |
| 19. Parathion Éthyle | OP | 10 | 0 | 0% | 0 | 0 |
| 20. Parathion Méthyl | OP | 10 | 0 | 0% | 0 | 0 |
| 21. Pirimifos Méthyl | OP | 10 | 0 | 0% | 0 | 0 |
| 22. Profénofos | OP | 10 | 0 | 0% | 0 | 0 |
| 23. Diazinon | OP | 10 | 0 | 0% | 0 | 0 |
| 24. Diuron | Phenylurea | 10 | 0 | 0% | 0 | 0 |
| 25. Bensulfuron-Méthyl | Sulfonylurea | 10 | 0 | 0% | 0 | 0 |

Le tableau 15 contient la liste de tous les pesticides recherchés dans les échantillons de sédiments issus des 12 sites ciblés dans les 2 Campagnes hautes Eaux et Hautes Eaux du projet. Une colonne SCORE informe sur le nombre d'échantillons dans lesquels chaque matière active est trouvée supérieure à la LOQ. La colonne Fréquence donne le pourcentage d'apparitions de chaque matière active dans les 24 échantillons. Deux colonnes MIN et MAX montrent les valeurs minimales et maximales des résultats obtenus sur la présence dans les échantillons de chaque matière active.

Ainsi, sur les 25 matières actives recherchées, seules neuf (9) soit 36% parmi elles, ont été retrouvées dans les échantillons. Toutes ces 9 molécules étaient aussi retrouvées dans les échantillons d'eau des deux campagnes saisonnières. Leur répartition en famille se produit comme suit :

⁴¹ Famille : OC : Organochloré, PY : Pyréthrinoïdes, OP : Organophosphorés, AL : Alkylchlorophenoxy, BZ : Benzothiazinone, CH : Chloroacetamide, NE : Néonicotinoïde

⁴² LOQ : Limite de quantification de 10 µg/kg

⁴³ SCORE : Nombre d'apparitions de la molécule dans les 24 échantillons

- Six (6) appartenant à la famille des Organochlorés (OC) (HCH(A+B), Heptachlore, DDT, Lindane, Aldrine et Dieldrine) dont toutes sont des Polluants Organiques Persistants (POP). Les scores trouvés varient de 3 pour l'Aldrine et la Dieldrine, de 4 pour le Lindane, 5 pour le DDT, 6 pour l'Heptachlore et 7 pour le HCH. Les résultats trouvés pour cette famille ne sont pas aussi négligeables parce qu'ils varient de 12 fois la LOQ pour la Dieldrine jusqu'à 42 fois la LOQ pour le DDT et l'Heptachlore.
- Une (1) est de la famille des Organophosphorés (le Chlorpyrifos éthyle), faiblement représenté par rapport aux organochlorés avec une présence dans deux échantillons mais avec des dépassements non négligeables de 23 et de 29 fois la LOQ.
- Deux (2) appartenant à d'autres familles (Bifenthrine de la famille de pyréthrinoïdes et la Trifluraline de la famille des Toluidines) ferment la marche. La Bifenthrine ne fait qu'une seule apparition dans un échantillon, mais la concentration trouvée fait 70 fois la LOQ de 10 µg/kg. A l'inverse la Trifluraline apparaît dans 4 échantillons mais les niveaux de dépassements de la LOQ sont faibles et sont de 1,1 pour la valeur minimale et de 2 pour la valeur maximale.

Seize (16) matières actives soit 64% de la liste sélectionnée, n'ont été trouvées dans aucun des 24 échantillons de sédiment prélevés ; parmi elles, on note :

- quatre (4) de la famille des Organochlorés (Chlordane, Dicofol, Endosulfan et Endrine) ;
- six (6) de la famille des Organophosphorés (Malathion, Parathion Éthyle, Parathion Méthyl, Pirimifos Méthyl, Profénofos et Diazinon) ;
- six (6) pesticides appartenant à d'autres familles : 2,4 D, Propanil, Carbofuran, Acétochlore, Diuron et Bensulfuron-Méthyl.

VII.2.1.2.2 : Résidus de pesticides dans les Sédiments/ Campagnes Saisonnierées au Sénégal / Hautes Eaux et Hautes Eaux.

Les résultats d'analyse des échantillons de sédiments des deux campagnes saisonnières Hautes Eaux (1^{ère} quinzaine de mars) et Hautes Eaux (2^e décade d'octobre) sont rangés dans le tableau 16, les échantillons du même site issus des deux campagnes y sont rangés côte à côte pour faciliter les comparaisons entre leurs résultats. On note ainsi :

- Six échantillons à score nul (échantillons exempts de pesticides à hauteur de la LOQ de 10 µg/kg). Ces échantillons se répartissent pour 4 de la Campagne Hautes Eaux (Bakel, Taouey, Rosso et Boundoum) et 2 de la Campagne Hautes Eaux (Barrage de Diama et Dagana).
- Six échantillons sont à score égal à 1 (échantillon dans lequel 1 seule molécule a été trouvée) répartis équitablement entre les deux campagnes : Matam, Podor et Dagana en Hautes eaux (avec respectivement de la Bifenthrine à 70 LOQ, du HCH à 18 et du DDT à 13 LOQ), et Richard Toll, Taouey et Boudoum et Hautes eaux (avec des dépassements faibles variant entre 1,8 et 3 fois la LOQ).
- Quatre échantillons, tous de la Campagne Hautes Eaux sont à score 2 : Bakel, Matam, Podor et Makhana avec des dépassements de la LOQ peu inquiétants variant de 1 à 10.
- Six autres échantillons sont à score 3, là aussi équitablement répartis entre les deux Campagnes avec Kidira et Around sur les deux campagnes et Richard Toll en Hautes Eaux et Rosso en Hautes Eaux. Les dépassements de la LOQ ne sont pas spectaculaires sauf que Richard Toll et Around en Hautes Eaux font des cumuls respectifs de 104 et 70 fois la LOQ.

Tableau 15 : Campagnes saisonnières au Sénégal / Hautes Eaux et Hautes Eaux: Résultats d'analyse des échantillons de sédiment / résidus de pesticides

| N° | Echantillons | Score | Pesticides trouvés dans les sites, importance de la contamination | |
|----|--------------|-------|---|--|
|----|--------------|-------|---|--|

| | | | Aldrine | DDT | Dieldrine | HCH(A+B) | Heptachlore | Lindane | CHLET ⁴⁴ | Bifenthrine | Trifluraline | |
|----|-------------------------|---|---------|-----|-----------|----------|-------------|---------|---------------------|-------------|--------------|-----|
| | NOEC ⁴⁵ /LOQ | | - | - | 5700 | - | - | - | - | - | 81000 | |
| 1 | S-KI04 | 3 | | | 4 | 12 | | | 29 | | | 45 |
| 1 | S-KI11 | 3 | | 2,6 | | 1,8 | 1,2 | | | | | 5,6 |
| 2 | S-AR04 | 3 | 35 | | 12 | | | | 23 | | | 70 |
| 2 | S-AR11 | 3 | | | | 2,2 | 5,3 | 1,4 | | | | 8,9 |
| 3 | S-BA04 | 0 | | | | | | | | | | 0 |
| 3 | S-BA11 | 2 | | | | 1 | | 10 | | | | 11 |
| 4 | S-MA04 | 1 | | | | | | | | 70 | | 70 |
| 4 | S-MA11 | 2 | | | | 1 | 1,2 | | | | | 2,2 |
| 5 | S-PO04 | 1 | | | | 18 | | | | | | 18 |
| 5 | S-PO11 | 2 | | | | | | 1 | | 1,4 | | 2,4 |
| 6 | S-DA04 | 1 | | 13 | | | | | | | | 13 |
| 6 | S-DA11 | 0 | | | | | | | | | | 0 |
| 7 | S-RT04 | 3 | | 42 | | 20 | 42 | | | | | 104 |
| 7 | S-RT11 | 1 | | | | | | 1,8 | | | | 1,8 |
| 8 | S-TA04 | 0 | | | | | | | | | | 0 |
| 8 | S-TA11 | 1 | | | | | | | | 2,1 | | 2,1 |
| 9 | S-RO04 | 0 | | | | | | | | | | 0 |
| 9 | S-RO11 | 3 | 1,5 | | | | 1,5 | | | 1,8 | | 4,8 |
| 10 | S-BO11 | 1 | 3 | | | | | | | | | 3 |
| 11 | S-MK04 | 1 | | 21 | | | | | | | | 21 |
| 11 | S-MK11 | 2 | | 6,3 | | | | | | 1,1 | | 7,4 |
| 12 | S-BD04 | 2 | | | 4 | | 6 | | | | | 10 |
| 10 | S-BO04 | 0 | | | | | | | | | | 0 |
| 12 | S-BD11 | 0 | | | | | | | | | | |

¹ NOEC : Organismes vivant dans les sédiments/ concentration sans effets observés, (chronique sur 28 jours, sédiments ($\mu\text{g kg}^{-1}$))

- En absence de données de comparaison des résultats avec des normes sauf pour la Dieldrine et la Trifluraline, il n'est pas possible de trop avancer dans l'évaluation environnementale de la qualité des sédiments. Pour le Dieldrine et la Trifluraline, le PPDB propose respectivement des NOEC (plus basse concentration chronique fiable sans effet sur 28 jours de 57000 et 810000 $\mu\text{g/kg}$ de sédiment sec. Ces valeurs comparées aux résultats laissent présager qu'on est encore très loin d'une situation préoccupante.

⁴⁴ CHLET : Chlorpyrifos éthyle

⁴⁵ NOEC : Organismes vivant dans les sédiments - NOEC chronique sur 28 jours, sédiments ($\mu\text{g kg}^{-1}$)/LOQ

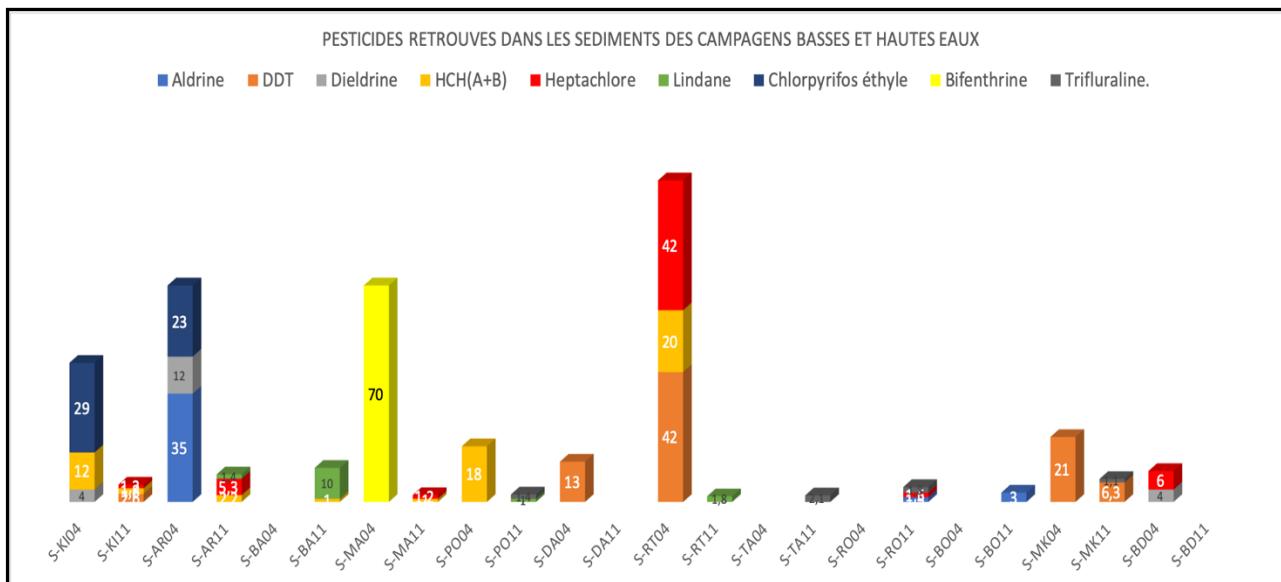


Figure 5 : Pesticides retrouvés dans les échantillons de sédiments des deux Campagnes saisonnières (Hautes Eaux et Hautes Eaux) et importance de la contamination

La transposition des résultats en représentation graphique (Figure 7.5), montre une légère prédominance des cumuls de résultats par échantillon de Campagne Hautes Eaux sur la Campagne Hautes eaux. C'est le cas de Kidira (KI), de Around (AR) de Matam (MA) de Podor (PO), de Dagana (DA) de Richard Toll (RT) de Makhana (MK) et du Barrage de Diama (BD). Les exceptions à la règle sont Bakel (BA), Taouey (TA) Rosso (RO) et Boundoum (BO). Il s'y ajoute seulement que pour ce groupe, les cumuls sont faibles ;

En conclusion partielle

| Indicateur | Situation sanitaire et environnementale des sites | |
|---|---|----------------------------|
| | Basses eaux | Hautes eaux |
| Non-respect de la Norme OMS | - | - |
| Sans risque environnemental | Sur 100 % des échantillons | Sur 100 % des échantillons |
| Effets chroniques sur faune aquatique | Sur 0 % des échantillons | Sur 0 % des échantillons |
| Effets aigus certains sur faune aquatique | Sur 0 % des échantillons | Sur 0 % des échantillons |

VII.2.1.3 Résidus de pesticides/ Matrice POISSON

VII.2.1.3.1 Situation globale

La recherche de la présence des pesticides dans la matrice POISSON a concerné 24 échantillons. Ces échantillons sont prélevés dans les 12 sites des Campagnes Saisonnier es en période de Basses Eaux et en Période de Hautes Eaux.

Dans les 24 échantillons prélevés, vingt-cinq (25) matières actives de pesticides sont recherchées dont :

- 10 sont des organochlorés (OC)
- 7 sont des organophosphorés
- 8 appartenant à d'autres familles.

Les résultats trouvés sont rangés dans l'annexe 4.1.3, avec une limite de quantification (LOQ) de de la méthode de 10 µg m.a./kg de poison.

Après analyse, il s'est trouvé que tous les échantillons présentent des résultats pour la totalité des 25 pesticides recherchés, des résultats inférieurs à la LOQ de 10 µg m.a./kg

En conclusion partielle

| Indicateur | Situation sanitaire et environnementale du site |
|---|---|
| Non-respect de la Norme OMS | 0% |
| Sans risque environnemental | - |
| Effets chroniques sur faune aquatique | - |
| Effets aigus certains sur faune aquatique | - |

VII.2.2 Traces de métaux lourds

VII.2.2.1 Traces de métaux lourds/Matrice Eau

VII.2.2.1.1 Situation Globale

La recherche de la présence des traces de métaux lourds dans la matrice eau brute a concerné 52 échantillons. Ces échantillons sont prélevés dans 14 sites selon le programme détaillé dans le tableau ci-après.

Tableau 16 : Nombre d'échantillons d'eau globalement prélevés

| N° | PROGRAMME | Nombre de Sites | Saisons | | TOTAL |
|----|---|-----------------|---------|----|-----------|
| | | | 1 | 2 | |
| 1 | LA SERIE CHRONOLOGIQUE DU BARRAGE DE DIAMA FLEUVE SENEGAL | 1 | 6 | 6 | 12 |
| 2 | LA SERIE CHRONOLOGIQUE MENSUELLE DU RESERVOIR SAINT LOUIS | 1 | 4 | 4 | 8 |
| 3 | LA SERIE CHRONOLOGIQUE MENSUELLE DU RESERVOIR POUR DAKAR/ LAC DE GUIERS | 1 | 4 | 4 | 8 |
| 4 | CAMPAGNES SAISONNIERES AU SENEGAL | 12 | 12 | 12 | 24 |
| | TOTAL ECHANTILLONS D'EAU PRELEVES | | 26 | 26 | 52 |

Dans les 52 échantillons prélevés, neuf (9) métaux lourds sont recherchés dont :

- 2 sont classés comme substances Prioritaires dangereuse par l'UE : Cadmium et Mercure
- 2 sont classés comme substances Prioritaires par l'UE : Nickel et Plomb
- 4 sont classés comme substances Non Prioritaires par l'UE : Aluminium, Arsenic, Chrome et Cuivre
- 1 non classé : le Cyanure

Les résultats globaux trouvés rangés dans l'annexe 4.2.1, ont permis d'extraire les informations du tableau 18:

- A chaque substance, un score qui est le nombre d'échantillons dans lesquels la substance est trouvée, a été estimé
- Importance de la contamination (IC) qui est le rapport Résultat trouvé/valeur de la norme OMS qui exprime donc le nombre de fois que le résultat dépasse la norme. Avec cet indicateur, on peut trouver pour chaque substance métallique une valeur minimale (MIN) et une valeur Maximale (MAX) informant sur la plage de présence de la substance dans les échantillons incriminés.
- A côté de la norme OMS de potabilité de l'eau, on ajoute un autre indicateur CMA Concentration maximale admissible ($\mu\text{g/l}$) / Directives 80/778/CEE, 98/83/EC) qui permet de faire une évaluation d'ordre environnementale de la contamination.

Tableau 17 : Situation globale sur les traces de métaux lourds dans la matrice eau à travers tous les sites

| Paramètres | Norme de potabilité OMS ($\mu\text{g/L}$) | CMA ⁴⁶ (/OMS) | SP ⁴⁷ par UE | SCORE | Importance de la contamination | |
|--------------|---|--------------------------|-------------------------|-------|--------------------------------|----------|
| | | | | | MIN | MAX |
| 1. Nickel | 70 | 0,3 | P | 52 | 0,001 | 0,9 |
| 2. Aluminium | 200 | - | NP | 45 | 0,013 | 5,700 |
| 3. Cyanure | 70 | - | - | 41 | 0,029 | 6,8 |
| 4. Cuivre | 2000 | 0,1 | NP | 34 | 0,001 | 0,107 |
| 5. Plomb | 10 | 1,0 | P | 34 | 0,268 | 101,700 |
| 6. Chrome | 50 | 1,0 | NP | 29 | 0,185 | 26,080 |
| 7. Cadmium | 3 | 1,7 | PD | 15 | 0,177 | 0,703 |
| 8. Arsenic | 10 | 1,0 | NP | 9 | 45,000 | 2533,000 |
| 9. Mercure | 6 | 0,2 | PD | 0 | - | - |

CMA : Concentration maximale admissible ($\mu\text{g/l}$) / Directives 80/778/CEE, 98/83/EC

SP : Directive 2013/39/UE sur les substances prioritaires pour la politique dans le domaine de l'eau

NP : n'est pas une substance prioritaire, P : identifiée comme substance prioritaire, PD : identifiée comme substance prioritaire dangereuse par l'UE

Ainsi, sur les 9 métaux lourds recherchés, les huit (8) soit 89%, ont été trouvés dans au moins un des 52 échantillons. Parmi elles, on note :

- Le nickel, substance prioritaire, est apparu dans les 52 échantillons avec des taux allant de un millième de fois la norme OMS à presqu'une fois la norme de potabilité OMS dépassant 3 fois la Concentration Maximale admissible de la Directives 80/778/CEE, 98/83/EC.
- L'Aluminium suit avec un score de 45. Il est absent dans 7 autres échantillons. Le maximum dépasse la norme de potabilité de 200 ppb, ce qui peut être normal pour des eaux brutes.
- Le cyanure est en 3^e position avec un score de 41, absent ainsi dans 11 échantillons, la norme de potabilité est dépassée de près de 7 fois par le maximum.
- Le cuivre couvre 34 échantillons avec un maximum qui est se confond avec la CMA.
- Le plomb, substance prioritaire détient un score aussi de 34 avec un maximum 100 fois supérieur à la CMA.
- Le chrome a scoré 29 fois avec un maximum 26 fois plus élevé que la CMA.
- L'arsenic n'a que 9 fois scoré, mais tous ses 9 résultats surplombent la norme OMS et la CMA.
- Quant au cadmium, substance classée prioritaire dangereuse, il n'apparaît que dans 15 échantillons et ses concentrations n'affectent ni la potabilité de l'eau ni la survie des organismes vivant dans le milieu.
- Et enfin le mercure qui n'a été trouvé dans aucun des 52 échantillons.

VII.2.2.1.2 Traces de métaux lourds dans les eaux/ Série chronologique du Barrage de Diama Fleuve Sénégal

Si on rapporte la situation globale décrite ci-dessus à la série du Barrage de Diama, on obtient pour les 14 échantillons un score pour chacun et la liste des substances métalliques trouvées avec les résultats rapportés à la norme OMS correspondante de la substance elle-même (tableau 19).

⁴⁶CMA : Concentration maximale admissible ($\mu\text{g/l}$) / Directives 80/778/CEE, 98/83/EC

⁴⁷ SP : Directive 2013/39/UE sur les substances prioritaires pour la politique dans le domaine de l'eau NP : n'est pas une substance prioritaire, P : identifiée comme substance prioritaire, PD : identifiée comme substance prioritaire dangereuse par l'UE

Tableau 18 : Série chronologique du barrage de Diama fleuve Sénégal/ eau bruite, métaux lourds retrouvés et leur teneur

| N° | Echantillon | Dates en 2021 | Score | Aluminium | Arsenic | Chrome | Cuivre | Cyanure | Nickel | Plomb | Cadmium | Mercure |
|-----|----------------|---------------|-------|--------------|-----------------|---------------|-------------|-----------|--------------|----------------|--------------|--------------|
| | OMS | - | - | 200 | 10 | 50 | 2000 | 70 | 70 | 10 | 3 | 6 |
| | CMA/OMS | - | - | - | 1 | 1 | 0,05 | - | 0,286 | 1 | 1,667 | 0,167 |
| 146 | E-BD12 | 26/11 | 3 | 2,250 | - | - | - | 0,297 | 0,408 | - | - | - |
| 149 | E-BD13 | 12/12 | 3 | 1,185 | - | - | - | 0,471 | 0,461 | - | - | - |
| 105 | E-BD03 | 28/02 | 4 | - | - | 1,242 | 0,007 | - | 0,281 | 2,130 | - | - |
| 145 | E-BD11 | 16/10 | 4 | 1,935 | - | - | - | 0,343 | 0,372 | 101,700 | - | - |
| 101 | E-BD01 | 31/01 | 5 | - | - | 1,613 | - | 0,071 | 0,555 | 2,147 | 0,517 | - |
| 124 | E-BD07 | 25/04 | 5 | 0,075 | - | 11,620 | 0,015 | - | 0,401 | 1,743 | - | - |
| 128 | E-BD08 | 13/08 | 5 | 2,375 | - | - | 0,009 | 0,286 | 0,313 | 2,162 | - | - |
| 131 | E-BD10 | 10/09 | 5 | 3,310 | 175,000 | - | - | 0,514 | 0,420 | 46,200 | - | - |
| 150 | E-BD14 | 29/12 | 5 | 5,700 | 2533,000 | - | - | 0,571 | 0,202 | - | 0,703 | - |
| 119 | E-BD04 | 08/03 | 6 | 0,100 | - | 10,420 | 0,046 | - | 0,401 | 4,288 | 0,177 | - |
| 120 | E-BD05 | 28/03 | 6 | 0,610 | - | 1,154 | 0,007 | - | 0,441 | 5,725 | 0,180 | - |
| 123 | E-BD06 | 10/04 | 6 | 0,075 | - | 0,280 | 0,007 | 0,057 | 0,386 | 2,303 | - | - |
| 130 | E-BD09 | 26/08 | 6 | 0,560 | 90,000 | - | 0,001 | 0,929 | 0,350 | - | 0,217 | - |
| 104 | E-BD02 | 19/02 | 7 | 0,113 | - | 2,140 | 0,007 | 0,043 | 0,869 | 0,268 | 0,187 | - |

CMA : Concentration maximale admissible ($\mu\text{g/l}$) / Directives 80/778/CEE, 98/83/EC

SP : Directive 2013/39/UE sur les substances prioritaires pour la politique dans le domaine de l'eau NP : n'est pas une substance prioritaire, P : identifiée comme substance prioritaire, PD : identifiée comme substance prioritaire dangereuse par l'UE

On distingue ainsi 5 groupes d'échantillons répartis selon leurs scores qui varient de 3 à 7 :

- Les échantillons E-BD12 ET E-BD13 ont un score de 3, avec l'aluminium qui a des résultats dépassant la norme de potabilité, le Cyanure présent mais à des concentrations non inquiétantes, et le nickel dont les résultats dépassent légèrement la CMA.
- De même, les échantillons des mission 3 et 11 ont chacun 4 résultats non nuls. Ainsi le chrome et le plomb dans l'échantillon E-BD03 ont des résultats qui dépassent la CMA alors que ceux du cuivre et du nickel respectent et la norme OMS et la CMA. Dans le même temps, l'échantillon E-BD11 est affecté par la présence des deux métaux classés prioritaires à savoir Nickel et Plomb avec des concentrations qui dépassent la CMA. On lui trouve aussi l'Aluminium à près de 2 fois la norme OMS de potabilité et le cyanure à une concentration respectueuse de cette norme.
- 5 échantillons ont un score de 5, il s'agit de E-BD01, E-BD07, E-BD08, E-BD10 et E-BD14. Les 4 premiers sont grandement affectés par le nickel et le plomb classés substances prioritaires avec dépassements souvent de la CMA et de la norme OMS. Quant au E-BD14, la CMA est largement dépassée (2533 fois) au niveau de l'arsenic et la norme OMS dépassée de 5,7 fois au niveau de l'aluminium.
- Les échantillons à score 6 sont au nombre de 4 (E-BD04, E-BD05, E-BD06 et E-BD09). Ils ont la caractéristiques d'être envahis par le nickel et le plomb avec des résultats dépassant parfois largement la CMA.
- Le seul échantillon où 7 métaux lourds ont scoré est le E-BD02. Ici seuls l'arsenic et le mercure ont manqué au rendez-vous. Le nickel s'est fait encore remarquer avec un score de 8.



Figure 6 : Métaux lourds retrouvés dans les échantillons d'eau de la série chronologique du Barrage de Diamal et importance de la contamination.

La représentation graphique (figure 7) ne montre pas l'importance de la présence des autres métaux lourds du fait de l'arsenic dans l'échantillon E-BD14 qui dépasse la norme OMS de plus de 2500 fois.

En conclusion partielle

| Indicateur | Situation sanitaire et environnementale du site |
|--|---|
| Non-respect de la Norme OMS | Sur 100 % des échantillons |
| Sans risque environnemental | Sur uniquement 0 % des échantillons |
| Effets chroniques sur faune aquatique | Sur 100 % des échantillons |
| Effets aigus certains sur faune aquatique | Sur 100 % des échantillons |

VII.2.2.1.3. Traces de métaux lourds dans les eaux/ La série chronologique mensuelle de la Réserve de Saint-Louis

Les résultats dans les échantillons prélevés dans le site de la Réserve de Saint-Louis (tableau 20) se caractérisent par une presque omniprésence du nickel et du plomb, deux substances hélas classées prioritaires par l'UE. On y distingue 4 groupes :

Tableau 19 : Série chronologique mensuelle de la réserve de Saint-Louis/ eau brûlée : métaux lourds trouvés et teneurs dans les résultats

| N° | <u>Échantillons</u> | Dates en 2021 | Score | Aluminium | Arsenic | Chrome | Cuivre | Cyanure | Nickel | Plomb | Cadmium | Mercure |
|-----|---------------------|---------------|-------|-----------|---------|--------|--------|---------|--------|-------|---------|---------|
| | <u>Norme OMS</u> | - | - | 200 | 10 | 50 | 2000 | 70 | 70 | 10 | 3 | 6 |
| | <u>CMA/OMS</u> | - | - | - | 1 | 1 | 0,05 | - | 0,286 | 1 | 1,667 | 0,167 |
| 102 | <u>E-RS01</u> | 31/01 | 6 | 0,013 | - | 0,185 | 0,005 | - | 0,550 | 4,248 | 0,29 | - |
| 106 | E-RS03 | 28/02 | 5 | 0,625 | - | 0,516 | 0,011 | - | 0,232 | - | 0,207 | - |
| 121 | <u>E-RS05</u> | 28/03 | 7 | 0,05 | - | 13,94 | 0,007 | 0,357 | 0,499 | 4,52 | - | - |
| 125 | <u>E-RS07</u> | 25/04 | 5 | 1,05 | - | 11,44 | 0,006 | - | 0,452 | 1,766 | - | - |
| 129 | <u>E-RS08</u> | 13/08 | 5 | - | - | 26,08 | 0,005 | 0,043 | 0,289 | 2,16 | - | - |
| 132 | <u>E-RS10</u> | 10/09 | 5 | 0,25 | 295 | - | 0,005 | 0,071 | 0,498 | - | - | - |
| 147 | <u>E-RS12</u> | 26/11 | 3 | 0,063 | - | - | 0,058 | - | 0,430 | - | - | - |
| 151 | <u>E-RS14</u> | 29/12 | 6 | 0,188 | - | - | 0,018 | 0,029 | 0,163 | 2,072 | 0,417 | - |

CMA : Concentration maximale admissible ($\mu\text{g/l}$) / Directives 80/778/CEE, 98/83/EC

SP : Directive 2013/39/UE sur les substances prioritaires pour la politique dans le domaine de l'eau NP : n'est pas une substance prioritaire, P : identifiée comme substance prioritaire, PD : identifiée comme substance prioritaire dangereuse par l'UE

- L'échantillon de la mission 12 (E-RS12) a le plus petit score avec 3 substances dont le cuivre et le nickel présents à des concentrations légèrement supérieures à la CMA.

- 4 échantillons ont un score de 5, E-RS03, E-RS07, E-RS08 et E-RS10. De ces 4 échantillons, seul le E-RS03 a des concentrations en deçà de la CMA et de la norme OMS. Les 3 autres échantillons ont chacun, au moins, 2 substances dont les résultats dépassent la CMA.
- Les échantillons E-RS01 E-RS14 ont un score de 6, ici les dépassements de la CMA sont respectivement au niveau nickel plomb et du plomb.
- L'échantillon E-RS05 a le plus grand score, 7 substances trouvées. Trois dépassements de la CMA sont décelés au niveau du chrome (14), du nickel (0,5) et du plomb (4,5).

La grande remarque qu'il faut souligner ici, est que dans aucun échantillon, la norme OMS n'est dépassée sauf pour le E-RS07 où le résultat et la norme OMS font coude-à-coude ; quoi de plus satisfaisant pour une eau destinée à alimenter les populations.

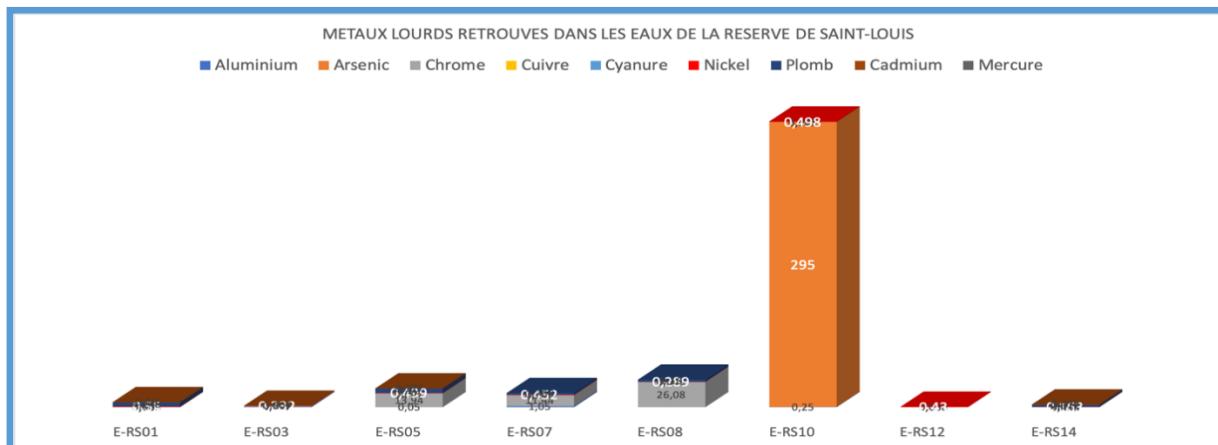


Figure 7 : Métaux lourds retrouvés dans les échantillons d'eau de la série mensuelle de la Réserve de Saint-Louis et importance de la contamination

La représentation graphique des résultats (Figure 8) met en exergue la grande présence de l'arsenic dans l'échantillon E-RS10.

En conclusion partielle

| Indicateur | Situation sanitaire et environnementale du site |
|--|---|
| Non-respect de la Norme OMS | Sur 62,5 % des échantillons |
| Sans risque environnemental | Sur uniquement 12,5 % des échantillons |
| Effets chroniques sur faune aquatique | - |
| Effets aigus certains sur faune aquatique | Sur 87,5 % des échantillons |

VII.2.2.1.4 Traces de métaux lourds dans les eaux/ La série chronologique mensuelle du Réservoir pour Dakar/ Lac de Guiers/KMS

La remarque précédente est toujours reconduite, le nickel est partout omniprésente avec aussi 6 dépassements de la CMA sur 8 suivi du plomb avec 5 sur 8 (tableau 21). Ici on distingue 5 groupes d'échantillons selon les scores (voir tableau 21).

Tableau 20 : Série chronologique mensuelle du réservoir pour Dakar/Lac de Guiers/KMS/ eau brûte : métaux lourds trouvés et teneurs dans les résultats

| N° | Echantillon | Dates en 2021 | Score | Aluminu m | Arsenic | Chrome | Cuivre | Cyanure | Nickel | Plomb | Cadmium | Mercure |
|-----|------------------|---------------|-------|--------------|---------------|---------------|--------------|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | Norme OMS | - | - | 200 | 10 | 50 | 2000 | 70 | 70 | 10 | 3 | 6 |
| | CMA/OMS | - | - | - | 1,000 | 1,000 | 0,050 | - | 0,286 | 1,000 | 1,667 | 0,167 |
| 103 | E-KM01 | 30/01 | 5 | 0,113 | - | 0,491 | 0,006 | 0,057 | 0,567 | - | - | - |
| 107 | E-KM03 | 27/02 | 4 | 0,925 | - | 0,830 | - | 0,029 | 0,562 | - | - | - |
| 122 | E-KM05 | 27/03 | 7 | 0,800 | - | 21,220 | 0,007 | 0,057 | 0,378 | 2,038 | 0,600 | - |
| 126 | E-KM07 | 24/04 | 5 | 0,535 | - | 13,980 | - | 0,043 | 0,505 | 4,112 | - | - |
| 127 | E-KM08 | 12/08 | 5 | 1,935 | - | - | 0,005 | 0,100 | 0,370 | 2,000 | - | - |
| 133 | E-KM10 | 09/09 | 6 | 1,000 | 61,600 | 0,367 | - | 0,043 | 0,272 | 1,435 | - | - |
| 148 | E-KM12 | 25/11 | 4 | 0,810 | - | - | 0,056 | 0,314 | 0,391 | - | - | - |
| 152 | E-KM14 | 28/12 | 4 | 1,250 | 45,000 | - | -- | 0,129 | 0,221 | - | - | - |

CMA : Concentration maximale admissible ($\mu\text{g/l}$) / Directives 80/778/CEE, 98/83/EC

SP : Directive 2013/39/UE sur les substances prioritaires pour la politique dans le domaine de l'eau NP : n'est pas une substance prioritaire, P : identifiée comme substance prioritaire, PD : identifiée comme substance prioritaire dangereuse par l'UE

- 3 échantillons sont à score 4. Il s'agit de E-KM03 E-KM12 E-KM14. Les deux premiers échantillons ont des CMA dépassées pour le nickel et l'échantillon E-KM14 a un résultat qui dépasse 45 fois la CMA de l'arsenic.
- Les échantillons E-KM07, E-KM08 et E-KM01 ont scoré 5 fois chacun. Les résultats du premier (E-KM07) dépassent la CMA au niveau du chrome (14 fois), du nickel et du plomb (4,1 fois). Les résultats du 2^e échantillon (E-KM08) n'ont dépassé la CMA qu'au niveau du plomb (2 fois) et ceux du 3^e (E-KM01) dépassent uniquement la CMA du nickel.
- Le E-KM10 avec un score de 6 a deux résultats dépassant la CMA, au niveau de l'arsenic et du plomb avec respectivement des valeurs de 61,6 fois et 1,435 fois.
- Et enfin le E-KM05, avec 7 résultats positifs dont 3 dépassemment de la CMA au niveau du chrome, du nickel et du plomb.

Dans ce site d'eau brute qui alimente la ville de Dakar en eau, la norme OMS est dépassée au niveau de l'Aluminium, de l'Arsenic, du chrome et du plomb. D'où, la nécessité de son traitement à des fins d'utilisation domestique.

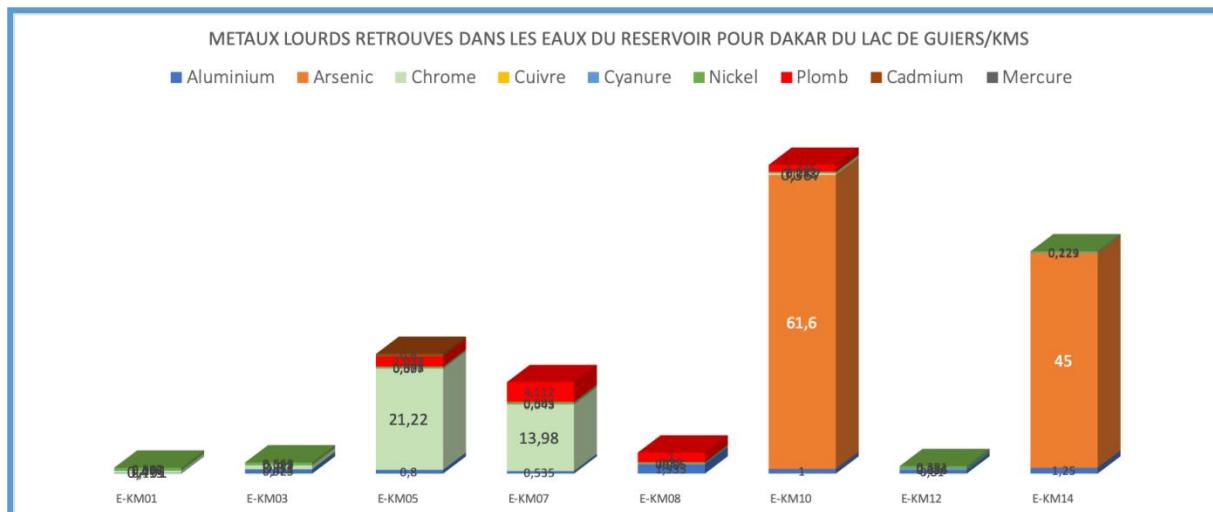


Figure 8 : Métaux lourds retrouvés dans les échantillons d'eau de la série mensuelle du Réservoir pour Dakar de KMS/Lac de Guiers et importance de la contamination

La lecture du graphique (Figure 10) montre à nouveau la prédominance de l'arsenic dans les échantillons 10 et 14, mais aussi le chrome qu'on retrouve dans les échantillons 5 et 7. Le plomb substance prioritaire ne s'est pas fait oublié dans cette série marquant sa timide présence dans les échantillons 5, 7 et 8.

En conclusion partielle

| Indicateur | Situation sanitaire et environnementale du site |
|--|---|
| Non-respect de la Norme OMS | Sur 62,5 % des échantillons |
| Sans risque environnemental | Sur uniquement 0 % des échantillons |
| Effets chroniques sur faune aquatique | - |
| Effets aigus certains sur faune aquatique | Sur 100 % des échantillons |

VII.2.2.1.5 Traces de métaux lourds dans les eaux/ Campagnes Saisonnieres au Sénégal / Basses Eaux et Hautes Eaux

Les résultats d'analyse des échantillons d'eau des deux campagnes saisonnières Basses Eaux (1^{ère} quinzaine de mars) et Hautes Eaux (2^e décade d'octobre) sont rangés dans le tableau 22, les échantillons du même site issus des deux campagnes y sont rangés côte à côte pour faciliter les comparaisons entre leurs résultats.

Tableau 21 : Campagnes saisonnières Basses Eaux et Hautes Eaux au Sénégal/ eau bruite, métaux lourds retrouvés et leur teneurs

| N° | Echantillon | Score | Aluminium | Arsenic | Chrome | Cuivre | Cyanure | Nickel | Plomb | Cadmium | Mercure |
|-----|----------------|-------|--------------|----------------|---------------|--------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|
| | OMS | | 200 | 10 | 50 | 2000 | 70 | 70 | 10 | 3 | 6 |
| | CMA/OMS | | | 1,000 | 1,000 | 0,050 | | 0,286 | 1,000 | 1,667 | 0,167 |
| 109 | E-AR04 | 6 | 0,750 | | 1,461 | 0,025 | 0,800 | 0,001 | 13,400 | - | - |
| 135 | E-AR11 | 5 | 3,875 | 472,000 | - | 0,085 | 0,886 | 0,610 | - | - | - |
| 110 | E-BA04 | 6 | - | - | 0,199 | 0,067 | 0,043 | 0,318 | 1,117 | 0,677 | - |
| 136 | E-BA11 | 4 | 1,875 | - | - | 0,006 | 0,200 | 0,631 | - | - | - |
| 119 | E-BD04 | 6 | 0,100 | - | 10,420 | 0,046 | | 0,401 | 4,288 | 0,177 | - |
| 145 | E-BD11 | 4 | 1,935 | - | - | - | 0,343 | 0,372 | 101,700 | - | - |
| 117 | E-BO04 | 3 | - | - | 1,431 | - | | 0,411 | 6,982 | - | - |
| 143 | E-BO11 | 5 | 1,685 | - | - | 0,055 | 0,486 | 0,405 | 2,008 | - | - |
| 113 | E-DA04 | 6 | - | - | 22,824 | 0,009 | 0,029 | 0,314 | 3,145 | 0,240 | - |
| 139 | E-DA11 | 6 | 4,250 | 578,000 | - | 0,031 | 0,343 | 0,340 | 1,280 | - | - |
| 108 | E-KI04 | 6 | 2,250 | - | 1,598 | 0,012 | 1,671 | 0,037 | 1,643 | - | - |
| 134 | E-KI11 | 3 | 1,560 | - | - | - | 0,686 | 0,412 | - | - | - |
| 111 | E-MA04 | 6 | 0,050 | - | 0,420 | 0,008 | 0,029 | 0,381 | 2,448 | - | - |
| 137 | E-MA11 | 3 | 1,810 | - | - | - | 0,300 | 0,548 | - | - | - |
| 118 | E-MK04 | 6 | 0,550 | - | 11,460 | - | 0,057 | 0,445 | 4,470 | 0,240 | - |
| 144 | E-MK11 | 4 | 0,250 | - | - | - | 0,357 | 0,465 | 13,200 | - | - |
| 112 | E-PO04 | 6 | 0,550 | - | 2,340 | 0,005 | 0,029 | 0,391 | 9,080 | - | - |
| 138 | E-PO11 | 7 | 3,375 | 80,000 | 9,440 | 0,042 | 0,386 | 0,489 | 3,226 | - | - |
| 116 | E-RO04 | 5 | 0,125 | - | 1,382 | - | - | 0,374 | 5,533 | 0,300 | - |
| 142 | E-RO11 | 3 | 3,000 | - | - | - | 6,800 | 0,357 | - | - | - |
| 114 | E-RT04 | 4 | - | - | 1,221 | 0,008 | - | 0,359 | 0,285 | - | - |
| 140 | E-RT11 | 5 | 1,625 | - | - | 0,107 | 0,171 | 0,414 | 1,328 | - | - |
| 115 | E-TA04 | 5 | 5,500 | - | 1,467 | 0,009 | 0,071 | 0,499 | - | - | - |
| 141 | E-TA11 | 3 | 1,435 | - | - | - | - | 2,186 | 0,783 | - | - |

CMA : Concentration maximale admissible ($\mu\text{g/l}$) / Directives 80/778/CEE, 98/83/EC

SP : Directive 2013/39/UE sur les substances prioritaires pour la politique dans le domaine de l'eau NP : n'est pas une substance prioritaire, P: identifiée comme substance prioritaire, PD : identifiée comme substance prioritaire dangereuse par l'UE

- Ainsi, on souligne que pour le même site, le score de l'échantillon de la campagne Basse Eaux est plus élevé dans 8 cas sur 12 que le score de l'échantillon de la campagne Hautes Eaux. Il s'agit des sites de Around, Bakel, Barrage de Diama, Kidira, Matam, Makhana, Rosso et Taouey. A l'inverse, Boundoum, Podor et Richard Toll sont les sites où la tendance est intervertie. Dagana est le seul site où les deux échantillons ont le même score de 6.
- Tous les sites, accusent, aux deux périodes de l'année, des dépassements de la CMA avec l'une au moins des substances suivantes : le nickel, le plomb, le chrome, l'arsenic et le cuivre avec des dépassements spectaculaires comme avec l'arsenic.

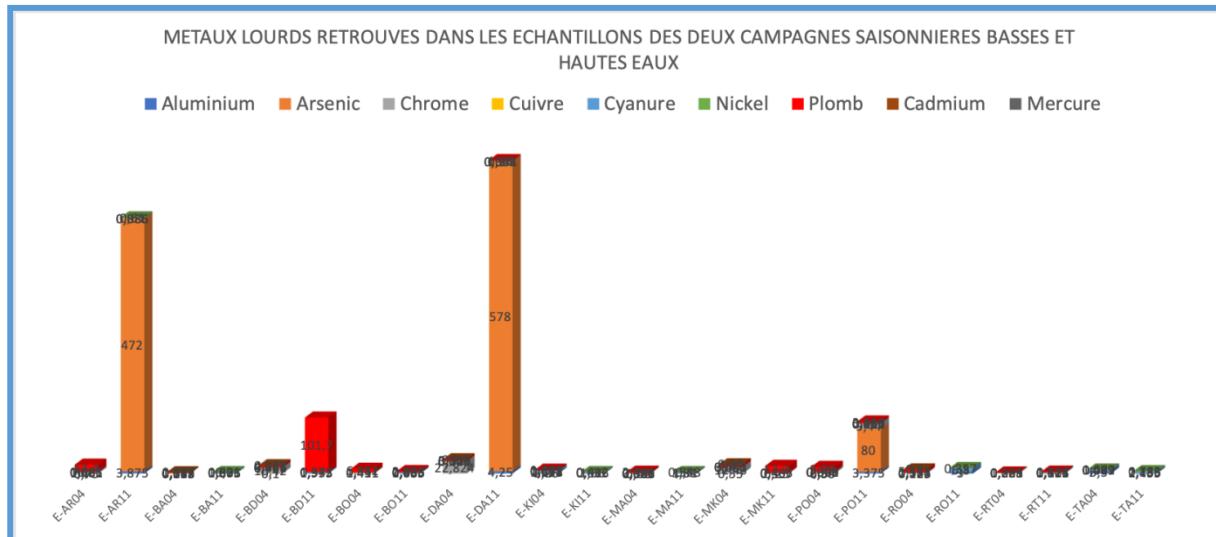


Figure 9 : Métaux lourds retrouvés dans les échantillons d'eau des deux campagnes saisonnières Basses et Hautes Eaux et importance de la contamination

La lecture de la figure 12 montre davantage la prédominance de la présence de l'arsenic dans les 11 d'Around, de Dagana et de Podor. Le plomb est aussi visible dans les échantillons 11 du Barrage de Diama et 4 de Around.

En conclusion partielle

| Indicateur | Situation sanitaire et environnementale des sites | |
|---|---|----------------------------|
| | BASSES EAUX | HAUTES EAUX |
| Non-respect de la Norme OMS | 100% des échantillons | 100% des échantillons |
| Sans risque environnemental | Sur 0 % des échantillons | Sur 0 % des échantillons |
| Effets chroniques sur faune aquatique | Sur 100 % des échantillons | Sur 100 % des échantillons |
| Effets aigus certains sur faune aquatique | Sur 100 % des échantillons | Sur 100 % des échantillons |

VII.2.2.2 Traces de métaux lourds/Matrice Sédiment

VII.2.2.2.1 Situation Globale

La recherche des traces de métaux lourds dans la matrice Sédiment a concerné 24 échantillons. Ces échantillons sont prélevés dans les 12 sites des Campagnes Saisonnières en période de Basses Eaux et en Période de Hautes Eaux.

Dans les 24 échantillons prélevés, neuf (9) métaux lourds sont recherchés dont :

- 2 sont classés comme substance Prioritaire dangereuse par l'UE : Cadmium et Mercure ;
- 2 sont classés comme substance Prioritaire par l'UE : Nickel et Plomb ;
- 3 sont classés comme substance Non Prioritaire par l'UE : Aluminium, Arsenic, Chrome et Cuivre ;
- 1 non classé : le Cyanure.

Les résultats globaux trouvés rangés dans l'annexe 4.2.2, ont permis d'extraire les informations du tableau 23 :

- A chaque substance, un score qui est le nombre d'échantillons dans lesquels la substance est trouvée, a été estimé
- Importance de la contamination (IC) qui est le rapport Résultat trouvé/LEL (dose minimale avec effet observé) qui exprime donc le nombre de fois que le résultat dépasse cette valeur guide environnementale. Avec cet indicateur, on peut trouver pour chaque matière active une valeur minimale (MIN) et une valeur Maximale (MAX) informant sur la plage de présence de la substance dans les échantillons incriminés.
- Une autre valeur guide environnementale la SEL (severe effect level en anglais ou concentration d'effet grave en français) prenant en compte les effets aigus est utilisée pour comparaison. Dans le tableau 23, les valeurs de la SEL sont rapporté en LEL. Sur cette base, la lecture de ce tableau permet de tirer les informations globales suivantes :

Tableau 22 : Situation globale sur les traces de métaux lourds dans la matrice sédiment à travers tous les sites

| Paramètres | SP ⁴⁸ par UE | LEL ⁴⁹ | SEL ⁵⁰ /LEL | SCORE | MIN | MAX |
|--------------|----------------------------|-------------------|------------------------|-------|---------|-----------|
| 1. Nickel | P | 16 | 4,688 | 24 | 0,049 | 7,991 |
| 2. Plomb | P | 31 | 8,065 | 24 | 0,045 | 58,899 |
| 3. Cuivre | NP | 16 | 6,875 | 23 | 0,051 | 2,701 |
| 4. Cadmium | PD | 0,6 | 16,667 | 21 | 0,002 | 7,992 |
| 5. Arsenic | NP | 6 | 5,500 | 17 | 1,685 | 72,113 |
| 6. Aluminium | NP | | | 16 | 925,926 | 61708,861 |
| 7. Chrome | NP | 26 | 4,231 | 24 | 0,021 | 36,392 |
| 8. Mercure | PD | 0,2 | 10,000 | 1 | 12,697 | 12,697 |
| 9. Cyanure | NP | | | 0 | | |

LEL : lowest observed effect level /mg de SEDIMENT sec (dose minimale avec effet observé) (Macdonald, 2003) SEL
 SEL : severe effect level/ mg de SEDIMENT sec (niveau d'effet grave) (Macdonald, 2003)

- Le nickel et le plomb sont sortis dans les 24 échantillons avec des concentrations qui dépassent la LEL et la SEL. Le chrome aussi est trouvé dans la totalité des échantillons à des concentrations bien importantes jusqu'à un maximum qui dépasse largement la LEL et la SEL.
- Ils sont suivis par le cuivre et le cadmium avec des scores respectifs de 23 et de 21 apparitions dans les 24 échantillons. Leur présence est moins problématique avec uniquement la LEL dépassée.
- L'arsenic est 5^e avec un score de 17 et des concentrations réparties entre un minimum dépassant la LEL et un Maximum dépassant la SEL.
- L'aluminium a scoré 16 fois, en absence de valeur LEL ou SEL, son évaluation environnementale n'est pas faite.
- Le mercure est peu présent, uniquement dans un échantillon avec une concentration près de 3 points plus élevée que la SEL.
- Seul le cyanure a fait faux bond avec aucune apparition dans les échantillons.

VII.2.2.2 Traces de métaux lourds dans les sédiments/ Campagnes Saisonnières au Sénégal / Basses Eaux et Hautes Eaux

- Ici, on souligne que tous les échantillons de la campagne Basse Eaux ont des scores de 7 substances métalliques apparaissant dans les résultats d'analyses. Pour la campagne Hautes Eaux, cela se passe uniquement pour l'échantillon de Around. Pour cette campagne Hautes Eaux, les autres scores vont de 4 pour le Barrage de Diama à 6 pour 5 échantillons (Bakel,

⁴⁸ SP : Directive 2013/39/UE sur les substances prioritaires pour la politique dans le domaine de l'eau NP : n'est pas une substance prioritaire, P : identifiée comme substance prioritaire, PD : identifiée comme substance prioritaire dangereuse par l'UE

⁴⁹ LEL : LEL = lowest observed effect level /mg de SEDIMENT sec (dose minimale avec effet observé) (Macdonald, 2003)

⁵⁰ SEL : SEL = severe effect level/ mg de SEDIMENT sec (niveau d'effet grave) (Macdonald, 2003)

Dagana, Richard Toll, Taoueyet Rosso) en passant à 5 pour 5 autres échantillons (Kidira, Matam, Podor, Boundoum et Makhana). Ce qui explique bien la situation plus préoccupante en période de Basses Eaux qu'en période de Hautes eaux.

- A cette remarque, on ajoute le fait que tous les échantillons de la campagne Basses Eaux ont leur résultats qui dépassent la SEL au niveau du plomb. Parmi eux, 10 sur 12 ont leurs résultats qui dépassent la SEL du chrome. 5 sur 12 ont leur résultats qui dépassent la SEL au niveau du nickel et 6 autres ont leur résultats qui dépassent le LEL au niveau de ce même nickel.

Tableau 23 : Campagnes saisonnières au Sénégal / Basses Eaux et Hautes Eaux: Résultats d'analyse des échantillons de sédiment / Métaux lourds

| Echantillons | Th (%) | Score | Aluminium | Arsenic | Chrome | Cuivre | Cyanure | Nickel | Plomb | Cadmium | Mercure |
|----------------|--------|-------|-----------|---------------|---------------|--------------|---------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| LEL | - | - | - | 6 | 26 | 16 | - | 16 | 31 | 0,6 | 0,2 |
| SEL/LEL | - | - | - | 5,500 | 4,231 | 6,875 | - | 4,688 | 8,065 | 16,667 | 10,000 |
| S-KI04 | 1,209 | 7 | 30229,746 | 3,484 | 0,900 | 1,023 | - | 2,224 | 58,899 | 0,010 | - |
| S-AR04 | 1,157 | 7 | 925,926 | 4,294 | 15,224 | 1,149 | - | 4,053 | 8,289 | 0,035 | - |
| S-BA04 | 1,255 | 7 | 33500,627 | 2,997 | 9,796 | 1,067 | - | 1,519 | 9,511 | 0,052 | - |
| S-MA04 | 1,236 | 7 | 988,875 | 1,685 | 10,174 | 0,790 | - | 0,868 | 10,646 | 0,047 | - |
| S-PO04 | 1,751 | 7 | 55341,506 | 4,451 | 0,583 | 0,662 | - | 4,414 | 12,655 | 0,068 | - |
| S-DA04 | 1,484 | 7 | 1632,047 | 5,364 | 19,630 | 2,494 | - | 5,879 | 10,386 | 0,110 | - |
| S-RT04 | 1,406 | 7 | 57665,260 | 6,622 | 24,721 | 2,037 | - | 4,928 | 9,573 | 0,058 | - |
| S-TA04 | 1,582 | 7 | 61708,861 | 5,752 | 36,392 | 2,701 | - | 7,991 | 12,403 | 0,073 | - |
| S-RO04 | 1,406 | 7 | 54149,086 | 6,242 | 22,233 | 2,591 | - | 5,813 | 12,976 | 0,074 | - |
| S-BO04 | 1,316 | 7 | 48947,368 | 4,469 | 23,178 | 1,988 | - | 4,928 | 8,744 | 0,050 | - |
| S-MK04 | 1,767 | 7 | 1590,106 | 2,538 | 28,269 | 2,678 | - | 4,354 | 14,020 | 0,088 | - |
| S-BD04 | 1,364 | 7 | 49931,787 | 6,130 | 21,828 | 2,346 | - | 3,238 | 9,374 | 0,100 | - |
| S-AR11 | 1,435 | 7 | 6456,241 | - | 0,024 | 1,041 | - | 0,271 | 0,097 | 0,143 | 12,697 |
| S-BA11 | 1,307 | 6 | - | 72,113 | 0,026 | 0,051 | - | 0,159 | 0,740 | 0,003 | - |
| S-DA11 | 1,538 | 6 | - | 30,256 | 0,031 | 0,538 | - | 0,705 | 0,357 | 0,008 | - |
| S-RT11 | 1,439 | 6 | - | 15,906 | 0,107 | 0,455 | - | 0,279 | 0,519 | 0,003 | - |
| S-TA11 | 1,431 | 6 | 6080,114 | - | 0,211 | 0,437 | - | 0,064 | 0,421 | 0,002 | - |
| S-RO11 | 1,481 | 6 | - | 16,296 | 0,435 | 0,703 | - | 0,291 | 0,615 | 0,321 | - |
| S-KI11 | 1,289 | 5 | - | - | 0,029 | 0,726 | - | 0,159 | 0,218 | 0,006 | - |
| S-MA11 | 1,325 | 5 | 2741,722 | - | 0,024 | - | - | 0,074 | 0,321 | 0,044 | - |
| S-PO11 | 1,410 | 5 | - | - | 0,051 | 0,433 | - | 0,068 | 0,402 | 7,992 | - |
| S-BO11 | 1,789 | 5 | - | 13,017 | 0,036 | 0,732 | - | 0,352 | 0,272 | - | - |
| S-MK11 | 1,587 | 5 | 6111,111 | - | 0,021 | 0,063 | - | 0,289 | 0,049 | - | - |
| S-BD11 | 1,504 | 4 | - | - | 0,025 | 1,328 | - | 0,049 | 0,045 | - | - |

- A l'inverse, on note 4 sites dont les échantillons de la campagne Hautes Eaux ont des résultats tous en deçà de la LEL et de la SEL, synonyme de sédiment propre. Il s'agit de Kidira, Matam, Makhana et Taouey.
- 2 sites (Barrage de Diama et Podor) ont leurs échantillons de la campagne Hautes Eaux avec des résultats ne dépassant uniquement que la LEL avec 1,328 au niveau du cuivre pour le premier et près de 8 au niveau du cadmium pour le deuxième.
- Pour le reste les échantillons de la campagne Hautes Eaux contiennent pour la plupart de l'arsenic dépassant tantôt la LEL, tantôt le SEL.

En conclusion, les sédiments des sites sont pour la plupart chargés de substances métalliques avec des concentrations qui peuvent affecter la vie aquatique dans ce milieu.

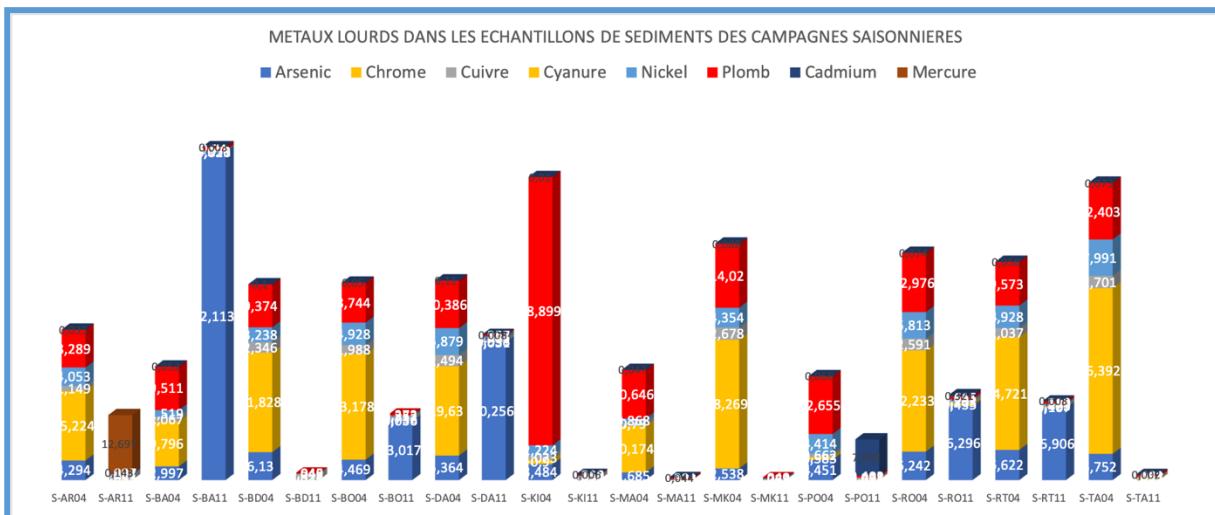


Figure 10 : Métaux lourds retrouvés dans les échantillons de sédiment des deux campagnes saisonnières Basses et Hautes Eaux et importance de la contamination

La Figure 11 conforte bien la thèse du plus cumul des échantillons de la campagne Basses Eaux sur ceux de la campagne Hautes Eaux. Elle met aussi en exergue la présence du plomb et du chrome à des niveaux importants dans la plupart des échantillons.

En conclusion partielle

| Indicateur | Situation sanitaire et environnementale des sites | |
|--|---|----------------------------------|
| | BASSES EAUX | HAUTES EAUX |
| Non-respect de la Norme OMS | - | - |
| Sans risque environnemental | Sur 0 % des échantillons | Sur 33 % des échantillons |
| Effets chroniques sur faune aquatique | Sur 100 % des échantillons | Sur 50 % des échantillons |
| Effets aigus certains sur faune aquatique | Sur 100 % des échantillons | Sur 50 % des échantillons |

VII.2.2.3 Traces de métaux lourds/Matrice Poisson

VII.2.2.3.1 Situation Globale

La recherche des traces de métaux lourds dans la matrice poisson a concerné 24 échantillons. Ces échantillons sont prélevés dans les 12 sites des Campagnes Saisonnières en période de Basses Eaux et en Période de Hautes Eaux.

Dans les 24 échantillons prélevés, neuf (9) métaux lourds sont recherchés dont :

- 2 sont classés comme substance Prioritaire dangereuse par l'UE : Cadmium et Mercure ;
- 2 sont classés comme substance Prioritaire par l'UE : Nickel et Plomb ;
- 3 sont classés comme substance Non Prioritaire par l'UE : Aluminium, Arsenic, Chrome et Cuivre
- 1 non classé : le Cyanure.

Les résultats globaux trouvés rangés dans l'annexe 4.2.3, ont permis d'extraire les informations du tableau 25 :

- A chaque substance, un score qui est le nombre d'échantillons dans lesquels la substance est trouvée, a été estimé.
- Importance de la contamination (IC) qui est le rapport Résultat trouvé/LOQ (Limite de Quantification de la Méthode) qui exprime donc le nombre de fois que le résultat dépasse cette limite. Avec cet indicateur, on peut trouver pour chaque matière active une valeur minimale (MIN) et une valeur Maximale (MAX) informant sur la plage de présence de la substance dans les échantillons incriminés.

- Une autre valeur guide sanitaire est la TMT (Teneur Maximale Tolérée de l'UE) informant sur les teneurs de métaux lourds présents dans le poisson à respecter pour la consommation humaine. Malheureusement cette TMT ne concerne que trois substance prioritaires (plomb (0,3 mg/kg), Cadmium (0,05 mg/kg) et le Mercure (0,5 mg/kg). Dans le tableau 25, les valeurs de la TMT sont rapportés à la LOQ.

Sur cette base, la lecture du tableau 25 permet de tirer les informations globales suivantes :

- Le Nickel est apparu dans les 24 échantillons avec des concentrations variables entre 1,6 et 82 fois la LOQ ;
- Le Cuivre et le Plomb sont ses suivants immédiats avec des scores de 23. Le Plomb, substance prioritaire, voit ses teneurs dans les échantillons varier de près de la TMT à un peu plus de 25 fois la TMT.

Tableau 24 : Situation globale sur les traces de métaux lourds dans la matrice poisson à travers tous les sites

| Paramètre | LOQ (mg/kg) | TMT ⁵¹ /LOQ | SCORE | MIN | MAX |
|--------------|-------------|------------------------|-------|------|--------|
| 1. Nickel | 0,5 | - | 24 | 1,6 | 81,9 |
| 2. Cuivre | 0,008 | - | 23 | 10,0 | 2763,8 |
| 3. Plomb | 0,01 | 30 | 23 | 28,0 | 742,0 |
| 4. Cadmium | 0,0005 | 100 | 16 | 20,0 | 320,0 |
| 5. Chrome | 0,008 | - | 16 | 0,5 | 1063,8 |
| 6. Arsenic | 0,75 | - | 4 | 10,4 | 16,8 |
| 7. Aluminium | 20 | - | 2 | 1,9 | 2,0 |
| 8. Cyanure | 5 | - | 0 | - | - |
| 9. Mercure | 0,005 | 100 | 0 | - | - |

- Viennent ensuite le Cadmium et le Chrome avec 16 échantillons dans lesquels ils sont présents. Le premier une substance prioritaire a un maximum qui fait 3,2 fois la TMT, le deuxième sans TMT disponible affiche un maximum qui dépasse 1064 fois la LOQ de 8 µg/kg.
- L'arsenic et l'aluminium avec des TMT non disponibles affichent des scores respectifs de 4 et 2, mais aussi sans des résultats très élevés.
- Le Cyanure et le Mercure sont sagement absents des 24 échantillons (scores nuls).

VII.2.2.3.2. Traces de métaux lourds dans Poisson/ Campagnes Saisonnières au Sénégal / Basses Eaux et Hautes Eaux

- Hormis les métaux lourds qui sont sans TMT disponible (le Nickel, le Cuivre et le Chrome) qui sont bien présents dans la presque totalité des échantillons, on note le plomb qui est présents dans tous les échantillons sauf dans celui de la Taouey en Campagnes de Hautes Eaux (P-TA11). Et dans tous ces échantillons, ses résultats dépassent la TMT sauf dans l'échantillon de Dagana de la Campagne Hautes Eaux (P-DA11).

⁵¹ TMT : Teneur maximale tolérable : Règlement (UE) 2021/1323 de la Commission du 10 août 2021 modifiant le règlement (CE) no 1881/2006 en ce qui concerne les teneurs maximales en cadmium dans certaines denrées alimentaires (Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE)

Tableau 25 : Campagnes saisonnières au Sénégal / Basses Eaux et Hautes Eaux: Résultats d'analyse des échantillons de poison/ Métaux lourds

| N° | Code Echantillon] | SCORE | Aluminu m | Arsenic | Chrome | Cuivre | Cyanure | Nickel | Plomb | Cadmium | Mercure |
|-----|-------------------|-------|--------------|---------|--------|--------|---------|--------|-------|---------|---------|
| | LOQ (mg/kg) | - | 20 | 0,75 | 0,008 | 0,008 | 5 | 0,5 | 0,01 | 0,0005 | 0,005 |
| | TMT/LOQ | - | - | - | - | - | - | - | 30 | 100 | 100 |
| 122 | P-BO11 | 6 | 1,9 | 11,9 | 2,2 | 1283,8 | - | 6,6 | 219,0 | - | - |
| 102 | P-AR04 | 5 | - | - | 558,8 | 233,8 | - | 10,4 | 384,0 | 260,0 | - |
| 114 | P-AR11 | 5 | - | - | 15,0 | 1773,8 | - | 14,4 | 387,0 | 94,0 | - |
| 115 | P-BA11 | 5 | - | - | 0,9 | 2763,8 | - | 10,2 | 515,0 | 100,0 | - |
| 112 | P-BD04 | 5 | - | - | 965,0 | 130,0 | - | 14,9 | 369,0 | 240,0 | - |
| 124 | P-BD11 | 5 | - | 16,8 | 1,6 | 2283,8 | - | 81,9 | 114,0 | - | - |
| 101 | P-KI04 | 5 | - | - | 1063,8 | 188,8 | - | 15,0 | 370,0 | 160,0 | - |
| 104 | P-MA04 | 5 | - | - | 1063,8 | 85,0 | - | 13,2 | 318,0 | 78,0 | - |
| 111 | P-MK04 | 5 | - | - | 666,3 | 75,0 | - | 14,5 | 379,0 | 200,0 | - |
| 105 | P-PO04 | 5 | - | - | 942,5 | 61,3 | - | 12,9 | 312,0 | 300,0 | - |
| 117 | P-PO11 | 5 | - | - | 361,3 | 1230,0 | - | 9,1 | 44,0 | 20,0 | - |
| 109 | P-RO04 | 5 | - | - | 602,5 | 442,5 | - | 14,0 | 359,0 | 240,0 | - |
| 121 | P-RO11 | 5 | - | 10,4 | 0,5 | 1022,5 | - | 8,1 | 219,0 | - | - |
| 107 | P-RT04 | 5 | - | - | 921,3 | 242,5 | - | 14,1 | 363,0 | 300,0 | - |
| 108 | P-TA04 | 5 | - | - | 760,0 | 76,3 | - | 13,0 | 390,0 | 320,0 | - |
| 103 | P-BA04 | 4 | - | - | - | 10,0 | - | 11,4 | 411,0 | 60,0 | - |
| 110 | P-BO04 | 4 | - | - | - | 21,3 | - | 11,9 | 279,0 | 160,0 | - |
| 106 | P-DA04 | 4 | - | - | - | 272,5 | - | 12,1 | 425,0 | 140,0 | - |
| 118 | P-DA11 | 4 | - | - | 338,8 | 263,8 | - | 1,6 | 28,0 | - | - |
| 113 | P-KI11 | 4 | - | - | - | 1841,3 | - | 9,4 | 375,0 | 280,0 | - |
| 123 | P-MK11 | 4 | - | 15,3 | - | 2438,8 | - | 62,7 | 114,0 | - | - |
| 116 | P-MA11 | 3 | - | - | - | 1871,3 | - | 9,7 | 214,0 | - | - |
| 119 | P-RT11 | 3 | 2,0 | - | - | - | - | 7,1 | 742,0 | - | - |
| 120 | P-TA11 | 2 | - | - | - | 1392,5 | - | 8,7 | - | - | - |

Teneur maximale tolérable : Règlement (UE) 2021/1323 de la Commission du 10 août 2021 modifiant le règlement (CE) no 1881/2006 en ce qui concerne les teneurs maximales en cadmium dans certaines denrées alimentaires (Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE)

- Les échantillons de la Campagne Basses Eaux se sont beaucoup illustrés avec le Cadmium, substance prioritaire dangereuse. Sur les 11 apparitions du Cadmium avec dépassement de la TMT, les 10 ont lieu sur des échantillons de la campagne Basses Eaux. Il s'agit des échantillons P-TA04, P-PO04, P-RT04, P-AR04, P-BD04, P-RO04, P-MK04, P-BO04, P-KI04 et P-DA04. Ce qui renforce la thèse des hautes contaminations des sites lors de la campagne Basses Eaux.
- La représentation graphique des données (figure 12), met bien en relief la présence dans la presque totalité des échantillons du plomb, du cuivre, du cadmium et du chrome avec des concentrations très relevées.

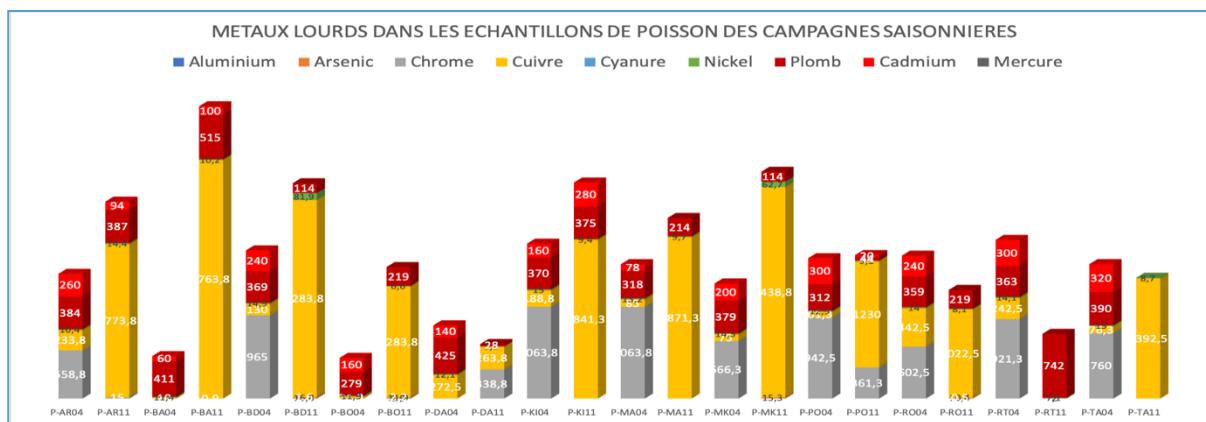


Figure 11 : Métaux lourds retrouvés dans les échantillons de poisson des deux campagnes saisonnières Basses et Hautes Eaux et importance de la contamination

En conclusion partielle

| Indicateur | Situation sanitaire et environnementale des sites | |
|---|---|-------------|
| | BASSES EAUX | HAUTES EAUX |
| Non-respect de la Tolérance | 100% | 92% |
| Sans risque environnemental | - | - |
| Effets chroniques sur faune aquatique | - | - |
| Effets aigus certains sur faune aquatique | - | - |

VII.2.3. Autres paramètres dans l'eau (Phosphore total, Azote total Kjeldahl, Matière organique, Turbidité, Nitrates, Matière en suspension, Orthophosphate, Ammonium, Nitrites, Huiles et des graisses et Hydrocarbures totaux)

VII.2.3.1 Autres paramètres dans l'eau / Matrice EAU

VII. 2.3.1.1 Situation globale

La recherche des paramètres ci-dessus dans la matrice eau brute a concerné 52 échantillons. Ces échantillons sont prélevés dans 14 sites selon le programme détaillé dans le tableau 9 (voir plus haut).

Les résultats trouvés rangés dans l'annexe 4.3, ont permis d'extraire tous les paramètres ayant au moins un résultat supérieur à la norme OMS de potabilité de l'eau (voir annexe 4.1.1) ou à la LOQ. Cette investigation a permis pour chaque paramètre de déterminer deux grandeurs pouvant permettre d'estimer l'importance de la contamination :

- un score : qui est le nombre d'échantillons dans lesquels le paramètre est trouvé
- l'importance de la contamination (IC) qui est le rapport Résultat trouvé/valeur de la norme OMS qui exprime donc le nombre de fois que le résultat dépasse la norme. Avec cet indicateur, on peut trouver pour chaque matière active une valeur minimale (MIN) et une valeur Maximale (MAX) informant sur la plage de présence du pesticide dans les échantillons incriminés.
- Pour certains paramètres, des valeurs guides environnementales sont trouvées dans la littérature. Il s'agit de la concentration d'effet aigu (Severe Effect Level (SEL)) sur la faune aquatique et de la concentration d'effet chronique (lowest observed effect level (LEL)). En fonction de la concentration du paramètre trouée dans l'échantillon, une comparaison avec la valeur guide permet de prévoir les conditions de comportement et d'évolution de la vie aquatique (poisson) dans le milieu. Dans le tableau 27, les valeurs de la SEL et de la LEL sont rapportées à la norme OMS de potabilité de l'eau. Sur cette base, la lecture de tableau permet de tirer les informations globales suivantes :

Tableau 26 : Situation globale sur les autres paramètres dans la matrice eau à travers tous les sites

| PARAMETRES | Unité ⁵² | | SEL ⁵³ /OMS | LEL ⁵⁴ /OMS | SCORE | MIN | MAX |
|--------------------------------------|---------------------|--------------|------------------------|------------------------|-----------|--------------|-----------------|
| | LOQ | OMS | | | | | |
| 1. Matière organique | - | 17,24 | - | - | 52 | 3,480 | 4037,123 |
| 2. Turbidité | - | 1 | 8 | 2 | 52 | 1,930 | 922,600 |
| 3. Nitrates | <0,02 | 50 | - | 0,058 | 50 | 0,009 | 0,363 |
| 4. Matière en suspension | <5 | 30 | 0,83 | 0,17 | 41 | 0,037 | 32,267 |
| 5. Orthophosphate | <0,04 | 0,04 | - | - | 39 | 0,038 | 1,800 |
| 6. Azote total Kjeldahl | <0,03 | 10 | - | - | 39 | 0,467 | 11,208 |
| 7. Phosphore total | <0,02 | 5 | - | 0,01 | 34 | 0,002 | 0,968 |
| 8. Ammonium | <0,1 | 0,2 | - | 0,01 | 25 | 0,350 | 4,630 |
| 9. Nitrites | <0,02 | 3 | 0,02 | 0,01 | 24 | 0,007 | 1,193 |
| 10. Huiles et graisses ⁵⁵ | <2 | 2 | 0,02 | - | 20 | 2,000 | 109,500 |
| 11. Hydrocarbures totaux | <2 | 20 | 0,01 | - | 13 | 0,050 | 3,190 |

⁵² Unité : Ammonium (mgNH4/L), Orthophosphate (mgPO4/L), Phosphore total (mg/L), Azote total Kjeldahl (mg/L), Matière organique (mg/L), Matière en suspension (mg/L), Turbidité (NTU), Nitrates (mgNO2/L), Nitrates (mgN02/L), Huiles et des graisses (mg/L), Hydrocarbures totaux (mg/L)

⁵³ SEL : SEL = severe effect level

⁵⁴ LEL : LEL = lowest observed effect level

⁵⁵ Pour les huiles et graisses et pour les orthophosphates : la norme OMS n'est pas disponible. Les MIN et MAX donnés sont en mg/L

- La matière organique (MO) et la Turbidité TU sont les plus présents dans les échantillons avec des score 100% des échantillons. Les résultats de la MO dépassent partout la norme de potabilité de l'OMS. Cette remarque est aussi valable avec la TU qui, en outre, dépassent dans plusieurs échantillons la valeur guide d'effet aigu (SEL) avec un maximum de 922,6 fois la norme OMS.
- Viennent ensuite les nitrates avec une absence dans seulement deux échantillons. Mais ici, on note fort heureusement la faiblesse des résultats avec sans dépassement de la normes OMS de potabilité et peu de dépassement de la valeur guide d'effet chronique (LEL).
- Les matière en suspens (MS), les Orthophosphates (OP) et l'azote total Kjeldahl (NTK) viennent dans une fourchette avec respectivement 41, 39 et 39 de score. Les OP ne disposant ni de norme OMS ni de valeur, leurs résultats ne peuvent faire l'objet d'une évaluation. On note pour les MS des valeurs dépassant les valeurs guides environnementales et la norme OMS avec un maximum qui va jusqu'à 32 fois cette dernière. Les NTK sont sans LEL ni SEL mais les résultats avec un maximum de 11 fois la norme OMS ne sont pas souvent élevés.
- Le phosphore total (PT), l'ammonium et les nitrites apparaissent respectivement dans 34, 25 et 24 échantillons. Les résultats du PT sont respectueux de la norme OMS mais dépassent dans la plupart des cas de façon modérée, la valeur guide d'effet aigu LEL. Cette remarque peut être étendue à l'ammonium dont les résultats couvrent tous cette valeur guide. Quant aux nitrites, les résultats sont certes faibles avec un maximum de 1,193 fois la norme OMS, mais qui dépassent dans la plupart des cas la valeur guide d'effet aigu SEL.
- Les huiles et graisses avec un score de 20, ne disposant ni de norme OMS ni de valeur, leurs résultats ne peuvent faire l'objet d'une évaluation
- Les hydrocarbures totaux sont les moins présents dans les échantillons avec un score de 13, mais partout où ils sont présents, le résultat n'est pas respectueux de la valeur guide d'effet aigu SEL.

VII.2.3.1.2 Autres paramètres dans l'eau/ Série chronologique du Barrage de Diama Fleuve Sénégal

- Cette série est caractérisée par deux échantillons à score 11 (E-BD09 et E-BD11), deux autres à score 9 (E-BD08 et E-BD10) et deux à scores respectifs de 10 et de 8 (E-BD13 et E-BD12) ; Ces échantillons ont tous des taux élevés de MS, de TU et de nitrites mais aussi d'ammonium, de nitrates et d'hydrocarbures qui rendent les eaux du Barrage à la période des prélèvements non aptes à la potabilité, et à la vie aquatique (SEL et LEL dépassées).

Tableau 27 : Série chronologique du Barrage de Diama fleuve Sénégal/ eau brûlée, autres paramètres de l'eau trouvés et leur teneur

| N° | Code Echantillon | Score | Ammonium | Orthophosphate | Phosphore total | Azote total Kjeldahl | Matière organique | Matière en suspension | Turbidité | Nitrites | Nitrates | Huiles et des graisses | Hydrocarbures totaux |
|-----|------------------------|-------|----------|----------------|-----------------|----------------------|-------------------|-----------------------|-----------|----------|----------|------------------------|----------------------|
| | OMS | 0,2 | 0,04 | - | 5 | 10 | 17,24 | 30 | 1 | 3 | 50 | 2 | 20 |
| | SEL ⁵⁶ /OMS | - | - | - | - | - | - | 0,83 | 8 | 0,02 | - | 0,02 | 0,01 |
| | LEL ⁵⁷ /OMS | 0,01 | - | 0,01 | - | - | - | 0,17 | 2 | 0,01 | 0,058 | - | - |
| 130 | E-BD09 | 11 | 4,63 | 1,494 | 0,032 | 0,467 | 85,847 | 8,267 | 573,500 | 0,153 | 0,266 | 26,25 | 0,575 |
| 145 | E-BD11 | 11 | 0,66 | 0,345 | 0,104 | 0,467 | 41,763 | 2,338 | 253,500 | 0,077 | 0,230 | 20 | 0,125 |
| 149 | E-BD13 | 10 | 0,505 | 0,268 | - | 3,269 | 19,722 | 1,280 | 220,000 | 0,153 | 0,106 | 17,75 | 0,363 |
| 127 | E-BD08 | 9 | 1,01 | 0,345 | 0,012 | - | 24,362 | 1,651 | 106,100 | 0,330 | 0,089 | 2,25 | - |
| 131 | E-BD10 | 9 | 1,75 | 0,383 | 0,098 | 2,335 | 30,162 | 1,187 | 585,300 | 0,100 | 0,239 | - | - |
| 146 | E-BD12 | 8 | 1,09 | 0,268 | - | 0,467 | 20,882 | 2,603 | 247,110 | 0,120 | 0,142 | - | - |
| 119 | E-BD04 | 7 | - | 0,268 | 0,002 | 5,137 | 10,441 | - | 5,500 | - | 0,182 | 4,25 | - |
| 150 | E-BD14 | 7 | - | 0,54 | - | 11,208 | 24,362 | 1,500 | 110,000 | 0,077 | 0,027 | - | - |
| 101 | E-BD01 | 6 | - | 0,421 | 0,968 | - | 8,353 | 0,195 | 16,050 | - | 0,087 | - | - |
| 104 | E-BD02 | 6 | - | 0,192 | 0,014 | 4,203 | 11,601 | - | 8,600 | - | 0,039 | - | - |

⁵⁶ SEL : SEL = severe effect level

⁵⁷ LEL : LEL = lowest observed effect level

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---------------|---|--|--|--------------|-------|---------------|---------------|--------------|--------------|-------|-------|--|
| 105 | E-BD03 | 5 | | | 0,018 | 1,401 | 12,761 | | 3,970 | | 0,044 | | |
| 120 | E-BD05 | 5 | | | 0,038 | | 0,467 | 38,283 | | 4,630 | | 0,025 | |
| 124 | E-BD07 | 5 | | | 0,192 | | 2,35 | 11,601 | 0,037 | 4,030 | | | |
| 123 | E-BD06 | 4 | | | 0,026 | | 4037,123 | | 4,320 | | 0,039 | | |

- Les échantillons à faibles score 5 (E-BD03, E-BD05 et E-BD07) et 4 (E-BD03) se caractérisent par des résultats de turbidité dépassant et la norme de potabilité OMS et la valeur guide d'effet chronique (LEL).
- Les deux échantillons à score 6 (E-BD01 et E-BD02) sont plus affectés par leur turbidité dont les résultats la valeur guide d'effet aigu.
- Les échantillons à score 7 sont :
 - E-BD04 : norme de potabilité et valeur guide d'effet chronique non respectées.
 - et E-BD14 : des taux de MS, de TU et de nitrites avec dépassement de la norme de potabilité OMS et de la valeur guide d'effet aigu.

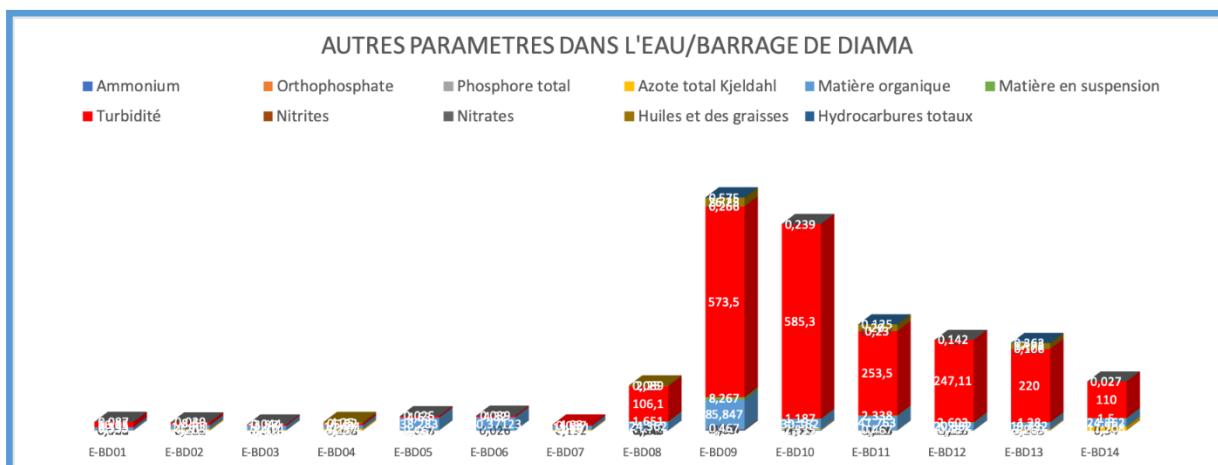


Figure 12 : Autres paramètres dans les échantillons d'eau/ Série chronologique du Barrage de Diama

- La lecture de la figure 7.12 met bien en exergue la prédominance des résultats de la turbidité dans la deuxième moitié des échantillons.

En conclusion partielle

| Indicateur | Situation sanitaire et environnementale des sites |
|--|---|
| Non-respect de la norme OMS | 100% des échantillons |
| Sans risque environnemental | 0% des échantillons |
| Effets chroniques sur faune aquatique | 36% des échantillons |
| Effets aigus certains sur faune aquatique | 64% des échantillons |

VII.2.3.1.3. Autres paramètres dans l'eau/ La série chronologique mensuelle du Réservoir Saint-Louis Comparée à la série précédente, celle du Réservoir de Saint-Louis est moins chargée avec des scores moindres et des taux moins élevés, ainsi :

- les échantillons E-RS12 et E-RS14 détiennent le plus grand score de 8. Ils sont surtout affectés par leur turbidité qui dépasse la norme OMS et la valeur guide d'effet aigu ;
- cette remarque est aussi valable pour l'échantillon E-RS01 avec 7 de score, et pareille avec l'échantillon E-RS10 avec un score de 6.

Tableau 28 : Série mensuelle de la réserve de Saint-Louis/ eau bruite, autres paramètres de l'eau retrouvés et leur teneur

| N° | Echantillon | Score | Ammonium | Orthophosphate | Phosphore total | Azote total Kjeldahl | Matière organique | Matière en suspension | Turbidité | Nitrites | Huiles et des graisses | Hydrocarbures totaux |
|----|-------------|-------|----------|----------------|-----------------|----------------------|-------------------|-----------------------|-----------|----------|------------------------|----------------------|
| | | | | | | | | | | | | |

| | OMS | 0,2 | 0,04 | 5 | 10 | 17,24 | 30 | 1 | 3 | 50 | 2 | 20 | |
|-----|-----------------------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|----------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| | SEL⁵⁸/OMS | - | - | - | - | - | 0,83 | 8 | 0,02 | - | 0,02 | 0,01 | |
| | LEL⁵⁹/OMS | 0,01 | - | 0,01 | - | - | 0,17 | 2 | 0,01 | 0,058 | - | - | |
| 147 | E-RS12 | 8 | 0,7 | 0,115 | - | - | 20,882 | - | 16,640 | 0,023 | 0,035 | 25 | 1,150 |
| 151 | E-RS14 | 8 | - | 0,23 | - | 4,203 | 13,921 | - | 135,800 | 0,077 | 0,009 | 6 | 0,238 |
| 102 | E-RS01 | 7 | - | 0,077 | 0,038 | - | 7,425 | 1,195 | 30,030 | - | 0,080 | 5,23 | - |
| 121 | E-RS05 | 6 | - | - | 0,006 | 0,467 | 19,722 | 0,207 | 3,600 | - | 0,081 | - | - |
| 125 | E-RS07 | 6 | - | - | 0,012 | 0,467 | 31,323 | 1,817 | 5,530 | - | 0,027 | - | - |
| 132 | E-RS10 | 6 | 0,7 | 0,115 | - | - | 31,323 | 0,300 | 13,830 | - | 0,115 | - | - |
| 106 | E-RS03 | 5 | - | - | 0,012 | 2,802 | 15,081 | - | 3,950 | - | 0,053 | - | - |
| 128 | E-RS08 | 5 | - | 1,8 | - | 0,467 | 9,281 | - | 4,740 | - | 0,213 | - | - |

- Les deux autres échantillons à score 6 sont E-RS05 et E-RS07. Pour le premier seule la valeur guide d'effet aigu est respectée. Pour le deuxième, ce n'est pas le cas avec le résultat de la turbidité qui 13,83 fois la norme OMS soit plus de 1,7 fois la SEL.
- Les échantillons E-RS03 et E-RS08 sont à scores plus petits de 5. Pour tous les deux, seule la valeur guide d'effet aigu est respectée, la norme OMS et la LEL sont dépassées pour la turbidité et la MO.

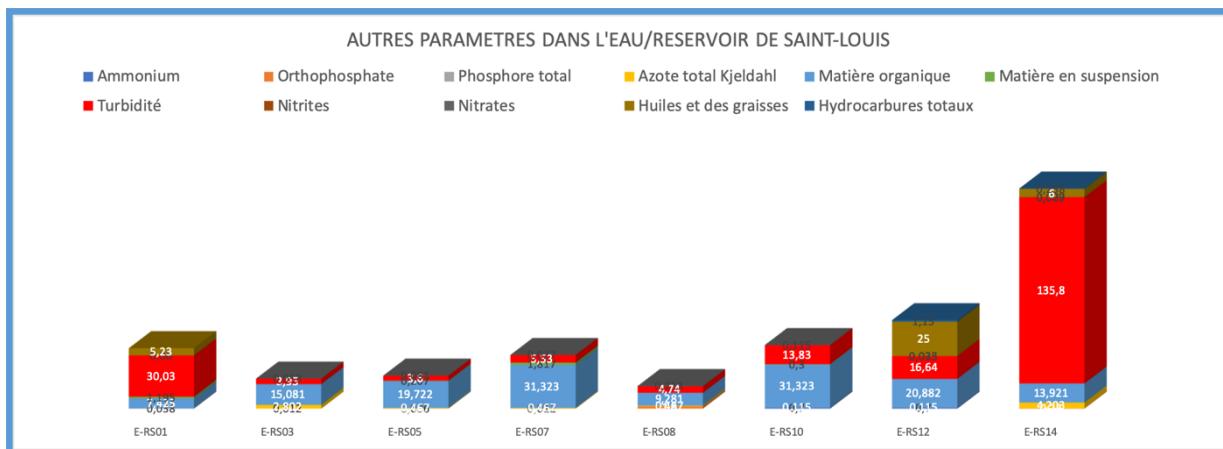


Figure 13 : Autres paramètres dans les échantillons d'eau/ Série mensuelle de la Réserve du Réservoir de Saint-Louis

- La figure 14 montre bien la prédominance de la turbidité et de la MO sur les autres paramètres dans la totalité des échantillons de la série.

En conclusion partielle

| Indicateur | Situation sanitaire et environnementale des sites |
|--|---|
| Non-respect de la norme OMS | 100% des échantillons |
| Sans risque environnemental | 0% des échantillons |
| Effets chroniques sur faune aquatique | 37,5% des échantillons |
| Effets aigus certains sur faune aquatique | 62,5% des échantillons |

VII.2.3.1.4. Autres paramètres dans l'eau/ La série chronologique mensuelle du Réservoir pour Dakar/ Lac de Guiers/KMS

La série mensuelle du Réservoir pour Dakar/ Lac de Guiers/KMS semble bien plus chargée que celle du Réservoir de Saint-Louis.

- Les scores varient de 9 (E-KM08, E-KM10, E-KM14), 8 (E-KM12), 7 (E-KM03, E-KM05) et 6 (E-KM07). Dans tous échantillons, les normes de potabilité OMS et les deux valeurs guides ne sont pas respectées. Et ceci grâce à la présence d'une forte turbidité, charge en MO, en MS mais aussi en nitrates.

Tableau 29 : Série mensuelle du réservoir pour Dakar/lac de Guiers/KMS/ eau bruite, autres paramètres de l'eau retrouvés et leur teneur

⁵⁸ SEL : SEL = severe effect level

⁵⁹ LEL : LEL = lowest observed effect level

| N° | Code Echantillon | Score | Ammonium | Orthophosphate | Phosphore total | Azote total Kjeldahl | Matière organique | Matière en suspension | Turbidité | Nitrites | Nitrate | Huiles et des graisses | Hydrocarbures totaux |
|-----|-----------------------------|-------|----------|----------------|-----------------|----------------------|-------------------|-----------------------|-----------|----------|---------|------------------------|----------------------|
| | OMS | 0,2 | 0,04 | 5 | 10 | 17,24 | 30 | 1 | 3 | 50 | 2 | 20 | |
| | SEL⁶⁰/OMS | - | - | - | - | - | 0,83 | 8 | 0,02 | | 0,02 | 0,01 | |
| | LEL⁶¹/OMS | 0,01 | - | 0,01 | - | - | 0,17 | 2 | 0,01 | 0,058 | - | - | |
| 129 | E-KM08 | 9 | 0,35 | 1,187 | 0,124 | 0,934 | 71,926 | 0,764 | 13,920 | 0,020 | 0,301 | - | - |
| 133 | E-KM10 | 9 | 4,125 | 0,345 | - | 0,934 | 34,803 | 0,281 | 11,050 | - | 0,027 | 46,5 | 0,450 |
| 152 | E-KM14 | 9 | 2,75 | 0,5 | - | 5,604 | 15,081 | 5,000 | 55,130 | 0,273 | - | 23,25 | 0,050 |
| 148 | E-KM12 | 8 | 2,375 | 0,192 | - | - | 22,042 | 0,167 | 8,840 | 1,193 | 0,035 | 30,5 | - |
| 107 | E-KM03 | 7 | - | 0,115 | 0,01 | 2,802 | 6,961 | 0,778 | 23,880 | - | 0,195 | - | - |
| 122 | E-KM05 | 7 | - | 0,153 | 0,028 | 0,467 | 15,081 | 1,119 | 23,240 | - | 0,179 | - | - |
| 103 | E-KM01 | 6 | 1,555 | 0,23 | 0,05 | - | 16,473 | - | 1,930 | - | 0,232 | - | - |
| 126 | E-KM07 | 6 | - | 0,268 | 0,014 | - | 12,761 | 0,711 | 29,820 | - | 0,244 | - | - |

- E-KM01 est un échantillon à score 6. Il est moins affecté avec respect de la valeur guide d'effet aigu.

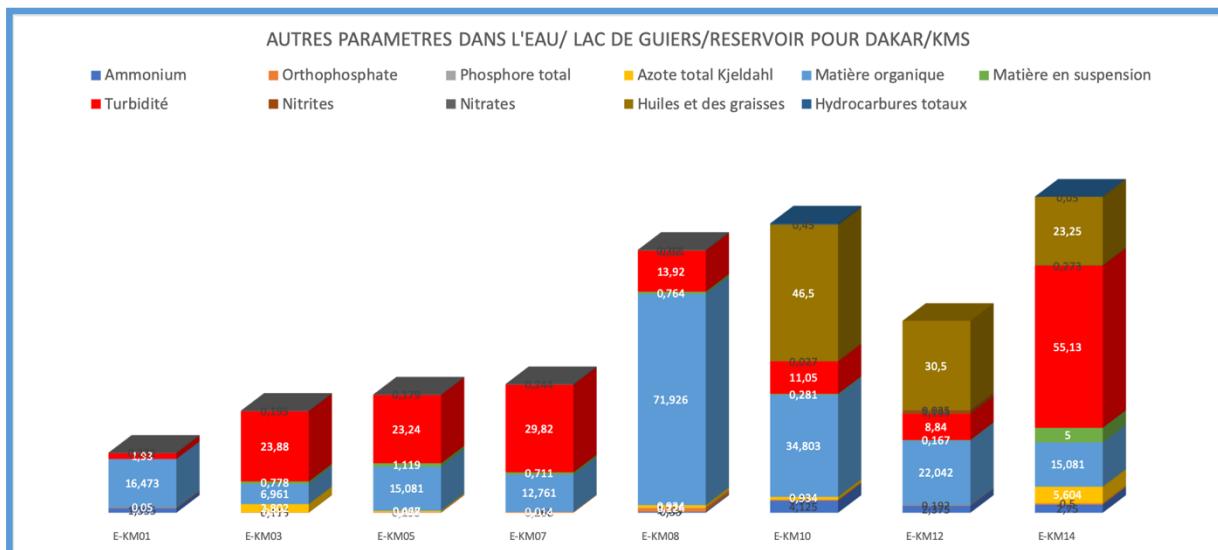


Figure 14 : Autres paramètres dans les échantillons d'eau/ Série mensuelle du réservoir pour Dakar/Lac de Guiers/KMS

- Le commentaire de la figure 15 reste identique à celle de la figure 14 la turbidité et la MO reste visible partout.

⁶⁰ SEL : SEL = severe effect level
⁶¹ LEL : LEL = lowest observed effect level

En conclusion partielle

| Indicateur | Situation sanitaire et environnementale des sites |
|---|---|
| Non-respect de la norme OMS | 100% des échantillons |
| Sans risque environnemental | 0% des échantillons |
| Effets chroniques sur faune aquatique | 12,5 % des échantillons |
| Effets aigus certains sur faune aquatique | 87,5% des échantillons |

VII.2.3.1.5. Autres paramètres dans l'eau/ Campagnes Saisonnières au Sénégal / Basses Eaux et Hautes Eaux

- Dans les échantillons des campagnes saisonnières, dès 13 échantillons les plus chargés en terme de score qui varie entre 11 et 8, les 12 sont de la saisonnière Hautes Eaux. Ces échantillons ont en commun une présence avérée des MS, de la turbidité et des nitrites à des concentrations dépassant la valeur guide d'effet aigu (SEL), la présence de l'ammonium et des nitrates dépassant la valeur guide d'effet chronique (LEL) et de l'NTK et de la MO surplombant la norme de potabilité de l'eau de l'OMS.

Tableau 30 : Campagnes saisonnières au Sénégal / Basses Eaux et Hautes Eaux, autres paramètres de l'eau retrouvés et leur teneur

| N° | C Echantillon | Score | Ammonium | Orthophosphate | Phosphore total | Azote total Kjeldahl | Matière organique | Matière en suspension | Turbidité | Nitrites | Nitrates | Huiles et des graisses | Hydrocarbures totaux |
|-----|------------------------|-------|----------|----------------|-----------------|----------------------|-------------------|-----------------------|-----------|----------|----------|------------------------|----------------------|
| | OMS | 0,2 | 0,04 | 5 | 10 | 17,24 | 30 | 1 | 3 | 50 | 2 | 20 | |
| | SEL ⁶² /OMS | - | - | - | - | - | 0,83 | 8 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | - | - |
| | LEL ⁶³ /OMS | 0,01 | - | 0,01 | | - | 0,17 | 2 | 0,01 | 0,058 | - | - | - |
| 135 | E-AR11 | 11 | 2,92 | 0,498 | 0,02 | 2,335 | 12,761 | 9,967 | 922,600 | 0,077 | 0,363 | 109,5 | 2,975 |
| 138 | E-PO11 | 11 | 1,75 | 0,613 | 0,104 | 2,335 | 19,722 | 3,295 | 310,500 | 0,120 | 0,186 | 13,25 | 0,300 |
| 145 | E-BD11 | 11 | 0,66 | 0,345 | 0,104 | 0,467 | 41,763 | 2,338 | 253,500 | 0,077 | 0,230 | 20 | 0,125 |
| 134 | E-KI11 | 10 | 1,985 | 0,23 | - | 0,467 | 18,561 | 7,033 | 873,800 | 0,087 | 0,266 | 9,75 | 0,225 |
| 137 | E-MA11 | 10 | 1,36 | 0,345 | - | 5,137 | 15,081 | 1,932 | 295,300 | 0,120 | 0,186 | 71 | 3,190 |
| 141 | E-TA11 | 10 | 0,545 | 0,575 | 0,006 | 1,401 | 10,441 | 1,039 | 111,600 | 0,033 | 0,239 | 13,25 | - |
| 108 | E-KI04 | 9 | 2,335 | 0,077 | 0,111 | 3,736 | 49,884 | 32,267 | 678,500 | 0,027 | 0,159 | - | - |
| 139 | E-DA11 | 9 | 0,975 | 0,804 | - | 5,604 | 9,281 | 1,873 | 268,600 | 0,087 | 0,159 | 8,75 | - |
| 142 | E-RO11 | 9 | 0,7 | 0,306 | 0,912 | 4,67 | 13,921 | 3,833 | 264,700 | 0,087 | 0,230 | - | - |
| 143 | E-BO11 | 9 | - | 0,383 | 0,092 | 3,736 | 11,601 | 2,476 | 166,100 | 0,053 | 0,142 | 24 | - |
| 144 | E-MK11 | 9 | 0,545 | 0,23 | - | 2,335 | 42,923 | 0,045 | 7,230 | - | 0,009 | 72 | 2,475 |
| 136 | E-BA11 | 8 | - | 0,421 | - | - | 5,800 | 3,099 | 284,200 | 0,053 | 0,151 | 2 | 0,100 |
| 140 | E-RT11 | 8 | 1,01 | 0,421 | - | 0,467 | 8,121 | 3,400 | 253,800 | 0,010 | 0,221 | - | - |
| 109 | E-AR04 | 7 | - | 0,31 | 0,056 | - | 25,522 | 2,428 | 238,500 | 0,007 | 0,135 | - | - |
| 110 | E-BA04 | 7 | 1,165 | 0,345 | 0,021 | - | 16,241 | 0,833 | 10,500 | - | 0,035 | - | - |
| 114 | E-RT04 | 7 | 0,78 | - | 0,014 | 1,401 | 10,441 | 0,381 | 9,500 | - | 0,057 | - | - |
| 119 | E-BD04 | 7 | - | 0,268 | 0,002 | 5,137 | 10,441 | - | 5,500 | - | 0,182 | 4,25 | - |
| 112 | E-PO04 | 6 | - | - | 0,25 | 0,934 | 3,480 | 1,162 | 3,310 | - | 0,062 | - | - |
| 113 | E-DA04 | 6 | - | - | 0,036 | 1,401 | 10,441 | 0,872 | 12,000 | - | 0,069 | - | - |
| 115 | E-TA04 | 6 | - | - | 0,014 | 0,934 | 4,640 | 0,267 | 14,000 | - | 0,025 | - | - |
| 116 | E-RO04 | 6 | - | - | 0,01 | 0,467 | 4,640 | 0,424 | 9,000 | - | 0,023 | - | - |
| 117 | E-BO04 | 6 | - | - | 0,018 | 0,467 | 3,480 | 0,858 | 19,500 | - | 0,048 | - | - |
| 111 | E-MA04 | 5 | - | - | 0,084 | - | 9,281 | 0,911 | 10,500 | - | 0,060 | - | - |
| 118 | E-MK04 | 5 | - | - | 0,006 | 0,467 | 4,640 | - | 7,500 | - | 0,032 | - | - |

- Les échantillons E-KM11 score 9, E-BD04 score 7 et E-MK04 score 5 sont les seuls où la présence des paramètres est respectueuse de la valeur guide d'effet aigu (SEL).
- Tous les autres échantillons, tous de la campagne Basses Eaux ont des résultats ne respectant ni la norme OMS ni une valeur guide quelconque.

⁶² SEL : SEL = severe effect level

⁶³ LEL : LEL = lowest observed effect level

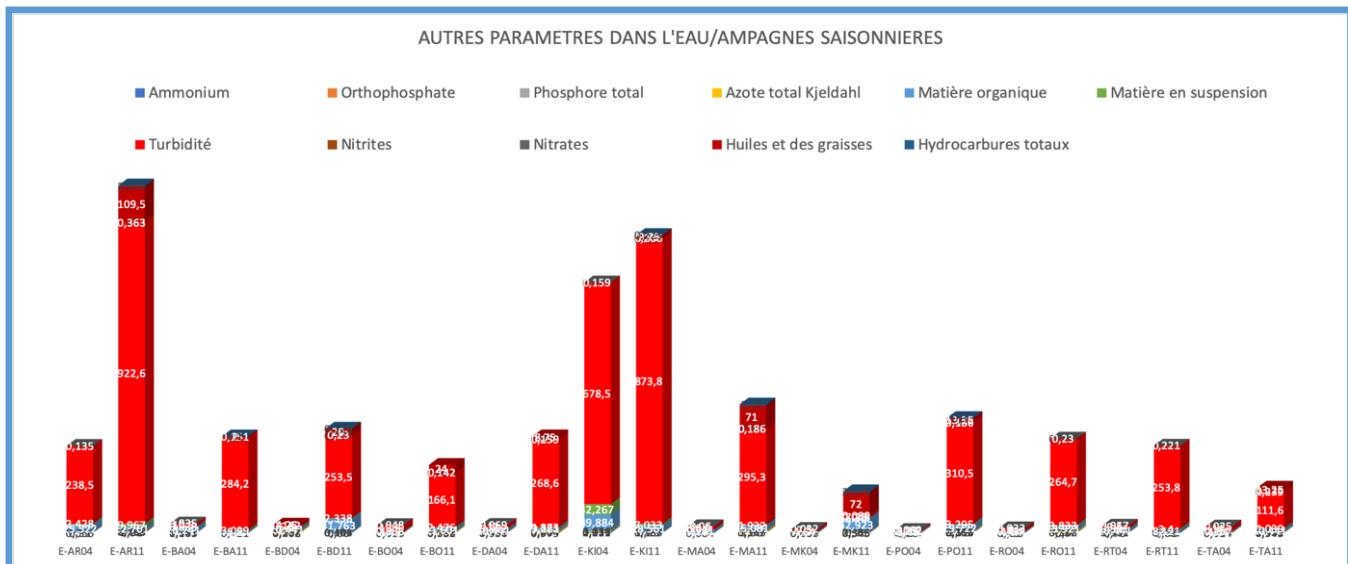


Figure 15 : Autres paramètres dans les échantillons d'eau/ Campagnes Saisonnier Basses Eaux et Hautes eaux

- La figure 16 illustre bien les conclusions sur la série des campagne saisonnières avec prédominance de la turbidité qui a fait le plein dans tous les échantillons

En conclusion partielle

| Indicateur | Situation sanitaire et environnementale des sites | |
|---|---|-------------|
| | BASSES EAUX | HAUTES EAUX |
| Non-respect de la Tolérance | 100% | 92% |
| Sans risque environnemental | 0 | 0 |
| Effets chroniques sur faune aquatique | 17 | 8 |
| Effets aigus certains sur faune aquatique | 83 | 92 |

VII.2.4. Mesures in situ dans l'eau

VII.2.4.1. Mesures in situ / Matrice EAU

VII. 2.4.1.1. Situation globale

Les prises de mesure in situ dans l'eau concerner la totalité sites et ont pu être exécutées lors des prélevements des 52 échantillons. Voir le programme détaillé dans les tableaux 5 et 6.

Les paramètres suivis sont pour leur pertinence sont :

- Le pH : le pH (IBGE 2005) est une mesure de l'acidité de l'eau c'est-à-dire de la concentration en ions d'hydrogène (H⁺). L'échelle des pH s'étend en pratique de 0 (très acide) à 14 (très alcalin) ; la valeur médiane 7 correspond à une solution neutre à 25°C. Le pH d'une eau naturelle peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Des pH faibles (eaux acides) augmentent notamment le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Des pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac, toxique pour les poissons.
- La conductivité électrique de l'eau : La conductivité électrique (EC) (IBGE 2005) est une expression numérique de la capacité d'une solution à conduire le courant électrique. La plupart des sels minéraux en solution sont de bons conducteurs. Par contre, les composés organiques sont de mauvais conducteurs. La conductivité électrique standard s'exprime généralement en millisiemens par mètre (mS/m) à 20 °C. La conductivité d'une eau naturelle est comprise entre 50 et 1500 µS/cm. La connaissance de la conductivité est importante dans la mesure où chaque organisme aquatique a des exigences propres en ce qui concerne ce paramètre. Les espèces aquatiques ne supportent généralement pas des variations importantes de ce paramètre.
- Les solides dissous totaux (TDS) :

- La salinité : La salinité (LIEBE 2011) est définie par la quantité totale de sels dissous dans l'eau. La présence de sel dans l'eau est très importante et détermine certaines de ses propriétés (densité, compressibilité, point de congélation, température du maximum de densité, conductivité, pression osmotique). Le chlorure de sodium (NaCl) est souvent le sel majoritaire parmi ceux qui constituent la salinité mais il n'est jamais le seul. Il n'existe pas dans la littérature de normes ou de consensus sur les unités à utiliser pour exprimer la salinité qui peut être relevée en ‰, en g/L ou encore en PSU (practical salinity unit). La salinité est un critère de classification des eaux superficielles. Les eaux douces constitutives de la majorité des hydrosystèmes continentaux présentent une salinité qui n'excède pas 3 g.L⁻¹, la variation de cette salinité peut affecter de façon aigüe ou chronique la vie aquatique.
- Et l'oxygène dissous (IBGE 2005) : Les concentrations en oxygène dissous constituent, avec les valeurs de pH, l'un des plus importants paramètres de qualité des eaux pour la vie aquatique. L'oxygène dissous dans les eaux de surface provient essentiellement de l'atmosphère et de l'activité photosynthétique des algues et des plantes aquatiques. La concentration en oxygène dissous varie de manière journalière et saisonnière car elle dépend de nombreux facteurs tels que la pression partielle en oxygène de l'atmosphère, la température de l'eau, la salinité, la pénétration de la lumière, l'agitation de l'eau et la disponibilité en nutriments. Cette concentration en oxygène dissous est également fonction de la vitesse d'appauvrissement du milieu en oxygène par l'activité des organismes aquatiques et les processus d'oxydation et de décomposition de la matière organique présente dans l'eau.

Les résultats trouvés rangés dans l'annexe 3. On y verra que pour chaque échantillon plusieurs mesures sont effectuées. On remarquera d'abord que les valeurs obtenues pour chaque échantillon sont similaires. Ce qui nous a permis d'effectuer raisonnablement des moyennes pour leur exploitation. Ainsi pour chaque site et chaque jour d'échantillonnage, une valeur moyenne est calculée. Ces valeurs moyennes sont rangées dans les tableaux 30 à 33 relatifs à chaque série chronologique.

VII.2.4.1.2. Mesures in situ dans l'eau/ Série chronologique du Barrage de Diama Fleuve Sénégal

Les mesures in situ trouvées pour la série chronologique du Barrage de Diama, sont correctes.

- Le pH varie dans une fourchette de 7,0 à 8,9 respectant durant toute la durée de l'étude la norme OMS limitant la tolérance entre 6,5 et 9,5.
- La conductivité mesurée varie entre 15 et 68 µS/cm dans les 14 valeurs prélevées en étant très en deçà de la tolérance de 1050 µS/cm imposée par INRERIS
- La salinité est trouvée en centième de g/kg ou psu très loin derrière la limite de 40 psu imposée par INERIS pour la vie aquatique dans les eaux conchyliques.
- Quant à l'Oxygène dissous, les valeurs mesurées sont variables de 52 à 115%, elles aussi, sont toutes respectueuses de la tolérance.

Tableau 31 : Série chronologique du barrage de Diama fleuve Sénégal/ eau bruit, mesures in situ

| N° | ECHANTILLON | Dates en 2022 | pH | Conductivité | Total solides dissous | Salinité | Oxygène dissous | |
|----|-------------------------|---------------|---------|--------------|-----------------------|----------|-----------------|-------|
| | | | | [µS/cm] | [ppm] | [psu] | [%] | [ppm] |
| | Tolérance ⁶⁴ | | 6,5-9,5 | 1050 | - | 40 | >50 | - |
| 1 | BD01 | 31/01 | 7,7 | 67,9 | 34,0 | 0,03 | 115,3 | 10,4 |
| 2 | BD02 | 19/02 | 7,6 | 57,1 | 28,5 | 0,03 | MND | MND |
| 3 | BD03 | 28/02 | 7,7 | 49,0 | 24,6 | 0,02 | 94,3 | 8,3 |
| 4 | BD04 | 08/03 | 7,2 | 16,7 | MND ⁶⁵ | MND | 107,3 | 10,3 |
| 5 | BD05 | 28/03 | 8,1 | 58,8 | 29,5 | 0,03 | 101,8 | 8,7 |
| 6 | BD06 | 10/04 | 8,1 | 45,8 | 23,0 | 0,02 | 52,3 | 4,3 |
| 7 | BD07 | 25/04 | 7,5 | 46,2 | 23,3 | 0,02 | 82,5 | 6,8 |
| 8 | BD08 | 13/08 | 7,3 | 39,3 | 19,7 | 0,02 | 87,3 | 6,6 |
| 9 | BD09 | 26/08 | 7,2 | 34,4 | 17,3 | 0,01 | 77,7 | 5,8 |
| 10 | BD10 | 10/09 | 7,1 | 39,6 | 19,9 | 0,02 | 94,4 | 7,0 |
| 11 | BD11 | 16/10 | 7,6 | 14,6 | 7,5 | 0,01 | 92,4 | 6,9 |
| 12 | BD12 | 26/11 | 7,0 | 48,3 | 24,3 | 0,02 | 92,0 | 7,4 |
| 13 | BD13 | 12/12 | 8,5 | 41,8 | 22,7 | 0,02 | 88,6 | 7,5 |
| 14 | BD14 | 29/12 | 8,9 | 30,8 | 15,4 | 0,01 | 110,5 | 9,7 |

VII.2.4.1.3. Mesures in situ dans l'eau/ La série chronologique mensuelle du Réservoir Saint-Louis

- Dans cette série, la variation du pH est aussi étroite couvrant la plage de 7,1 à 9,0. Le respect de la norme OMS aux valeurs limites de 6,5 et 9,5 est bien effectif.
- Il en est de même pour les autres paramètres (conductivité électrique, salinité et Oxygène dissous). Leurs résultats sont tous respectueux des normes ou valeurs guides de comparaison.

Tableau 32 : Série mensuelle de la réserve de Saint-Louis/ eau bruite/mesures In situ

| N° | Echantillon | Dates en 2022 | pH | Conductivité | Total solides dissous | Salinité | Oxygène dissous | |
|----|-------------|---------------|---------|--------------|-----------------------|----------|-----------------|-------|
| | | | | [µS/cm] | [ppm] | [psu] | [%] | [ppm] |
| | Tolérance | | 6,5-9,5 | 1050,0 | - | 40,00 | >50 | - |
| 6 | RS10 | 10/09 | 7,1 | 102,7 | 51,2 | 0,05 | 69,2 | 5,1 |
| 4 | RS07 | 25/04 | 7,3 | 52,7 | 26,4 | 0,02 | 89,6 | 7,4 |
| 1 | RS01 | 31/01 | 7,5 | 89,4 | 44,9 | 0,04 | 96,9 | 8,6 |
| 5 | RS08 | 13/08 | 7,5 | 95,2 | 47,5 | 0,04 | 90,4 | 6,7 |
| 7 | RS12 | 26/11 | 7,5 | 108,2 | 54,1 | 0,05 | 101,9 | 8,1 |
| 2 | RS03 | 28/02 | 8,4 | 206,1 | 0,1 | 0,00 | 7,7 | 10,3 |
| 3 | RS05 | 28/03 | 8,6 | 211,8 | 106,0 | 0,10 | 66,7 | 5,5 |
| 8 | RS14 | 29/12 | 9,0 | 85,8 | 42,8 | 0,04 | 118,4 | 10,3 |

VII.2.4.1.4. Mesures in situ dans l'eau/ La série chronologique mensuelle du Réservoir pour Dakar/ Lac de Guiers/KMS

- Dans cette série chronologique mensuelle, on observe le premier non-respect de la tolérance par le pH. C'est au niveau de l'échantillon KM14, mais on est soulagé par l'etroitesse de ce dépassement de la borne supérieure qui n'est que de 1%.
- Les autres paramètres (conductivité électrique, salinité et Oxygène dissous) gardent toujours leur bon comportement restant respectueux des valeurs guides correspondantes.

Tableau 33 : Série mensuelle du réservoir pour Dakar/Lac de Guiers/KMS/ eau bruite/ Mesures in situ

| N° | Echantillon | Dates en | pH | Conductivité | Total solides | Salinité | Oxygène dissous |
|----|-------------|----------|----|--------------|---------------|----------|-----------------|
|----|-------------|----------|----|--------------|---------------|----------|-----------------|

⁶⁴ Tolérance pour la conductivité : Valeurs impératives et guides pour le classement des eaux douces superficielles utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine (INERIS 2014). **Tolérance pour la Salinité** : Qualité requise pour les eaux conchyliques (INERIS 2014).

Tolérance pour l'oxygène dissous : Qualité des eaux douces ayant besoin d'être protégées ou améliorées pour être aptes à la vie des poissons

⁶⁵ MND : Mesure non disponible

| | | 2022 | | | dissous | | | |
|---|-----------|-------|---------|---------|---------|-------|-------|-------|
| | | | | [µS/cm] | [ppm] | [psu] | [%] | [ppm] |
| | Tolérance | | 6,5-9,5 | 1050,0 | - | 40,00 | >50 | |
| 1 | KM01 | 30/01 | 7,9 | 257,0 | 128,4 | 0,12 | 112,6 | 9,9 |
| 2 | KM03 | 27/02 | 7,7 | 64,4 | 32,3 | 0,03 | 85,2 | 7,4 |
| 3 | KM05 | 27/03 | 7,5 | 66,0 | 33,1 | 0,03 | 61,2 | 5,2 |
| 4 | KM07 | 24/04 | 8,9 | 487,3 | 243,6 | 0,23 | 94,1 | 7,6 |
| 5 | KM08 | 12/08 | 8,5 | 160,4 | 80,2 | 0,07 | 95,9 | 7,1 |
| 6 | KM10 | 09/09 | 8,0 | 200,3 | 100,1 | 0,09 | 92,0 | 6,7 |
| 7 | KM12 | 25/11 | 8,00 | 252,08 | 126,00 | 0,12 | 97,78 | 7,65 |
| 8 | KM14 | 28/12 | 9,6 | 301,8 | 150,7 | 0,15 | 75,4 | 6,4 |

VII.2.4.1.5. Mesures in situ dans l'eau/ Campagnes Saisonnieres au Sénégal / Basses Eaux et Hautes Eau

- En campagnes saisonnières Basses Eaux et Hautes Eaux, les valeurs trouvées du pH sont régulières variant de 6,3 à l'échantillon BO04 à 8,0 aux échantillons AR04 et PO04. D'ailleurs le seul non-respect de la tolérance est cette unique valeur 6,3 qui représente une variation de - 3% par rapport à la borne inférieure de cette tolérance. La comparaison des résultats des sites en fonction des campagnes ne donne pas une tendance nette en fonction de la période (saison sèche (Basses Eaux) ou saison humide (Hautes Eaux)), les pH sont légèrement plus élevés en Basses Eaux sur 50% des sites et légèrement moins élevés sur 33% des sites et sont identiques sur 17% des sites.
- Le paramètre conductivité électrique varie dans ces campagnes saisonnières dans une fourchette de 1,2 à 139 µS/cm très respectueuse de la tolérance de 1050 µS/cm.

Tableau 34 : Campagnes saisonnières au Sénégal / Basses Eaux et Hautes Eaux/ Mesures in situ

| N° | Echantillon | pH | Conductivité | Total solides dissous | Salinité | Oxygène dissous | |
|----|-------------|---------|--------------|-----------------------|----------|-----------------|-------|
| | | | [µS/cm] | [ppm] | [psu] | [%] | [ppm] |
| | Tolérance | 6,5-9,5 | 1050,0 | | 40,00 | >50 | |
| 2 | AR04 | 8,0 | 24,0 | MND | MND | 100,8 | 7,8 |
| 14 | AR11 | 7,8 | 48,9 | 24,5 | 0,02 | 96,7 | 6,9 |
| 3 | BA04 | 7,0 | 3,8 | MND | MND | 90,0 | 8,2 |
| 15 | BA11 | 7,7 | 36,4 | 18,2 | 0,02 | 92,0 | 6,7 |
| 12 | BD04 | 7,5 | 54,1 | 27,0 | 0,02 | 98,0 | 7,1 |
| 24 | BD11 | 7,1 | 139,0 | 69,6 | 0,06 | 75,8 | 5,7 |
| 10 | BO04 | 6,3 | 15,0 | MND | MND | 101,7 | 8,7 |
| 22 | BO11 | 6,7 | 34,5 | 17,4 | 0,01 | 40,8 | 3,1 |
| 6 | DA04 | 7,5 | 8,8 | NM | NM | 99,3 | 8,5 |
| 18 | DA11 | 7,6 | 36,0 | 18,1 | 0,01 | 90,1 | 6,9 |
| 1 | KI04 | 7,8 | 66,2 | MND | MND | 88,0 | 7,0 |
| 13 | KI11 | 7,5 | 54,1 | 27,0 | 0,02 | 98,0 | 7,1 |
| 4 | MA04 | 7,5 | 5,7 | MND | MND | 105,3 | 8,7 |
| 16 | MA11 | 7,4 | 36,7 | 18,2 | 0,02 | 90,5 | 6,7 |
| 11 | MK04 | 7,0 | 43,5 | MND | MND | 64,8 | 5,8 |
| 23 | MK11 | 6,8 | 61,7 | 30,8 | 0,03 | 53,5 | 4,0 |
| 5 | PO04 | 8,0 | MND | MND | MND | MND | |
| 17 | PO11 | 7,7 | 30,8 | 15,3 | 0,01 | 92,9 | 7,0 |
| 9 | RO04 | 6,8 | 27,5 | NM | NM | 87,3 | 7,8 |
| 21 | RO11 | 7,5 | 39,9 | 19,8 | 0,02 | 90,8 | 6,8 |
| 7 | RT04 | 6,7 | 12,2 | MND | MND | 114,8 | 10,0 |
| 19 | RT11 | 7,6 | 44,1 | 22,3 | 0,02 | 89,4 | 6,6 |
| 8 | TA04 | 6,8 | 1,2 | MND | MND | 112,5 | 10,8 |
| 20 | TA11 | 7,1 | 139,0 | 69,6 | 0,06 | 75,8 | 5,7 |

- La salinité mesurée, bien que souffrante de plusieurs mesures non disponibles (MND) est très basse par rapport à la valeur guide de 40 psu : situation correcte.
- Pour ce qui est de l'Oxygène Dissous, la seule valeur de 40,8 % à Boundoum en Hautes Eaux (BO11) est non respectueuse de la valeur guide de >50%. Les autres résultats ont varié jusqu'à 115% au site de Rosso pendant les Hautes Eaux (RO11). La comparaison des résultats des deux campagnes site par site ne donne pas de tendance sur l'évolution de ce paramètre.

Le tableau 36 suivant qui est une appréciation chiffrée du niveau contamination des eaux, sédiments et organismes vivants du Bassin du Fleuve Sénégal, regroupe toutes les conclusions partielles des différentes séries hebdomadaires, mensuelles et saisonnières relatives à l'étude.

Tableau 35 : Appréciation globale chiffrée (%)

| Programmes | Critères d'évaluation (par rapport au nombre d'échantillons du programme) | Série Chronologique du Barrage de Diamal Fleuve Sénégal/1 Site | Série Mensuelle du Réservoir Saint Louis/1 Site | Série Mensuelle du Réservoir pour Dakar/ Lac de Guiers/1 Site | Campagnes Saisonnier au Sénégal / 12 Sites | | |
|------------------------------|---|--|---|---|---|------------|-----------|
| Matrice | | EAU | EAU | EAU | EAU | SEDIMENT | POISSON |
| Echantillon | | 12 | 8 | 8 | 24 | 24 | 24 |
| Pesticides | Non-respect de la Norme OMS | 86 | 87,5 | 75 | 79 | - | 0 |
| | Sans risque environnemental | 57 | 25 | 37,5 | 37,5 | 100 | - |
| | Effets chroniques sur faune aquatique | 21 | 12,5 | 25 | 42 | 0 | - |
| | Effets aigus certains sur faune aquatique | 21 | 62,5 | 37,5 | 17 | 0 | - |
| Metaux lourds | Non-respect de la Norme OMS | 100 | 75 | 62,5 | 100 | - | 96 |
| | Sans risque environnemental | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 | - |
| | Effets chroniques sur faune aquatique | - | - | - | - | 8 | - |
| | Effets aigus certains sur faune aquatique | 100 | 100 | 100 | 100 | 75 | - |
| Autres paramètres | Non-respect de la Norme OMS | 100 | 100 | 100 | 100 | - | - |
| | Sans risque environnemental | 0 | 0 | 0 | 0 | - | - |
| | Effets chroniques sur faune aquatique | 36 | 37,5 | 12,5 | 12,5 | - | - |
| | Effets aigus certains sur faune aquatique | 64 | 62,5% | 87,5 | 87,5 | - | - |
| Mesures in situ | Non-respect de la Norme OMS | 0 | 0 | 12,5 | 4,2 | - | - |
| | Sans risque environnemental | 100 | 100 | 100 | 100 | - | - |
| | Effets chroniques sur faune aquatique | 0 | 0 | 0 | 0 | - | - |
| | Effets aigus certains sur faune aquatique | 0 | 0 | 0 | 0 | - | - |

Non-respect de la Norme OMS : Rst > OMS ; Sans risque environnemental : le Rst est < aux concentrations d'effets chroniques et aigus ; Effets chroniques sur faune aquatique ; le Rst > aux concentrations d'effets chroniques ; Effets aigus certains sur faune aquatique : le Rst > aux concentrations d'effets aigus

2.3. Matrice de cadre logique à jour

Cadre logique de l'action

| | Logique d'intervention | Indicateurs objectivement vérifiables | Sources et moyens de | Hypothèses |
|--|---------------------------|---|----------------------------|------------|
|--|---------------------------|---|----------------------------|------------|

| | | | vérification | |
|-------------------------------|---|---|---|--|
| Objectif général | Contribuer à la mise en place, sur le moyen ou long terme, d'un mécanisme régional chargé du suivi de la qualité de l'eau au niveau du bassin | <i>Le mécanisme est en place</i> | <i>Rapports OMVS</i> | |
| Objectif spécifique | Réaliser une étude pilote sur la qualité chimique et microbiologique de l'eau dans le bassin du fleuve Sénégal pour renforcer les connaissances existantes | <i>L'étude est réalisée intégralement</i> | <i>Rapports du projet</i> <i>Rapports OMVS</i> | <i>Intérêt politique confirmé pour cette problématique</i> |
| Produit | Analyse de référence de la qualité de l'eau du bassin du fleuve Sénégal avec une priorisation des polluants pour de futures activités de surveillance spécifiques | <i>60 % d'analyses réalisées par rapport aux prévisions initiales</i> <i>60 % des polluants analysés par rapport aux prévisions initiales</i> <i>100 % des stations de collecte mises en place par rapport aux prévisions initiales</i> | <i>Rapports du projet</i> <i>Rapports OMVS</i> <i>Rapports activité des acteurs de mise en oeuvre</i> | <i>Possibilité d'accéder aux sites d'échantillonnage</i> |
| Activités à développer | <p>Acquisition d'une série temporelle de douze mois d'un spectre de polluants potentiellement pertinents (agrochimie, métaux, agents pathogènes), représentative de l'ensemble du bassin (prélèvements à l'aval du bassin au niveau du delta du fleuve)</p> <p>Deux campagnes spatiales pendant la saison des pluies et la saison sèche à l'échelle du bassin pour identifier les origines de ces polluants</p> | <p>Eau brute : Agents pathogènes, nutriments, les métaux lourds et les pesticides</p> <p>- Eau brute : Agents pathogènes, nutriments, les métaux lourds et les pesticides</p> <p>- Sédiment : Métaux lourds et pesticides</p> <p>- Poissons : Métaux lourds et pesticides</p> | <i>Analyses de laboratoires</i> <i>Analyses de laboratoires</i> | <i>Respects des accords entre les acteurs impliqués.</i> <i>Coordination effective des acteurs chargés des analyses par les autorités impliquées dans le projet</i> |

2.4. Matrice des activités

| | | |
|--|---|------------|
| Collecte d'échantillons d'eau et de sédiments pour des fins d'analyse par les Laboratoires partenaires au Mali et au Sénégal (DNH, LCV, LNE, DGPRE, IPD et CERES-Locustox) en période des hautes eaux dans le bassin du fleuve Sénégal | Moyens Appui financier de la Coopération Italienne et Appui technique de la Direction Nationale de l'Hydraulique (DNH) et des Laboratoires (LCV et LNE) du Mali mais aussi de la DGPRE, de l'IPD et du CERES-Locustox au Sénégal. | Sans objet |
|--|---|------------|

2.5. Plan d'action à jour concernant les futures activités du projet⁶⁶.

| N° | ACTIVITES | RESPONSABILITE | MOIS | | | | | | | | | | | |
|----|--|------------------------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1 | Signature contrats avec OMVS | CCR-AICS | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Signature contrats avec Directions Nationales, Laboratoires et VUA | OMVS | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Appui technique externe (consultant) | AICS | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Formations laboratoires de la part de VUA | CCR | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Échantillonnage et analyses séries temporelles | DGPRE-DNH-LABORATOIRES | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Échantillonnage et analyses campagne saisonnière | DGPRE-DNH-LABORATOIRES | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Suivi technique et analyses CQ de la part de VUA | VUA | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Analyse des résultats et reporting | OMVS-DGPRE-DNH-JRC | | | | | | | | | | | | |

3. Bénéficiaires/entités affiliées, stagiaires et autre coopération

- 3.1. Les relations entre les bénéficiaires/entités affiliées du présent contrat de subvention (c.-à-d. ceux qui ont signé le mandat du coordonnateur ou la déclaration d'entité affiliée) sont bonnes.
- 3.2. Les relations entre notre organisation (OMVS) et les Autorités publiques du Mali et du Sénégal sont très bonnes. Par ailleurs, un site Aftout a été choisi en Mauritanie. Compte tenu des difficultés de coordination que ce site a été déclassé. Tout compte fait, pour les prochains projets sur la qualité de l'eau, le Haut-Commissariat de l'OMVS y travail pour l'implication des sites de la Mauritanie. Elles ont notamment facilité le déroulement des missions de terrain dans ces deux pays membres de l'OMVS.

4. Visibilité

⁶⁶ Ce plan couvrira la période financière comprise entre le rapport intermédiaire et le rapport suivant.

Comment la visibilité de la contribution de l'UE est-elle assurée dans le cadre de l'action ?
Nous n'avons aucune objection à ce que le présent rapport soit publié sur le site web d'EuropeAid.

No² 2 222222m de la personne de contact pour l'action : Amadou Lamine NDIAYE, Directeur de l'Environnement et du Développement Durable (DEDD) du Haut-Commissariat de l'OMVS.

Signature :

Lieu : Dakar, Sénégal

Date prévue pour la remise du rapport : 31 Décembre 2021

Date d'envoi du rapport : ???? Mai 2022

ANNEXES