

ELIMINATION DE LA TURBIDITE ET DE LA POLLUTION BACTERIENNE DANS LES EAUX NATURELLES (CAS DU FLEUVE OUBANGUI), CENTRAFRIQUE

E. FOTO¹, J. MALENGUINZA¹, B. NGUEREKOSI¹, Abdel BOUGRIET⁴, Barbara LALOUCHE⁴,
N. POUMAYE¹, J. MABINGUI¹, M. WARTEL², A. MONTIEL³.

¹ Laboratoire d'Hydroscience Lavoisier-Chaire UNESCO, Université de Bangui, ² Université des Sciences Technologiques de Lille 1, ³ Retraité, Eaux de Paris, ⁴ Université Artois Picardie.

1) fotoeric@hotmail.com

2) Michel.wartel@univ-lille1.fr, joseph.mabingui@yahoo.fr

Abstract

Have a natural source of water quality for human consumption, has now become a strategic concern for the world. In fact, drinking water resources in developing countries are almost non-existent, as overused or polluted by intense human activity. The study that we propose aims: to develop a natural filter reduces turbidity and eliminates pathogens to humans. The process developed inexpensive should minimize the use of chemical reagents, and minimize any human intervention; horizontal sand filtration that uses the natural process of water purification occurring in an aquifer can be regarded as the process water treatment most suitable for developing countries and meets the objectives.

Keywords: Filtration, pathogens, turbidity, chlorine demand

1- INTRODUCTION.

Parmi les traitements utilisés pour obtenir de l'eau potable à partir d'eau naturelle, les filières classiques utilisent la filtration avec ajout de réactifs chimiques suivie d'une filtration sur sable ou sur membrane. De travaux récents ont montré que la filtration lente permettait de diminuer la turbidité et certains polluants chimiques et bactériologiques. Nous nous proposons de développer un pilote de filtration horizontale, peu onéreux permettant sans ajouts de réactifs d'obtenir une eau de qualité acceptable et utilisable en région tropicale(1). La méthode développée présente par rapport aux autres méthodes, l'avantage de tirer une meilleure partie des compétences locales et des matériaux disponibles dans les pays en voie de développement. Le pilote est constitué d'un massif filtrant de sables de granulométries différentes. Le support est maintenu par une géomembrane recouverte d'un géotextile. L'utilisation de digues en terre et de matériaux géosynthétiques permet d'éviter le recours à des bassins métalliques ou en béton.

2 – MATERIELS ET METHODES.

2.1 – Matériels

2.1.1) Le pilote de filtration horizontale.

Le pilote s'inspire de l'installation construite par Eaux de Paris à Villemer (Seine et Marne) mais nous partons d'une eau de fleuve, alors que le procédé « Eaux de Paris » est utilisé pour le traitement d'eaux de source présentant des turbidités élevées en raison d'apports d'eaux de ruissellement pendant les périodes pluvieuses. Le pilote est constitué par une tranchée horizontale (pente très faible) de 14 mètres de longueur et 1 mètre de profondeur. Cette tranchée est tapissée de géotextile et de géomembrane imperméable, et remplie de trois tranches verticales successives de sable de granulométries successives (4-8mm, 0-4 mm et 20-40mm). Les différentes catégories de sable, extraits du fleuve Oubangui, ont été préparées par tamisage. Le dispositif, étanche n'est exposé ni à la lumière, ni à l'air ambiant (Figure 2a à 2c) contrairement au Ghana(4). Quatre piézomètres (P1, P2, P3 et P4) ont été placés dans les différents matériaux pour permettre le suivi des caractéristiques de l'eau au cours du cheminement dans le filtre.



Figure 2a : Tranchée dans laquelle a été construit le pilote ;



Figure 2b : Mise en place des matériaux filtrants sable 4/8 ; 0/4 séparé des granulats 20 par du géotextile



Figure 2c : Vue du pilote terminé (trappe d'alimentation, les 4 piézomètres et la réception) ;

2.1.2) Matériels d'analyses

Les matériels utilisés pour les analyses physicochimiques sont pH-mètre WTW INOLAB, Conductimètre WW330 i/ST2100, ISO Turbidimètre HACH, Etuve, Balance XT220A Precisa, Oxymètre Oxi 330/SET WTW, UVIKON 860 KONTRAN, spectromètre d'absorption atomique Varian SAA 55. Les analyses bactériologiques ont nécessité l'utilisation du matériel ci-après :- Etuves, boîtes de Pétri, rampe de filtration, pipettes stériles, membranes filtrantes, Compteurs de colonies, pinces, bain-marie, autoclave.

2.2 – Méthodes

Après le branchement de l'eau, effectué à la fin de la construction du pilote (26 novembre 2009), les caractéristiques physiques du pilote (débit et temps de transit de l'eau) et d'autre part les propriétés ont été étudiées. Le débit est régulé par un flotteur dans le bassin d'alimentation. Le flux d'eau qui le traverse a été déterminé grâce au relevé du compteur d'eau placé à l'entrée du pilote. Le temps de transit de l'eau dans le pilote, a été étudié en injectant un traceur : la fluorescéine.

Les méthodes d'analyses tirées des normes AFNOR ont permis de suivre, grâce aux piézomètres, l'évolution des paramètres physicochimiques et bactériologiques idoines de l'eau. Après une année d'exploitation nous présentons les résultats ci- dessous.

3 – RESULTATS – DISCUSSION

3.1 – Paramètres physiques du pilote.

3.1.1) Débit de l'eau

Un suivi du fonctionnement du pilote a donc été réalisé depuis son démarrage.

La figure 3 représente le flux d'eau traversé dans le pilote durant 4 mois. Cet enregistrement montre que le débit est constant durant les 3 premiers mois, excepté en mars en raison de pannes de courant, Globalement le débit moyen durant les 4 premiers mois est de 8 m³ / jour soit 330 L/h. En raison de surtension, la pompe a été changé ce qui explique l'augmentation brutale du volume à partir du mois d'avril 2010

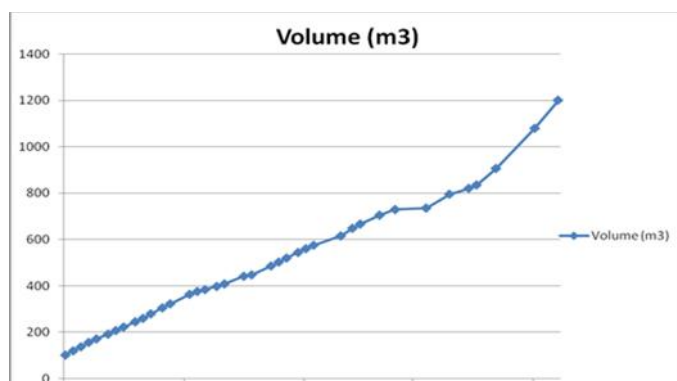


Figure 3 : Volume d'eau relevé au compteur durant 4 mois de mise en eau

3.1.2) Temps de transit du pilote.

Une solution de fluorescéine a été ajoutée dans le bassin d'alimentation situé après le décanteur. La teneur en fluorescéine a été suivie par spectrométrie d'absorption à 496 nm, dans le bassin d'alimentation, les piézomètres et le bassin de récupération à différents temps (Figure 4), en relevant le volume d'eau ;

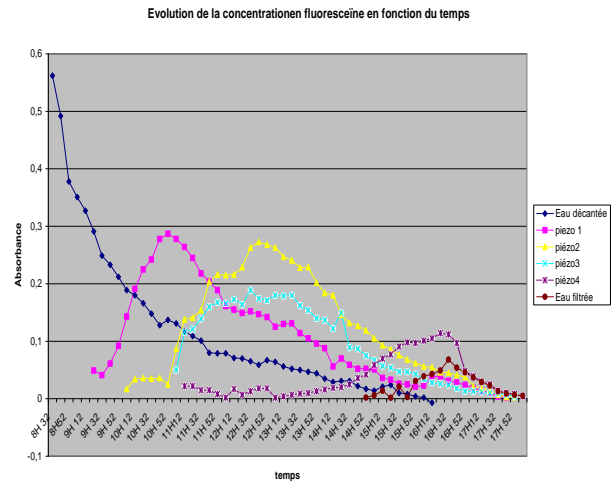


Figure 4 : Suivi des teneurs en fluorescéine dans le pilote. L'abscisse représente le volume d'eau en m³ ayant traversé le pilote depuis le 26 juin 2009 ;

Nous représentons dans la figure 4 l'évolution des teneurs en fluorescéine en fonction du temps dans les différents compartiments (piézomètres et bassin de réception). L'addition de fluorescéine dans le bassin d'alimentation et son apparition dans le récepteur a nécessité un volume d'eaux voisin de 3000 litres, et un temps de 7 h30. Le débit moyen est donc de 400 L/h.

3.2 – Paramètres physicochimiques des eaux du pilote.

⇒ Le suivi de la **turbidité** durant une année montre, malgré quelques aléas (panne d'alimentation) une décroissance régulière de la turbidité. En début d'utilisation (volume < 245,6m³) la turbidité correspond à un lavage du sable dans le système. L'eau produite après ce volume répond aux normes de potabilité quant à la turbidité (turbidité < 2NTU, figure 5), Cette qualité n'est pas influencée par les pics de turbidité observés dans l'eau d'entrée du pilote, pics qui sont généralement associés à des contaminations bactériennes. Parallèlement à la mesure de la turbidité, nous avons mesuré les teneurs en matières en suspension.

⇒ La turbidité et la concentration en **matières en suspension (MES)** sont corrélées. On admet généralement une relation pour les turbidités inférieures à 10 – 20 NFU : MES = 2 NFU. On observe une grande similitude entre les variations des MES et la turbidité. Malgré les différents incidents, les matières en suspension après un mois d'exploitation sont toujours inférieures à 5 mg/L (Figures 6,7)

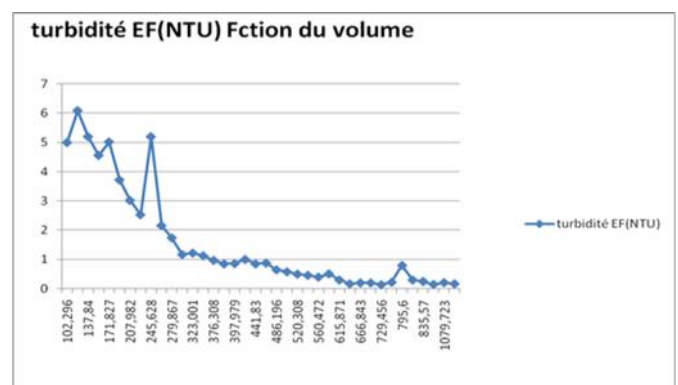


Figure 5 : Evolution de la turbidité (NTU) en fonction du volume d'eau filtrée

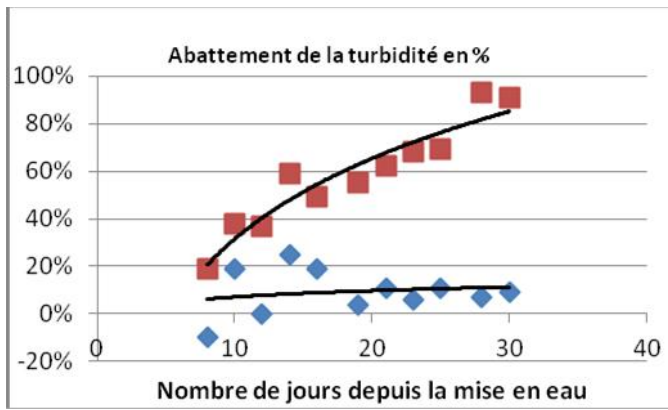


Figure 6 : Abaissement de la turbidité decanteur (bleu) et en sortie du pilote (rouge) les 30 premiers jours d'utilisation ;

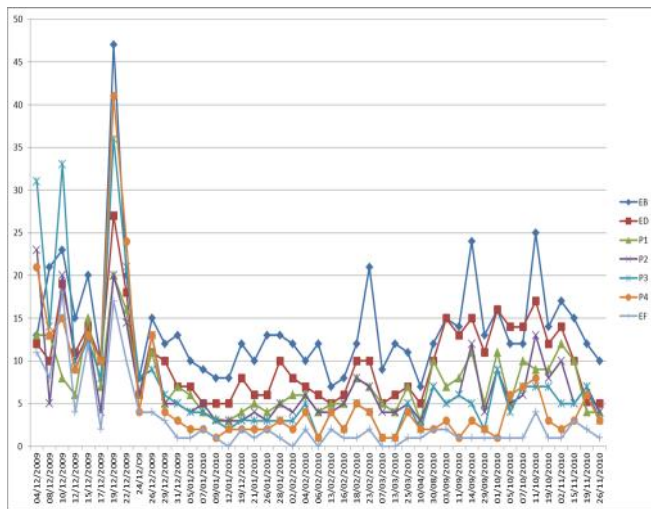


Figure 7: Evolution des MES (mg/L) pour différents compartiments ;

⇒ Certaines eaux en République Centrafricaine, sont contaminées **en fer**, élément non dangereux en faible concentration, mais pouvant après précipitation de colloïdes devenir un vecteur de bactéries et donner à l'eau un goût désagréable. L'analyse du fer dans les différents compartiments du pilote montre une décroissance importante entre l'eau du fleuve, l'eau décantée et l'eau de sortie, en raison d'une oxydation des ions ferreux. On observe enfin une grande diminution de la teneur en fer dans le dernier compartiment (Figure 8).

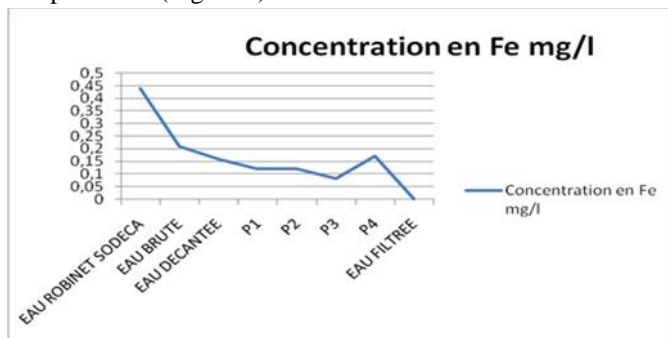


Figure 8 : Evolution du fer dissous dans les différents compartiments du pilote ;

⇒ L'oxygène et le carbone organique dissous (COD ou COT) ont été mesurés dans les différents compartiments (Figure 8). Les teneurs en COD et oxygène sont en opposition. Dans les 2 derniers piézomètres, le fer et les bactéries diminuant il y a moins de consommation de l'oxygène. La teneur en carbone organique dissous est encore trop élevée pour une eau de consommation (COD < 2 mg/L), mais normale pour une eau destinée à la production d'eau de consommation humaine après très légère désinfection avec de l'eau de Javel

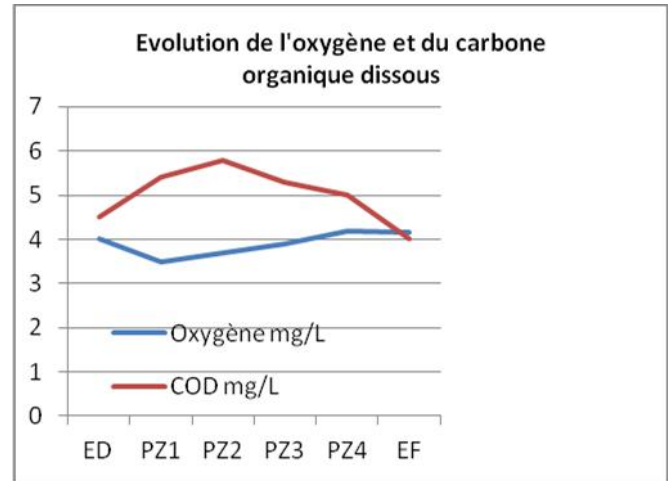


Figure 9 : Evolution de l'oxygène et du carbone organique dissous dans les différents compartiments ;

3.3 – Paramètres bactériologiques des eaux du pilote.

Un autre objectif de la construction de ce pilote, est d'éliminer un maximum de microorganismes pathogènes. L'analyse bactériologique réalisée donne les graphiques ci-après (Figures 10 et 11).

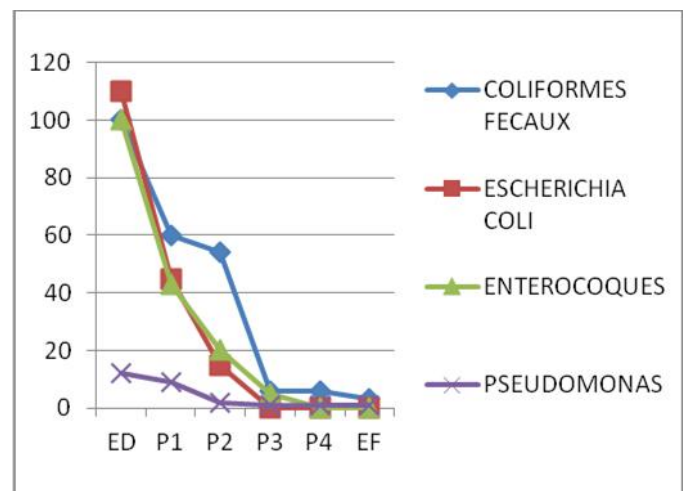


Figure 10 : Evolution des paramètres de pollution bactérienne dans chaque compartiment du filtre à sable ;

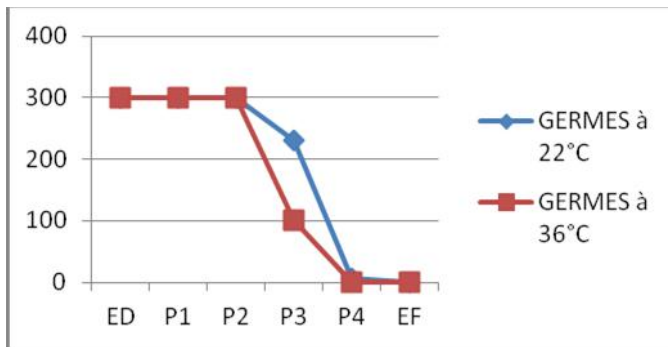


Figure 11 : Evolution des germes revivifiables dans différents compartiments du filtre ;

Les analyses ont donné un abattement considérable sur les coliformes fécaux et la flore microbienne totale dans le massif filtrant(3). Il est à noter que cette clarification de l'eau brute se fait sans aucun ajout de produit chimique et la demande en chlore est de l'ordre de 3mg/l d'eau filtrée ;

4 – CONCLUSION.

Avec un temps de transit de l'eau qui est de 07 h 30 dans le massif filtrant, et un débit d'au moins 400 L/h en moyenne en sortie du filtre, notre pilote élimine les particules en suspension et les microorganismes à un taux élevé et accommode la plupart des eaux à divers usages (utilisation domestique, production d'eau potable, besoins de l'agriculture et de l'industrie).. Les objectifs fixés étaient de réduire notablement la turbidité de l'eau afin de ne pas dépasser 0.3 NTU, d'éliminer la presque totalité des microorganismes pathogènes et réduire la matière organique à sa fraction non biodégradable en mobilisant au maximum le massif. Cette technique est intéressante pour les petites collectivités en raison de son accessibilité, une mise en œuvre simple, une exploitation facile, un dimensionnement aisé et une simplicité dans la maintenance ;

REMERCIEMENTS.

Nos remerciements vont aux Institutions suivantes : l'UNESCO, La Coopération Française (Ambassade de France à Bangui), Région Nord Pas-de-Calais, L'Agence de l'Eau du Nord Pas-de-Calais, M. J.M. Laya de la Société Eaux de Paris, Société PGI à Bailleul, la Société de Distribution d'Eau en Centrafrique(SODECA), et M. Jérôme Brocart Entrepreneur en France qui a managé la construction du pilote.

REFERENCES.

- 1) Cleasby J.L (1983), *Slow sand filtration and in-direct line filtration of a surface water proceeding of the American water works.* , ASIF Recherche - Technologie;
- 2) Gary S. Logsdon, Roger Kohne, Salomon Abel (2002), *Slow sand filtration for small water systems* Shawn La Bonde. Journal Environnent Sc.
- 3) L.C Campos, M.F.J. Su, N.J.D Grahon, S.R. Smith (2002), *Biomass development in slow sand filtration*, Water Research 36
- 4) Tamar Rachelle Losleben B.A, (2004) *Pilot Study of Horizontal Roughing Filtration in Northern Ghana as Pretreatment for Highly Turbid Dugout Water*, Environmental Sc and Eng. Rice University,