

Effets de la Modernisation de Tannerie sur l'Impact de ses Activités sur la Qualité des Eaux : cas de la Tannerie de Maradi au Niger

Saidou H. ^{1*}, Laminou Manzo O. ², Ozer P., Mahaman Ada M. ¹.

¹ Faculté des Sciences et Techniques, Université de Maradi/Niger, B.P. 465 Maradi

² Faculté d'Agronomie et des Sciences de l'Environnement, Université de Maradi/Niger, B.P. 465 Maradi
3. Département des Sciences et Gestion. de l'environnement, Université. de Liege, Belgique

ABSTRACT : *The modernization of the tannery of Maradi had intervened in 2009 with the introduction of the process of tanning in the chromium. We estimated the influence of this change of operating process through an evaluation of the impact characteristics evolution of the solid and liquid discharges of this tannery on water. It stands out that the modernization of the tannery activities had more or less significant effects on these environment elements. We noted a relative improvement of the quality of underground waters illustrated by the regression of the content in chloride and nitrates rates stabilization. While the content in chromium evolved in a significant way as well as the pH. However, all the four above parameters remain below WHO standards. By cons, this modernization has almost not influenced the impact on the quality of surface waters. The values of BOD and COD have continued to rise despite the installation of a treatment system. Thus this surface water, including the pond, proved to be a major public health risk for domestic and agricultural use and is also a source of air pollution.*

KEYWORDS: *Effluents, tannery, impact, modernization, Maradi*

RESUME

La modernisation de la tannerie de Maradi était intervenue en 2009 avec l'introduction du procédé de tannage au chrome. Nous avons évalué l'influence de ce changement de mode opératoire à travers une évaluation de l'évolution des caractéristiques de l'impact des rejets solides et liquides de cette tannerie sur l'eau. Il ressort de celle-ci que la modernisation des activités de la tannerie a eue des effets plus ou moins significatifs sur ces éléments de l'environnement. C'est ainsi que on a noté une relative amélioration de la qualité des eaux souterraines illustrée par la régression de la teneur en chlorure, une stabilisation des taux des nitrates. Cependant, la teneur en chrome a évolué de façon significative de même que le pH. Toutefois, tous les quatre paramètres précités restent en dessous des normes OMS.

Par contre, elle n'a quasiment pas influencé l'impact sur la qualité des eaux de surface. Les valeurs de la DBO et la DCO ont continué de monter malgré l'installation d'un système d'épuration. C'est ainsi que cette eau de surface, notamment la mare, s'est avérée être un risque majeur de santé publique pour une utilisation domestique et agricole et constitue également une source de pollution de l'air.

Mots clés : *Effluents, tannerie, impact, modernisation, Maradi*

I- INTRODUCTION

Le cuir dans son état pur est à l'origine une matière qui nécessite un certain nombre de traitements notamment le tannage, la teinture, le finissage... pour donner le produit artisanal final. La tannerie constitue la première opération dans le traitement du cuir avant de le façonner pour produire divers articles. Le tannage de peaux pour la fabrication du cuir est une importante activité, et ce, depuis l'antiquité. Autrefois, les activités de tannage étaient organisées pour répondre à la demande locale en cuir pour les chaussures, les tambours et les instruments musicaux. Avec l'accroissement de la population, l'augmentation de la demande en cuir et des produits issus de ce dernier a conduit à la création de grandes unités commerciales de tannerie. Les deux procédés de tannage les plus couramment utilisés restent le tannage à chrome et le tannage végétal. Actuellement, à l'échelle mondiale, entre 70 et 80% du cuir est produit par les procédés de tannage au chrome [1]. Cependant, face à la complexité de la transformation de la peau animale en cuir, les industries de tannerie utilisent un grand nombre d'agents chimiques et produisent, conséquemment, d'énormes volumes d'eau résiduaire [2]. Approximativement 35 à 40 litres d'eau sont utilisés pour traiter un kilogramme de peau [3]. Avec la capacité mondiale annuelle de $9 \cdot 10^6$ tonnes de peau traitée, il est estimé que 30 à $40 \cdot 10^7 \text{ m}^3$ d'effluents sont générés. Ces derniers sont essentiellement constitués d'un mélange de matières biogéniques des peaux (poil, liquide, protéines,...) et de produits chimiques.

Ces rejets industriels des sociétés de tannerie ont comme principal inconvénient celui d'engendrer de sérieux problèmes environnementaux notamment sur la qualité de l'eau avec d'importantes conséquences sur la santé de l'homme et l'équilibre écologique du milieu. Le monde industriel est de plus en plus confronté au problème du contrôle des émissions des substances toxiques dans l'environnement, particulièrement sous forme d'effluents liquides [4]. La complexité et la difficulté du problème résultent de la diversité des sources de rejets, de l'importance quantitative de ces rejets et de composition très variée [5]. Les activités de la tannerie artisanale de Maradi n'étaient pas en reste dans la production et le rejet des effluents. En effet, les eaux usées de cette tannerie, sans aucun traitement préalable, étaient rejetées directement dans le quartier Soura Bildi dans la Commune I de la ville de Maradi depuis plusieurs années. Cette pratique s'effectuait en dépit des différentes lois et règlements nationaux portant sur la protection de l'eau et de l'environnement qui régissent strictement le processus d'évacuation et d'élimination des effluents et autres déchets industriels dont la Loi N°98-56 du 29 décembre 1998 portant loi cadre relative à la gestion de l'environnement, l'Ordonnance N°93-014 du 2 mars 1993 portant régime de l'eau au Niger, l'Arrêté N° 141/MSP/LCE/DGSP/DS du 27 septembre 2004 fixant les normes de potabilité de l'eau de boisson, l'Ordonnance n°93-13 du 2 mars 1993 instituant un code d'hygiène publique du Niger entre autres. Ces rejets de la tannerie artisanale, non traités, auraient conduit à une dégradation de la qualité des eaux de la nappe phréatique de la Commune I, voire toute la Communauté Urbaine de Maradi. En 2009, une modernisation de cette tannerie artisanale était intervenue après une étude d'impact environnemental. Cette modernisation a consisté à l'installation des machines permettant une utilisation des procédés modernes dans le traitement de cuirs et peaux. Elle s'accompagne ainsi d'un accroissement exponentiel de la quantité des peaux à traiter nécessitant de ce fait, une utilisation massive des produits chimiques. Ce qui amplifie le risque de pollution environnementale. Dans l'optique d'éviter cette éventuelle pollution, cette tannerie moderne est équipée d'un système d'épuration des eaux usées. Cependant, la plupart des déchets d'effluents traités, donc épurés, continuent à être déversés sur le même site de décharge que la tannerie artisanale. Au regard de cette situation, l'on serait tenté de se poser des questions sur les risques réels et potentiels que pourraient avoir ainsi ces effluents 'épurés' et déversés par cette tannerie moderne sur le milieu récepteur et ses occupants. Pour ce faire et afin de prévenir et d'éviter une éventuelle et irréversible pollution environnementale de cette zone, l'on s'est proposé de mener la présente étude dans le but d'évaluer objectivement les effets de la modernisation sur l'impact des activités de cette tannerie sur l'environnement et par delà les risques que représentent ces effluents 'épurés' pour cet environnement.

Pour réaliser cette étude, l'on a procédé à une évaluation des changements observés dans l'évolution des impacts réels des rejets liquides de la tannerie sur les eaux, depuis sa modernisation, à travers une analyse comparative d'un certain nombre de leurs caractéristiques physico-chimiques par rapport aux résultats contenus dans le rapport d'étude d'impact environnemental de la tannerie et aux normes (seuils de pollution) de ces éléments. L'objectif général de la présente étude est d'évaluer les effets de la modernisation sur les impacts des rejets industriels de la tannerie de Maradi sur la qualité de l'eau de son environnement. Spécifiquement, il s'agit d'évaluer l'évolution des paramètres physico-chimiques de la qualité des eaux de surface et souterraine de la zone d'influence des activités de la tannerie après sa modernisation comparativement à l'état de 2009.

II- MATERIEL ET METHODES

2.1. Présentation de la zone d'étude

Le site de l'étude est localisé dans la commune I de la Communauté Urbaine de Maradi (CUM). La ville de Maradi est située au centre sud du Niger entre les parallèles 13° et 15° 26' de latitude nord et les méridiens 6° 16' et 8° 36' de longitude. Elle couvre une superficie de 41 796 km² pour une population de 3 117 810 habitants en 2011 selon les projections démographiques 2005-2050 et du RENACOM [6], soit une densité de 74 habitants au Km². Elle est limitée par la région de Zinder à l'Est, celles de Tahoua à l'Ouest et Agadez au Nord, et partage une frontière d'environ 150 km avec la République Fédérale du Nigeria au sud. En effet, la SCP est localisée précisément dans la CUM qui couvre une superficie de 86 km² limitée au nord par la commune de Tibiri, à l'ouest par les communes de Safo et Sarkin Yamma, à l'Est et au Sud par la commune de Djiratawa [7].

2.2. Ressources en eau

- Eau de surface : Dans la région de Maradi, les eaux de surface se rencontrent principalement dans le Goulbi de Maradi, Goulbi Kaba et Tarka qui sont des cours d'eaux en régime saisonnier.
- Eaux souterraines : Dans la région de Maradi, les eaux souterraines se répartissent dans trois (3) unités hydrogéologiques, à savoir :
 - le système aquifère du continent Hamadien,
 - les nappes alluviales du Goulbi et de la Tarka qui sont d'extension limitée
 - et les systèmes aquifères discontinus du socle du Sud Maradi.

A l'échelle de la Communauté Urbaine de Maradi, il existe deux formations aquifères qui se distinguent par leur nature et l'âge du réservoir. C'est ainsi qu'on rencontre :

- Le continental Hamadien : formation profonde, dont l'extension spatiale couvre presque la totalité de la région ;
Les alluvions récentes et anciennes : formations superficielles, visibles dans les parties basses et hautes de la ville de Maradi, notamment dans la vallée du Goulbi et dans les carrières en allant vers Zinder (Compagnie Commerciale du Niger, 2009 [7]).

2.3. Présentation de la sahéenne de cuirs et peaux (SCP)

Créée en 2007 à l'issue du conseil d'administration de la compagnie commerciale du Niger (CCNI) de mars 2006, la sahéenne de cuir et peaux (SCP) est une société à responsabilité limitée (SARL). Filiale de la compagnie commerciale du Niger (CCNi), les actions de la SCP/SARL ont ainsi été détenues pour 50% par la CCNi et pour 50% par des associés. C'est une société de traitement des peaux brutes (ovins et caprins) à des fins de commercialisation sous forme de cuirs tannés et retannés grâce à des procédés industriels (« wetblue » et la technologie « crust »). La SCP/SARL est également une société d'exploitation des cuirs tannés, d'une capacité de traitement de 3000 peaux/jour. Elle est localisée dans la communauté urbaine de Maradi (précisément la commune 1, quartier Soura Buldi) elle couvre une superficie de 79494m², dont 2829,36 m² de surface bâtie (bâtiment usine : 1896,76 m², bâtiment ailes magasins : 695,86 m², bâtiment maintenance chaudière : 181,74 m², local du groupe électrogène : 34m² et logement gardien : 21m²).

2.3.1. Description des composantes de la tannerie

La SCP est une société à responsabilité limitée elle a été créée le 19 janvier 2012. C'est une tannerie moderne qui est organisée autour de deux (2) composantes interdépendantes, à savoir : composante « approvisionnement » et la composante « production ».

2.3.2. Composante « Approvisionnement »

L'objectif principal de cette composante est de fournir l'industrie (SCP/SARL) en matières premières (peaux brutes et produits chimiques) de qualité et en quantité suffisante. Ainsi, les principales activités se résument à :

- L'achat et le contrôle strict de la qualité des matières premières (peaux et produit chimiques) ;
- La conservation des peaux brutes avec du sel. Ce mode de conservation appelé salage, consiste à frotter le côté chair des peaux au moyen d'une solution saline. En effet, les peaux brutes se décomposent rapidement, elles seront ainsi conservées et désinfectées avant leur expédition à la tannerie.
- Le transport des matières premières (notamment les peaux brutes) des marchés (local et régional) à l'usine.

Le nombre de peaux brutes à tanner est fonction de la disponibilité du bétail et est surtout lié des abatages pratiqués. Selon l'étude de marché réalisée par la SCP/SARL, on estime l'offre nationale en peaux brutes à 2 513 275 unités, répartie comme suit :

- ✓ 1 480 410 peaux de chèvres soit 58,9% de la production nationale.
- ✓ 802 034 peaux de moutons soit 31,9% de la production nationale.
- ✓ 230 831 peaux de bovins soit 9,2% de la production.

On remarque que les peaux de caprins et d'ovins représentent 90,8 de la production commerciale nationale. En outre, les principaux centres de production des peaux sont au Niger: Tahoua (27,7%), Zinder (24,9%), communauté urbaine de Niamey (13,2%), Maradi (12,5%) et Tillabéry (9,4%).

2.3.3. Composante « Production des cuirs »

La fabrication du cuir est faite suivant un procédé industriel au niveau de l'usine. Pour ce fait, la composante « production » est subdivisée en quatre (4) départements.

* Département brut : Les principales activités à ce niveau sont : Le reverdissage, le ragnage, la mise en raie et l'emplissage.

* Département tannage : Les activités se résument principalement aux : le malaxage réhydratation contrôlé, le pèlain, l'écharnage mécanique, le déchaulage et confit, le picklage, le tannage au chrome, l'établissage, l'essorage mécanique et le Classement.

* Département retannage : Les activités sont : Le classement en wetblue et l'égouttage naturel des peaux retannées.

* Département corroierie et fini : Les activités à ce niveau se résument essentiellement au : le palissonage en continu et le raillage à sec.

2.4. Collecte des données sur la qualité de l'eau

2.4.1. Test sur la qualité des eaux

2.4.1.1. Matériel

Le matériel utilisé dans la collecte des échantillons d'eau est composé ainsi qu'il suit :

- Des flacons en polyéthylène d'un volume de 500 ml chacun pour contenir les échantillons d'eau ;
- De l'eau de javel pour laver les flacons ;
- De l'eau distillée pour nettoyer et rincer les flacons ;
- Une pipette destinée au prélèvement des échantillons de l'eau ;
- Des marqueurs à l'encre indélébile pour étiqueter les échantillons.

2.4.1.2. Echantillonnage

Les sites de prélèvement d'échantillons sont la mare Maguère-maguère, située au Nord-Ouest à 300 m environ de la tannerie dans le lit du Goulbi, et le seul puits existant et fonctionnel d'une profondeur de moins de 5 m, situé à environ 500 m en aval de la tannerie dans le quartier Soura Dan Jimo.

Des flacons neufs sont préalablement lavés à l'eau de javel puis rincés abondamment avec de l'eau distillée au laboratoire. Ces flacons de prélèvement sont en polyéthylène. A l'aide de la puisette, une quantité d'eau est récoltée au niveau du point de prélèvement et reversée dans les flacons prévus à cet effet. Ces flacons, contenant les échantillons d'eau ainsi collectés, sont hermétiquement refermés, étiquetés et amenés au laboratoire où ils sont conservés sous une température de 4°C afin de limiter l'évolution des paramètres à mesurer.

La fréquence des prélèvements était d'une fois par semaine et cela pendant 3 semaines. Ce qui donne un dispositif expérimental de 1 prélèvement x 3 semaines x 2 sites, soit un total de six (6) échantillons d'eaux collectés qui ont été soumis aux différentes analyses.

2.4.2. Paramètres suivis et méthodes d'analyse

Les paramètres physico-chimiques suivis dans ce test de qualité de l'eau sont le pH, le chlorure, le sodium, le nitrate, le chrome, la turbidité, le phosphore, les matières en suspension (MES) et la demande chimique en oxygène (DCO). La mesure de la température a été faite sur place lors des prélèvements à l'aide d'un thermomètre à mercure. Les analyses du pH, du phosphore, des anions (Cl^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , NO_3^-) ont été réalisées au laboratoire de la Faculté des Sciences et Technique de l'Université de Niamey à l'aide d'un spectrophotomètre DR 3900 avec technologie RFID La turbidité (mesure de l'aspect trouble de l'eau) a été mesurée à la direction de l'hydraulique de Maradi à l'aide d'un turbidimètre LP 20000. La DBO5 a été déterminée au laboratoire de LANSPEX (Laboratoire National de Santé Publique et d'Expertise) à l'aide d'un DBOMètre OxiDirect. Quant à la DCO et les matières en suspension (MES), elles ont été analysées au laboratoire de l'Ecole Normale Supérieure de Niamey (ENS) par la méthode photométrique réactif : LCK 314 (HACH LANGE GMBH). La teneur en chrome a été analysée par la méthode de colorimétrie.

Nos résultats seront aussi comparés aux normes OMS (Tableau. 1) Il est important de noter que ces normes OMS indiquent la limite acceptable d'utilisation domestique de cette eau.

Tableau. 1 : Normes OMS, 2004.

Paramètres	Normes OMS
Température (°C)	-
PH	6,5-8,5
Conductivité (µS/cm)	400
Chlorure (mg/l)	250
Sulfate (mg/l)	250
Nitrate (mg/l)	44
Chrome (mg/l)	1
Phosphore (mg/l)	5
DCO (mg/l)	200
DBO	-
Turbidité (FTU)	5
MES (mg/l)	1g/l

III- RESULTATS

3.1. La qualité des eaux

3.1.1. Comparaison des caractéristiques physico-chimiques des eaux du puits et de la mare en 2012

Le tableau N°2 ci-après présente les résultats d'analyse des paramètres physiques des échantillons d'eaux collectés au niveau du puits et de la mare en 2012. Ces paramètres concernés sont : la turbidité, la conductivité et les matières en suspension (MES). Les températures moyennes des échantillons d'eau de puits et de mare à leur collecte étaient respectivement de 27,67°C et de 27°C.

Tableau. 2: Caractéristiques physiques des eaux du puits et de la mare en 2012

	Turbidité (FTU)	Conductivité (µS/cm)	MES (mg/l)
Puits	10	500 ±29,91	686±56,87
Mare	461	158 ±31	746±39,51
Niveau de significativité	Significatif	Significatif	Non significatif
Norme	5	400	1000

Les résultats de l'analyse de variance (ANOVA) révèlent qu'il y a une différence significative ($p=0,0002$) entre les valeurs de conductivité de l'eau et celles du puits. Le test de Newman Keuls a montré la moyenne de conductivité de l'eau du puits est statistiquement au dessus de celle de la mare. L'eau du puits a une valeur moyenne de conductivité l'ordre de 500 µS/cm supérieure à la norme OMS (400 µS/cm).

L'analyse de variance a aussi montré une différence significative dans la turbidité de l'eau de la mare et du puits ($p < 0,0001$). Le test de Newman Keuls a classé la moyenne de la turbidité de la mare (461 FTU) au dessus de celle du niveau du puits (10 FTU). Il est à noter que les valeurs moyennes de la turbidité enregistrées au niveau de la mare et du puits sont supérieures à la norme OMS.

Le taux moyen de matière en suspension dans l'eau du puits (686±56,87 mg/l) n'est pas statistiquement différent de celui de l'eau de la mare (746±39,51 mg/l). Aussi, les moyennes de matières en suspension de l'eau enregistrées au niveau de ces deux sites, statistiquement homogènes (ANOVA), sont inférieures à la norme OMS (1000 mg/l).

Le tableau N°3, ci-dessous, présente les résultats d'analyses des paramètres chimiques des eaux de la mare et du puits collectées en 2012. Les paramètres concernés sont la teneur en nitrate, en phosphore, en sulfate, en chlorure, la demande chimique en oxygène (DCO) et le pH.

Tableau. 3: Comparaison des caractéristiques chimiques des eaux du puits et de la mare en 2012

	Chlorure (mg/l)	Phosphore (mg/l)	Nitrate (mg/l)	Chrome (mg/l)	DCO (mg/l)	Sulfate (mg/l)	pH
Puits	15,67 ±6,02	0,3 ±0,05	10,23	0,02	146,67 ±27,64	Trace	6,43 ±0,05
Mare	31,33 ±10,26	0,073 ±0,005	Trace	Trace	112,67 ±5,68	Trace	6,23 ±0,11
Niveau de significativité	Non significatif	Significatif	-	-	Non significatif	-	Significatif
Norme	250	5	44	1	200	250	7,5

Les résultats des analyses statistiques (ANOVA) révèlent les valeurs du pH et du phosphore de l'eau du puits sont significativement différentes de celles de la mare (respectivement $p= 0,0158$ et $p= 0,0024$). Le test de Newman Keuls a respectivement classé les moyennes de ces deux paramètres au niveau du puits statistiquement au dessus de celles de la mare. Toutefois, ces deux moyennes de pH et du phosphore du puits et de la mare restent inférieures aux normes de l'OMS.

Quant à la teneur en chlorure, l'ANOVA a révélé qu'il n'y a pas de différence significative entre celle de l'eau de la mare et celle du puits. Les deux moyennes restent en deçà des normes OMS. Aussi l'analyse de variance a montré qu'il n'y a pas de différence significative dans les valeurs de la DCO entre l'eau de la mare et celle du puits. Les moyennes calculées respectives de $146,67 \pm 27,64 \text{ mg/l}$ et $112,67 \pm 5,68 \text{ mg/l}$ sont statistiquement homogènes et restent inférieures aux normes OMS (200 mg/l).

Enfin, ce tableau montre aussi que la teneur des ions du sulfate, du nitrate et du chrome présents dans l'eau du puits comme celle de mare est extrêmement faible voire même sous forme de trace. Aussi, toutes les moyennes de ces trois éléments sont bien en deçà des normes de l'OMS.

3.1.2. Evolution des caractéristiques physico chimiques des eaux depuis 2009 à 2012

✓ Eaux du puits

L'étude de l'évolution des caractéristiques physico-chimiques des eaux du puits a été basée sur la comparaison des valeurs du pH, de la turbidité, de la conductivité, des taux du chlorure, du nitrate et du chrome enregistré à la modernisation de tannerie (2009) et celles de 2012. Les températures moyennes des échantillons d'eau de puits en 2009 et 2012 à leur collecte étaient respectivement de $28,2^\circ\text{C}$ et de $27,67^\circ\text{C}$.

Le tableau N°4 présente les résultats de la comparaison des valeurs de ces différents paramètres de la turbidité et la conductivité des eaux du puits de 2009 et de 2012.

Tableau. 4: Comparaison des caractéristiques physiques des eaux du puits de 2009 et 2012

	Turbidité (FTU)	Conductivité ($\mu\text{S/cm}$)
Puits 2009	5	958
Puits 2012	10	$500 \pm 29,81$
Niveau de significativité	Significatif	Significatif
Norme	5	400

Aussi, ce tableau montre que l'analyse de variance a révélé qu'il y a des différences significatives dans la turbidité ($p = 0,0001$) et aussi la conductivité ($p < 0,0001$) de l'eau du puits entre 2009 et 2012.

Le test de Newman Keuls a montré que la moyenne de la turbidité observée en 2012 est statistiquement plus importante que celle enregistrée en 2009. Cette moyenne calculée de la turbidité de 2012, de l'ordre de 10 FTU, est doublement supérieure à la norme OMS (5 FTU) tandis que celle de 2009 égalait déjà cette norme.

Par contre, le test de Newman Keuls a montré que la moyenne de la conductivité de l'eau du puits en 2009 est statistiquement supérieure à celle enregistrée en 2012. Il est à noter aussi que la conductivité moyenne de ces 2 années est largement supérieure à la norme OMS.

Le tableau N°5 résume les résultats statistiques comparatifs d'analyses des paramètres chimiques des eaux du puits collectées en 2009 et en 2012. Les paramètres concernés sont le pH, la teneur en nitrate, en chlorure et en chrome.

Tableau. 5: Comparaison des caractéristiques chimiques des eaux du puits de 2009 à 2012

	Nitrate (mg/l)	Chlorure (mg/l)	Chrome (mg/l)	pH
Puits 2009	9,24	6	0,01	6,7
Puits 2012	$10,23 \pm 2,92$	4,303	$0,02 \pm 0,005$	$6,43 \pm 0,05$
Niveau de significativité	Non significatif	Significatif	Significatif	Significatif
Norme	44	250	1	

Les résultats de l'analyse statistique (ANOVA) des données du pH de l'eau du puits montre qu'il y a une différence significative ($p=0,0022$) entre les moyennes de 2009 et de 2012. Selon le test de Newman Keuls, la moyenne de 2009 est supérieure à celle de 2012. Toutefois ces moyennes de pH de l'eau enregistrée en 2009 et en 2012 restent inférieures à la norme OMS. En ce qui concerne la teneur en chlorure de l'eau du puits, l'ANOVA a montré qu'il y a une différence de signification entre les valeurs de 2009 et celles de 2012 ($p=0,0129$). Ces résultats montrent que le taux moyen du chlorure contenu dans l'eau du puits en 2009 est statistiquement supérieur à celui de l'an 2012 (test de Newman Keuls). De même, l'ANOVA a montré qu'il y a une différence significative ($p=0,0075$) dans la teneur de l'eau du puits en chrome entre 2009 et 2012. Le test de Newman Keuls a classé la moyenne de 2012 statistiquement supérieure à celle de 2009. Par contre, il n'existe pas de différence significative dans les teneurs en nitrate entre les eaux du puits de 2009 et de 2012 (ANOVA). Les teneurs de l'eau du puits en ces trois éléments chimiques (chlorure, chrome et nitrate) restent inférieurs aux normes OMS pour toutes les deux (2) années 2009 et 2012.

✓ **Eau de la mare**

Le tableau N°6 ci-dessous présente les résultats de comparaison des valeurs du pH, de la DCO et de la DBO5 de l'eau de mare de 2009 et celle de 2012.

Tableau. 6: Comparaison des caractéristiques physico-chimiques de l'eau de la mare de 2009 et de 2012

	pH	DCO (mg/l)	DBO (mg/l)
Mare 2009	6,4	60	23
Mare 2012	6,23±0,11	112,67±5,68	110±20
Niveau de significativité	Significatif	Significatif	Significatif
Norme	7,5	200	100

Les résultats de l'analyse de variance contenus dans le tableau N°5 montrent qu'il y a une différence significative entre les moyennes de 2012 et 2009 pour les différents paramètres notamment le pH ($p=0,0249$), la DCO ($p=0,0056$) et la DBO ($p<0,0001$). Les différents tests de Newman Keuls ont classé partout les moyennes de 2012 supérieures à celles de 2009 pour ces trois paramètres de l'eau de la mare. Les deux moyennes de pH (2009 et 2012) restent inférieures aux normes OMS, Aussi, il apparaît clairement ainsi que la DCO de l'eau de la mare a largement augmenté depuis 2009 (112,67 mg/l en 2012 contre 60mg/l 2009) mais demeure toujours en dessous de la norme OMS (200 mg/l). A l'instar de la DCO, l'on a enregistré aussi une large augmentation de la DBO (2012) au niveau de l'eau de la mare depuis 2009 jusqu'à atteindre un niveau qui dépasse la norme OMS.

IV- DISCUSSION

L'analyse des résultats ci-dessus présentés montre que la modernisation de la tannerie a eu des effets sur l'évolution de l'impact des activités de celle-ci sur certains éléments de l'environnement dans la zone où celle-ci est installée. Les eaux du puits et de la mare, situés dans la zone d'influence des rejets liquides et solides issus de la tannerie, ont permis d'évaluer l'évolution de la qualité de l'eau de la zone sous emprise de la tannerie. En effet, différents paramètres physiques et chimiques de ces eaux ont été utilisés comme indicateurs pour cette étude. C'est ainsi qu'il ressort de nos résultats, que trois années après cette modernisation, l'état physique de l'eau du sous-sol de la zone d'étude, symbolisé par le puits, s'est amélioré. En effet, les moyennes de valeurs de la conductivité ont connu un net recul en 2012 tandis celles de turbidité ont connu une hausse significative jusqu'à dépasser les normes OMS en 2012. Cela peut s'expliquer par l'état d'abandon temporaire même du puits qui reçoit désormais toutes sortes de débris influençant du coup les caractéristiques physiques de cette eau qui la rend impropre à toute utilisation domestique. En effet, ce puits est utilisé en saison sèche dans l'abreuvement d'animaux mais aussi dans l'arrosage de jardins. Avec les pluies, la disponibilité ainsi que le nombre des points de l'eau s'est accru et les activités du jardinage temporairement abandonnées au profit des champs. Ce qui explique l'état d'abandon temporaire mais aussi le déchargement de divers débris qui induit un accroissement de la turbidité de cette eau.

La baisse de la conductivité pourrait, quant à elle, s'expliquer par l'apport des eaux de pluie qui, tout en diluant cette eau du puits, réduit la concentration d'ions des éléments chimiques malgré que la moyenne de ses valeurs se maintienne toujours au-dessus des normes OMS. Cependant, les résultats obtenus montrent au contraire une relative amélioration de l'état chimique de cette eau de puits. En attestent la teneur de l'eau en chlorure et le pH qui ont nettement (significativement) reculé entre 2009 et 2012 tandis que celle du nitrate est restée quasi-constante durant la même période. Cette régression de la teneur en chlorure constitue un réel effet positif de la modernisation de la tannerie qui éloigne plus encore le risque de minéralisation de cette eau. En effet, la teneur en chlorures augmente généralement avec le degré de minéralisation d'une eau [8]. L'accroissement conséquent de la teneur en chrome peut s'expliquer par l'utilisation et le rejet massifs du chrome introduit avec la modernisation. En effet, la modernisation a adopté le tannage à base de chrome qui implique la production d'effluents et de déchets solides lourdement chargés du chrome et ce, malgré l'installation d'un système de récupération du chrome des déchets évacués. Cet accroissement du taux de chrome pourrait constituer un risque majeur pour tout l'environnement de la tannerie. En effet, l'action des sels chromiques, en particulier les hexavalents, est toxique sur les végétaux et se manifeste par un dépérissement général de toutes les parties du végétal et par une destruction graduelle de l'appareil chlorophyllien [9]. Conséquemment, la plante aura du mal à absorber la lumière et meurt au fil du temps. Les intoxications chromiques peuvent entraîner des altérations du tube digestif. D'ailleurs ce même auteur rapporte que des risques cancérigènes ont été démontrés sur les embryons et les fœtus [10]. En outre, il est important de noter que les teneurs en eau de ces trois éléments chimiques (chrome, chlorure et nitrate) demeurent largement en dessous des normes OMS et ce, malgré plusieurs années des rejets d'effluents et déchets solides dans la zone par la tannerie artisanale. Ce qui illustre que la modernisation a relativement eu un effet positif relatif par rapport à l'impact sur les qualités chimiques de cette eau souterraine. Aussi, cela révèle que les rejets d'effluents en provenance de l'ancienne tannerie artisanale, qui ont eu cours pendant des années, n'avaient encore pas considérablement altéré les qualités chimiques de cette eau.

Les résultats du test comparatif des caractéristiques physico-chimiques de l'eau de la mare entre 2009 et 2012 montrent que le pH, la DBO5 et la DCO ont significativement évolué. Les valeurs de ces deux derniers éléments ont respectivement augmenté de cinq (5) et deux fois (2) par rapport à ceux enregistrés en 2009. Cependant, seuls les taux de la DBO (de l'ordre de 110) étaient au-dessus des normes OMS. Ceci qui pourrait avoir un impact notable sur la qualité de cette eau et présenter un énorme risque quant à son utilisation et l'environnement ambiant. En effet, la mesure de la DBO permet d'évaluer le degré de pollution ou la qualité d'une eau [10]. Et dans le même ordre d'idées, une étude a démontré qu'une forte teneur en DBO réduit l'aptitude des micro-organismes du sol à décomposer la matière organique de l'effluent, ce qui peut entraîner une génération d'odeurs délétères et la pollution des eaux de surface et des eaux souterraines [11]. L'augmentation de l'acidité de cette eau de la mare pourrait être due aussi à l'apport des déchets industriels et domestiques que reçoit la mare. Ce qui pourrait avoir des conséquences sur l'équilibre de l'écosystème de cette mare.

Aussi, le rythme évolutif de la DCO (de 60mg/l en 2009 à 112,67 mg/l en 2012) laisse penser que, dans quelques années, les valeurs de ce paramètre seront au-dessus des normes OMS. Ce qui représenterait aussi un énorme risque pour les éventuels utilisateurs de cette eau. En effet, une étude du Centre National de la Recherche Scientifique (1989) a démontré que des fortes valeurs de DCO pourraient entraîner un déséquilibre des écosystèmes. Plus encore, des valeurs de DCO élevées provoquent une altération de la qualité de l'eau, qualité qui est alors comparable à celle de l'eau septique, ce qui entraîne des problèmes de santé publique [12]. Il est évident qu'il ressort de cette analyse que l'eau de la mare présente un risque majeur de santé publique dans son utilisation domestique mais constitue aussi une source de pollution de l'air. La modernisation de la tannerie n'a pas eu donc un effet positif par rapport à l'impact sur la qualité de cette eau car les paramètres indicateurs de celle-ci ont poursuivi leur dégradation de 2009 à 2012. Cela pourrait s'expliquer par l'inefficacité du système de traitement des déchets liquides et solides, introduit avec la modernisation de la tannerie, qui utilise les mêmes zones d'évacuation des déchets (qui incluent la mare) que la tannerie artisanale.

L'analyse des résultats du test comparatif des caractéristiques physiques des eaux de la mare et du puits en 2012 montre que, à contenance statistiquement homogène en matières en suspension, la conductivité de l'eau du puits est significativement différente de celle de l'eau de la mare. De plus, le puits présente des valeurs moyennes de turbidité et de conductivité supérieures aux normes OMS. Cette différence de la conductivité pourrait être mise à l'actif à l'état confiné du puits (eau non sujette au renouvellement) mais aussi à un apport extérieur en débris de tous genres. Ce qui a pour conséquence d'accroître en continu la forte concentration en éléments chimiques dans cette eau stagnée. Par contre, en termes de turbidité, celle de la mare est significativement différente de celle du puits. Cela pourrait également s'expliquer par les mouvements en continu de cette eau, exposée à l'air libre, qui provoqueraient son mélange en permanence avec les matières en suspension et contenues l'eau dans la mare. Ces mouvements sont provoqués par les animaux qui s'abreuvent dans cette eau mais aussi par les souffles des vents et les divers déversements de déchets par les riverains.

L'homogénéité des moyennes de la teneur de ces matières en suspension dans l'eau entre le puits et la mare cache des valeurs aussi élevées. Elles restent très légèrement en dessous des normes OMS, ce qui confère à ces différentes eaux un caractère de risque potentiel pour la vie aquatique et qui pourrait favoriser une accumulation des substances toxiques. En effet d'après Moussa (2005) [10] et confirmé par Amellal (2007) [9], des teneurs élevées dans une eau peuvent empêcher la pénétration des rayons solaires, diminuer l'oxygène dissous et limiter alors le développement de la vie aquatique notamment l'asphyxie des poissons par colmatage des branchies. Aussi, des travaux de l'Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement (2005) [12] ont démontré que les matières en suspension peuvent accumuler également des quantités élevées de matières toxiques (métaux, pesticides, huiles minérales, hydrocarbures aromatiques polycycliques...).

Quant à l'étude comparative des paramètres chimiques des eaux du puits et de la mare en 2012, les résultats de comparaison dévoilent une grande homogénéité des différentes valeurs à l'exception de la teneur en phosphore. Les teneurs des paramètres considérés sont quasiment aussi loin en dessous des normes OMS. Ce qui nous amène à affirmer que de manière générale et considérant ces paramètres, la qualité des eaux du puits et de la mare reste la même. Il faut cependant relever que la DCO constitue un élément à surveiller car ses valeurs tendent vers les normes OMS pour les deux eaux.

Il est aussi très important de souligner que la baisse significative des pH observée au niveau des eaux du puits et de la mare constitue aussi un danger non négligeable. En effet, selon l'Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement (2005) [12], des faibles de pH (eaux acides) augmentent le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Ainsi, donc, bien que les moyennes des valeurs de ce paramètre restent en dessous des normes OMS, il est s'avère indispensable de surveiller son évolution.

V- CONCLUSION

La modernisation de tannerie en 2009 a eu des effets plus ou moins significatifs par rapport aux impacts de ses activités sur les différents paramètres de la qualité des eaux de la zone d'influence de la tannerie. C'est ainsi, qu'en 2012, on a observé une relative amélioration de la qualité de l'eau souterraine, symbolisée par celle du puits, dans la considérable régression de la teneur en chlorure mais aussi une stabilisation des taux des nitrates de l'eau souterraine. Les taux de ces deux éléments chimiques demeurent largement en dessous des normes OMS. Cette légère amélioration est contrastée par le croit significatif dans la teneur de chrome mais aussi par la baisse significative du pH en 2012 malgré qu'ils restent toujours en dessous des normes OMS. Par contre, cette modernisation n'a pas eu un effet positif sur l'impact sur la qualité de l'eau de surface, symbolisée par la mare. Cela est illustré par l'évolution significative de la DCO et la DBO avec un dépassement des normes par cette dernière et un rythme évolutif alarmant pour la première. Cette dégradation continue de ces paramètres indicateurs pourrait être attribuée à une défaillance du système d'épuration des eaux usées et de traitement de certains déchets solides. Les résidus sont toujours déversés dans le même site abritant la mare que la tannerie artisanale. Ainsi, l'eau de la mare présenterait un risque majeur de santé publique pour d'éventuels utilisateurs domestiques et agricoles mais constitue aussi une source de pollution de l'air.

Il est important aussi de souligner le risque potentiel pour la vie aquatique et d'accumulation des substances toxiques que peuvent représenter les eaux de la mare et du puits. Elles contiennent d'importances quantités des matières en suspension et une DCO élevée dont les valeurs ne sont que très légèrement en dessous des normes OMS.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Z. Bajza, P. Hitrec, M. Uzic « Influence of different concentration of $Al_2(SO_4)_3$ and anionic polyelectrolytes on tannery wastewater flocculation ». *Desalination* 2004, 171: 13-20.
- [2] AA. Dantas, MCP. Castro, ME. Talencar « Evaluation and optimization of chromium removal from tannery effluent by micro emulsion in the Morris extractor ». *J. Hazardous Mater.* 2004, 114: 115-122.
- [3] T. Ramasami, BGS. Prasad « Environment aspects of leather processing ». 25th Leather Exposition (Dasgupta, S., ed), Indian Leather Technologists Association, India, Proceedings 43-71, 1991.
- [4] U. Forstner, GTW. Wittmann « Metal pollution in the environment ». Springer Verlag, Berlin, 1983.
- [5] M. Crine « le traitement des eaux usées industrielles chargées en métaux lourds : situation actuelle et perspectives de développement ». *Tribune de l'eau*, no. 561/1. Jan/Fev, 1993.
- [6] Institut National de la Statistique « Populations des Communes du Niger 2010-2012, projections démographiques 2005-2050 et du RENACOM » Niger, Sept. 2009.
- [7] Compagnie Commerciale du Niger « Rapport d'étude d'impact sur l'environnement de la tannerie de Maradi ». 138 pages, 2009.
- [8] A. Lounas « Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station Hamadi kroma de Skikda ». Mémoire de Magister Option : pollution chimique et environnementale à la Faculté des sciences, 1955.
- [9] T. Amellal « Impacts des rejets de la tannerie Mégisserie Méga de Batna sur Oued el Gourzi ». Département des Sciences Fondamentales, Mémoire de Magister 122 pages, 2007.
- [10] MDH. Moussa « Caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et impact sur les eaux de surface et les eaux souterraines ». Thèse doctorat Université de Bamako, 2005.
- [11] Centre d'Action Régionale pour la Production Propre « Etude sur les possibilités de prévention de la pollution dans le secteur industriel du tannage dans la région méditerranéenne », 2000.
- [12] Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement « Observation des données de l'environnement », 2005.