



Sud Sciences & Technologies

Semestriel N°17 / juin 2009

Etude de la pollution des eaux par les intrants agricoles : cas de cinq zones d'agriculture intensive du Burkina Faso

Caractéristiques hydrochimiques de l'aquifère des sables du paléocène et de l'éocène dans la région du Gorgol (Mauritanie)

Amélioration de la productivité de l'igname par l'utilisation d'urine humaine comme fertilisant

Modèle Multi-Agents pour la simulation de la dynamique de carbone à l'échelle du terroir villageois

Echangeur de chaleur air/terre pour la climatisation passive de locaux : étude de cas réalisée au Burkina Faso

Valorisation de résidus de biomasse en charbons actifs - Tests d'efficacité sur des bactéries et dérivés de pesticides

www.2ie-edu.org

Etude de la pollution des eaux par les intrants agricoles : cas de cinq zones d'agriculture intensive du Burkina Faso

Study of water pollution by agricultural inputs: case of five intensive agriculture areas in Burkina Faso

Résumé

Pour optimiser les rendements (agricoles), l'agriculture intensive nécessite une utilisation massive d'intrants agricoles dont les engrais chimiques, potentiellement sources de pollution des ressources en eau.

La région du Sud - Ouest du Burkina, dont font partie les zones concernées par la présente étude, connaît une agriculture intensive du coton. Il est fait usage dans les champs de coton, d'engrais à base essentiellement d'azote, de phosphate, de potassium, mais également d'urée, de chlorure de potassium et de nitrate d'ammonium. Un total de 42 échantillons d'eau de surface, de puits et de forages ont fait l'objet d'analyses, afin d'évaluer l'impact de ces engrais sur la qualité des ressources en eau de consommation des populations sur une année. Eu égard à la nature des fertilisants utilisés, les paramètres essentiels suivants ont été ciblés : Nitrates, nitrites, ortho-phosphates, ammonium, potassium, conductivité électrique et dureté totale.

Il ressort de ces investigations que les eaux de puits, pendant la saison hivernale, présentent des teneurs plus importantes en nitrates et potassium avec des valeurs maximales respectives de 178 mg/L (plus de 3 fois la valeur limite admise par l'OMS pour les eaux de consommation) et 55 mg/L pour une norme admise par l'OMS de 10 mg/L en potassium. Les ortho-phosphates, forme soluble du phosphore et les nitrites, présentent des teneurs inférieures aux normes admises. S'agissant des ions ammonium, un seul puits par sa position en aval d'un WC et d'un parc d'animaux, a donné des valeurs supérieures à la norme qui est fixée à 1,5 mg/L, atteignant ainsi 20 mg/L de $N-NH_4^+$.

Les échantillons d'eau de forages sont exempts de toute contamination, alors que 33% des prélèvements d'eau de surface ont donné des teneurs dépassant la valeur limite admise seulement en potassium. Globalement, 61% des échantillons d'eau de puits sont contaminés par les nitrates, 67% par le potassium et 17% donnent des teneurs supérieures à la norme en ammonium. Ce qui permet d'en déduire qu'il y a une infiltration de pollution dans la nappe superficielle qui alimente les puits. La conductivité électrique et la dureté totale sans être excessives présentent les valeurs les plus importantes pour les mêmes sites que sont les puits, avec des valeurs maximales respectives de 1252 $\mu S/cm$ et 202 mg/L de $CaCO_3$.

Mots clés : agriculture intensive, coton, engrais chimiques, nitrates, phosphate, potassium, pollution, ressources en eau.

Koné M.^{1,2,3};
Bonou L.¹;
Bouvet Y.²;
Joly P.²;
Koulidiaty J.³

¹*UFR/SEA, Laboratoire de Chimie-physique et d'Electrochimie(LCPE), Université de Ouagadougou, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso*

²*Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Fluviaux, Université Claude Bernard Lyon1, 43, Boulevard du 11 nov 1918, 69622 Villeurbanne, France.*

³*Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies / CNRST, 03 BP 7047, Ouagadougou 03, Burkina Faso.
E-mail : koneba2003@yahoo.fr*

Abstract

To optimize crops yields, intensive agriculture requires massive use of agricultural inputs including fertilizers, sources of potential pollution of water resources.

The south west of Burkina Faso, which includes areas covered by this study is intensively cultivated with cotton. The main fertilizers used in cotton fields are nitrogen, phosphate, potassium, but also urea, potassium chloride and ammonium nitrate. A total of 45 samples of surface water from wells and boreholes have been analyzed during a year to assess the impact of fertilizers on drinking water quality. Given the nature of the fertilizer used, the following basic parameters were targeted: nitrates, nitrites, orthophosphates, ammonium, potassium, electrical conductivity and total hardness.

It appears from these investigations that water from wells during rainy season, shows the highest levels of potassium and nitrate with respective maximum values of 178 mg / L (over 3 times the limit authorized by the WHO for drinking water) and 55 mg / L for the potassium, which standard accepted by WHO is 10 mg / L. Orthophosphates (soluble form of phosphorus), and nitrite levels are below the accepted standards. As for ammonium ions, a single well by its position downstream of a toilet and a petting zoo, gave values exceeding the standard set at 1.5 mg / L, reaching 20 mg / L N-NH₄⁺.

Water samples from wells are free from contamination, while 33% of surface water has exceeding levels only in potassium of the standard authorized. Overall 61% of water samples from wells are contaminated by nitrates, 67% by potassium and 17% have levels higher than the authorized standard in ammonium.

This allows us to infer that there's an infiltration of polluted surface water in wells. The electrical conductivity and total hardness without being excessive, have the most important values for the same sites that are the wells, with maximum respective values of 1252 μ S / cm and 202 mg / L, CaCO₃.

Keywords: *Intensive agriculture, cotton, chemical fertilizers, nitrogen, phosphate, potassium, pollution, water resources.*

1. Introduction

Premier producteur africain de coton en 2005, avec une production estimée à 700.000 tonnes de coton-graine, le Burkina Faso est un pays à dominance agricole, puisque 80% de sa population pratique l'agriculture et 60% des recettes publiques proviennent de l'exportation du coton (3). Dans le souci d'augmenter les rendements agricoles pour une autosuffisance alimentaire et pour générer des devises dans le pays, l'utilisation d'engrais chimiques et de pesticides s'avère incontournable dans l'agriculture avec comme corollaire leur transfert dans les ressources hydriques. Une partie de l'Ouest du Burkina dont fait partie la région de Boromo, objet de cette étude, est une ancienne zone d'agriculture de coton en activité.

Dans les champs de coton, jusqu'en 1979, des

engrais à base de phosphate, de sulfate et d'ammonium ont été utilisés. A partir de cette date, un engrais principal à base d'azote, de phosphate, de potassium, de bore et de soufre appelé engrais NPK (de formule: NP₂O₅K₂OSB₂O₅), est répandu dans les champs de coton 15 jours après les semis à raison de 150 kg par hectare et ce, en association avec l'urée qui intervient 40 à 45 jours après les semis (50 kg par hectare). L'utilisation massive d'engrais depuis des décennies dans ce milieu présente des risques potentiels pour l'environnement et pour la santé des hommes. A titre d'exemple, une étude réalisée sur les eaux de surface et celles de la nappe phréatique de la ville de Ouagadougou où il est pratiqué de façon permanente le maraîchage avec usage important d'intrants agricoles, révèle au niveau de certains

puits, des teneurs en nitrates deux fois supérieures aux normes admises par l'OMS qui est de 50mg/L, pour les eaux de boisson.(2) Les nitrates présentent des effets nocifs pour la santé humaine par la formation de méthémoglobines et de nitrosamines. Ils contribuent avec les phosphates à modifier l'équilibre biologique des milieux aquatiques, en provoquant des phénomènes d'eutrophisation. Le travail a consisté à faire une analyse des eaux de surface et celles des nappes phréatiques dans la zone d'agriculture de coton de Boromo, afin d'établir l'état de pollution en rapport avec l'utilisation des engrais chimiques. Des prélèvements périodiques d'eau de surface, de forage et de puits ont été effectués dans cinq localités (Boromo, Vy, Siby, Ouahabou et Poura Carréfour) à des fins d'analyses et les paramètres physico-chimiques majeurs ont été mesurés. Il s'agit entre autres de la teneur en nitrates, ammonium, ortho-phosphates, sulfates et potassium. Le présent projet se justifie par le fait qu'il y a une quasi absence de résultats d'investigations sur

ce thème au Burkina Faso, en général et dans les zones concernées par ces travaux en particulier.

2. Matériel et méthode

2.1 Description du site

La zone d'étude appartient au bassin versant national du Mouhoun (Figure 1). Le socle cristallin est constitué principalement de migmatite et de granite. Le climat de type soudano sahélien, reçoit entre 700 et 900 mm de pluie en moyenne, de mi-juin à septembre avec des pluies intenses en juillet et août et une saison sèche le reste de l'année. Le climat est aussi caractérisé par une importante évapotranspiration (4). Cinq localités (Boromo, Vy, Siby, Ouahabou et Poura carrefour) ont été ciblées, avec trois points de prélèvement dans chaque localité, correspondant aux trois types d'eau que sont les eaux de surface, les eaux de puits et les eaux de forages.

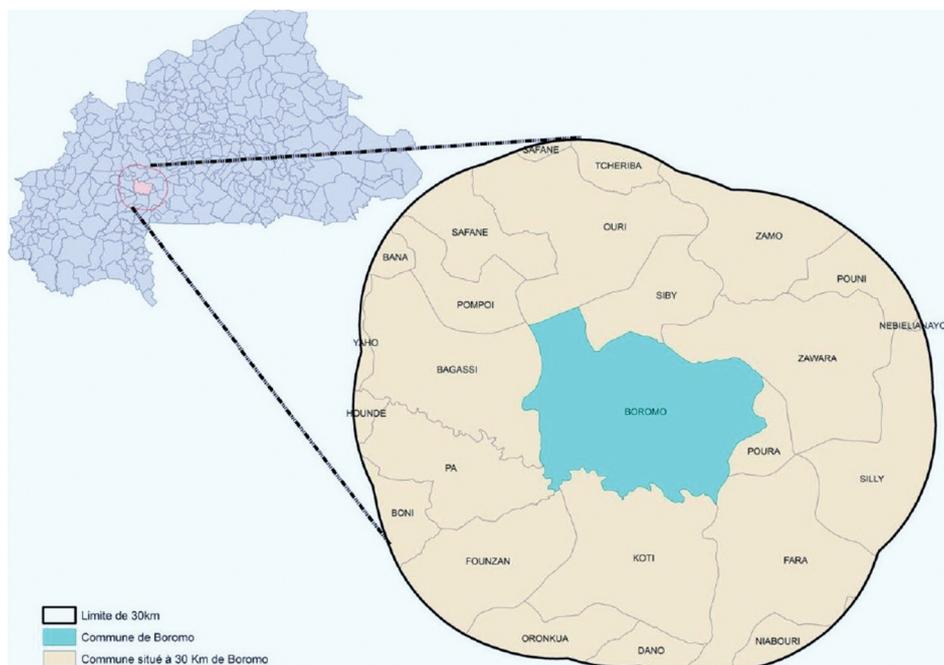


Figure 1 : La zone d'étude avec au centre la ville de Boromo

2.2 Plan d'échantillonnage et analyse des échantillons

Une série de 42 prélèvements a été effectuée sur l'ensemble des sites en trois périodes (février, juin, août) afin de vérifier l'infiltration des polluants dans la nappe dans la zone cotonnière en rapport avec la saison.

Les points de prélèvement sont restés constants tout au long de l'étude. Ils ont été choisis sur ce bassin versant qui draine vers le fleuve Mouhoun l'essentiel des eaux des périmètres cotonniers, selon les critères suivants : encadrement des zones à risque, détermination géographique sans ambiguïté des sites, facilité d'accès.

Le matériel de prélèvement des échantillons est composé de bouteilles en plastique. Elles sont hermétiquement fermées et conservées sous une température de 4 °C maximum, en vue des analyses en laboratoire.

2.3 Méthodes analytiques

La conductivité a été mesurée in situ, à l'aide d'un multimètre (multi 340i de WTW). Les concentrations en orthophosphates ont été déterminées par spectrophotométrie (DR/2500 à 430 nm, HACH 2000). Les ions nitrites, nitrates et l'azote

ammoniacal ont été analysés par utilisation de la spectrophotométrie d'absorption moléculaire (spectrophotomètre RD/2400) aux longueurs d'onde respectives de 585 nm, 500 nm et 655 nm. Les ions potassium ont été analysés par spectrométrie d'absorption atomique.

3. Résultats et discussion

3.1 L'azote ammoniacal

La figure 2 montre des pics de concentrations en ions ammonium sur toute la période dans les eaux du puits ciblé pour la ville de Boromo. En effet, pour les mois de février, juin et août 2008, nous constatons des teneurs en NH_4^+ atteignant 20 mg/L alors que la valeur limite admise par l'OMS pour les eaux de boisson est de 1.5 mg/L. Pourquoi ce puits en particulier, alors que tous les autres sites présentent des teneurs en deçà de la norme. Il s'agit d'un puits traditionnel situé dans une cours d'habitation en aval d'un WC à fond non étanche, et à proximité d'un enclos d'animaux. Ce puits approvisionne la famille pour tout usage, bien que celle-ci ait relevé des démangeaisons et autres problèmes urinaires qu'elle attribue à la qualité de l'eau.

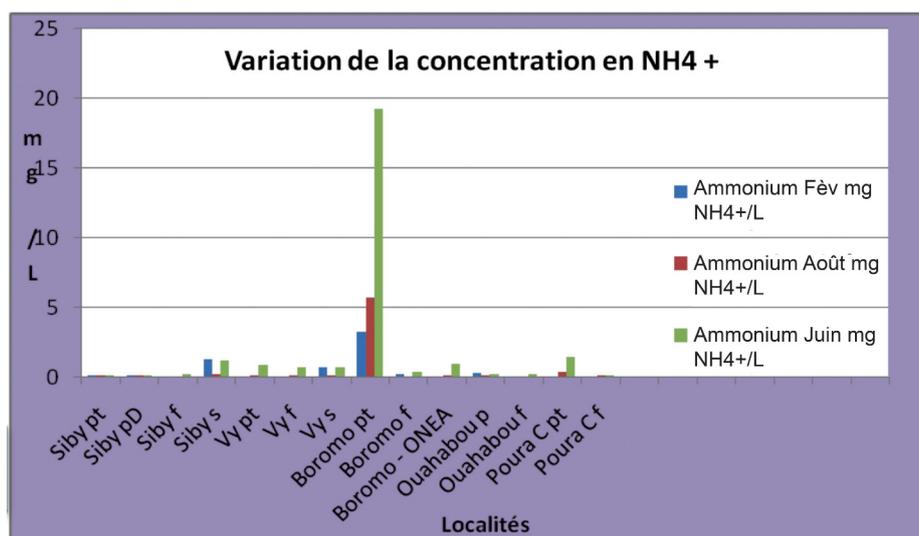


Figure 2 : Variation de la teneur en ammonium

On note une teneur plus importante en ammonium en juin avec l'arrivée des premières pluies alors qu'en février, les concentrations sont les plus faibles. Il y a donc une infiltration d'ions ammonium à partir des déjections et de la matière

végétale en décomposition d'une part mais également un transfert probable de l'ammonium du WC vers les eaux du puits, dès les premières pluies. Des recherches similaires effectuées par Nikolaidis C. et al à Evros en Grèce, ont montré que sur 64

points d'échantillonnage d'eau souterraine d'une zone d'agriculture intensive, les concentrations en ammonium restaient dans la gamme des valeurs admises (14).

Fetouani S. et al, 2008, ont abouti à la même conclusion, à savoir que contrairement au nitrates, les teneurs en ammonium restent inférieures aux normes admises pour les eaux souterraines, en dépit de l'usage des fertilisants dans la zone d'étude (15). En effet, en règle générale, le flux d'azote se présente à 95 % sous forme de nitrates, les formes organique et ammoniacale restant négligeables (7). Forme réduite de l'azote, il provient de la décomposition de protéines naturelles (animaux et végétaux), mais également de rejets industriels domestiques ou agricoles. Dans les eaux naturelles, sa concentration peut varier de 0,1 à 10 mg/L (6). Bien que ne présentant pas des effets nocifs pour la santé, la présence de l'ammonium dans les eaux naturelles témoigne de l'existence d'une pollution.

3.2 Les nitrates

Ils sont naturellement présents dans l'eau, car provenant du cycle naturel de dégradation de

l'azote organique. Cependant leurs teneurs peuvent se trouver extrêmement élevées du fait des activités agricoles, de l'élevage ou des rejets d'eaux usées industrielles et domestiques. Ainsi, les courbes de variation des teneurs en nitrates des différents sites (figure 3), pendant la période concernée, montrent une contamination plus importante des eaux de puits avec des concentrations de 92mg/L, 123 mg/L et 178 mg/L, respectivement, pour les eaux de puits de Vy Siby et Boromo au mois d'août par rapport aux eaux de forages et aux eaux de surface où les valeurs relevées sont en deçà de la norme admise par l'OMS qui est de 50 mg/L pour les eaux de boisson. Cela est en accord avec les conclusions des travaux menés par Kundu M.C et al 2009 (13) et ceux menés par Iital A et al (16). Somé K et al rapportent également des valeurs en dessous des valeurs limites admises par l'OMS, résultats de travaux ayant concerné les eaux de surface du bassin du Nakanbé au Burkina Faso (avec des teneurs moyennes inférieures à 10 mg/L de N-NO₃) (19). La contamination importante des eaux de puits par les nitrates du fait de l'agriculture intensive est confirmée par les travaux de Hani S. et al, 2009 et ceux de Nikolaidis C., 2008 et al, qui no-

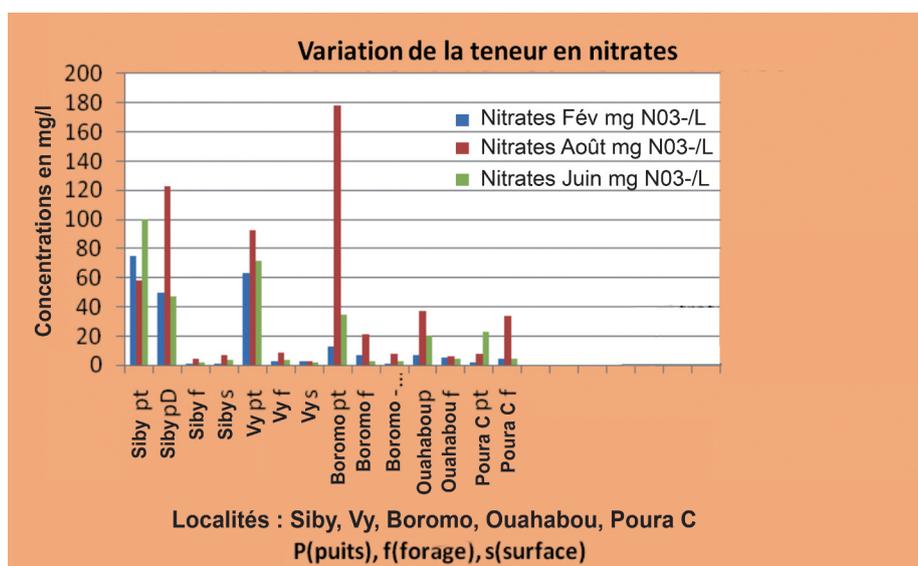


Figure 3 : Variation de la concentration en nitrate

On note cependant que pour les trois localités les teneurs en nitrates sont plus importantes en août, suivi des valeurs de juin, février étant le mois où il

ya moins de nitrates dans les eaux de puits. Cela confirme l'hypothèse de l'infiltration des nitrates issus essentiellement de l'amendement des sols par

de l'engrais chimique, avec l'arrivée des pluies. Iital A et al relèvent que les concentrations en nitrates sont plus importantes en hiver et au printemps avec le lessivage et le ruissellement des eaux, par rapport aux valeurs obtenues en été (16). En outre, il y a une corrélation entre la période d'épandage de l'engrais (15 jours après les semis) et l'urée (45 jours après les semis) dans les champs de coton et l'augmentation de la teneur en nitrates des eaux de puits d'autant plus que les courbes présentent la même allure sur toute la durée pour ces trois localités.

Sur tous les sites et pendant la durée d'échantillonnage, les teneurs en nitrites sont restées largement en deçà de la valeur limite admise par l'OMS pour les eaux de consommation qui est de 0,5 mg/L. Ces résultats sont en accord avec les conclusions des travaux de Nikolaidis C., 2008 et ceux de Fetouani S. et al, 2008 (14), (15).

Les eaux de forages (nappe plus profondes) ne présentent pas de pollution par les nitrates. Rajmohan N., Elango L suggèrent une dénitrification comme processus de contrôle des teneurs en nitrates dans les eaux souterraines (18).

L'agriculture apporte une part importante dans la pollution des eaux par les nutriments, mais il serait intéressant d'évaluer l'apport du aux activités domestiques et celui lié aux déjections des animaux.

3.3 Les ions potassium

L'allure des courbes de variation de la teneur en ions potassium (figure 4), montre également que ce sont les eaux de puits qui présentent les teneurs les plus importantes sur toute la durée de l'étude, mais c'est encore les mêmes localités qui sont concernées. Cependant on note des teneurs en potassium plus importante à Vy avec 55 mg/ L pour une valeur limite admise par l'OMS de 10 mg/L. Suivent ensuite Siby et Boromo avec respectivement des teneurs de 38 mg/L et 25 mg/L. A Ouahabou les teneurs en potassium atteignent 12 mg/L pour le puits ciblé, alors que tous les autres sites restent en deçà de la norme admise. Oren O. et al ont aussi noté une contamination des eaux souterraines par les ions potassium avec des concentrations variant entre 20 mg/L et 120 mg/L de K, dans une zone aride d'Israël du fait de l'utilisation des engrais dans l'agriculture. On peut admettre qu'il y a une infiltration des ions potassium dans la nappe peu profonde à l'image des nitrates (17). Cette hypothèse est confortée par les conclusions de Somé K. et al qui ont relevé une augmentation des teneurs en potassium pour les eaux de surface du fait de l'utilisation des engrais, ces teneurs restent cependant faibles pour être préoccupantes (19).

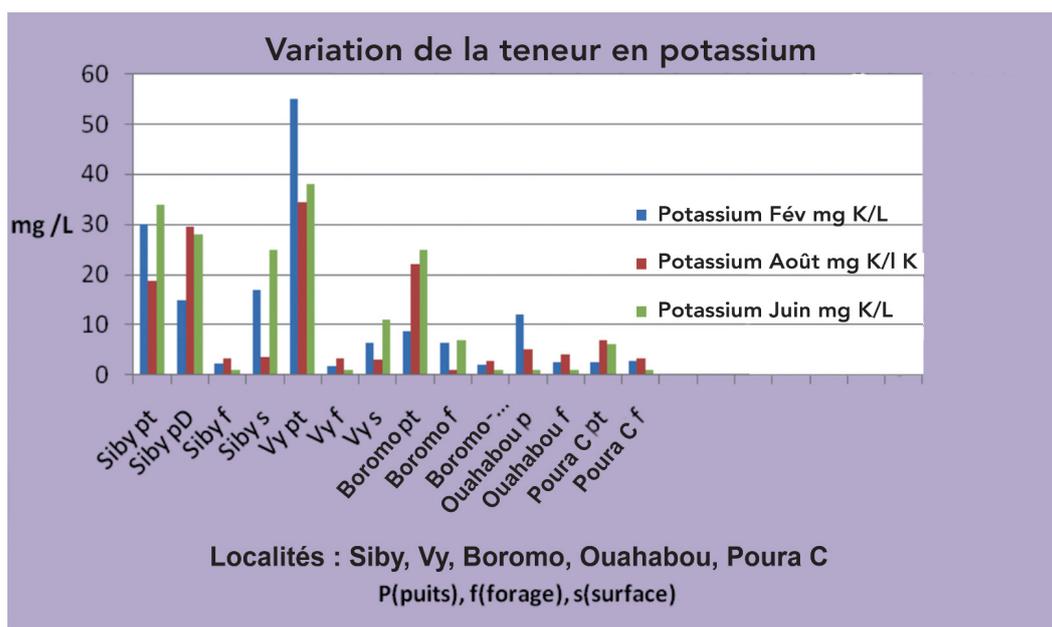


Figure 4: Variation de la concentration en ions potassium

Les travaux de Ajmohan et al, sur les eaux d'une zone d'agriculture intensive du sud de l'Inde, montrent une plus grande concentration des eaux souterraines (eaux de puits) en nitrates et potassium lors de la recharge de la nappe avec les pluies comparativement à la saison sèche (18). Hamilton et Helsel 1995, cités, par N. Rajmohan et L. Elango, signalent également une contamination des eaux souterraines par les ions potassium du fait des activités agricoles (18).

3.4 La conductivité

La figure 5 présente l'évolution de la conductivité sur la durée de la période d'échantillonnage. On constate que la conductivité, sans être supérieure à la norme qui est inférieure à 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour les

eaux de surface, est plus importante au niveau des eaux de puits comparativement aux teneurs relevées pour les eaux de forage et les eaux de surface. Boromo, Vy et Siby sont les localités concernées, avec des valeurs variant de 500 à 1250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour Boromo, de février à août pour les eaux de puits. Cela est en accord avec les teneurs très élevées en ammonium relevées précédemment. Les puits ciblés à Vy et Siby présentent les mêmes niveaux de minéralisation de l'ordre de 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, alors que les eaux de surface à Vy affichent 77 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de conductivité. Ceci est en accord avec les résultats des travaux de Lamizana D. M. B. et al (2008) qui ont relevé pour des eaux de surface des valeurs de conductivité variant entre 25 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 327 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (20).

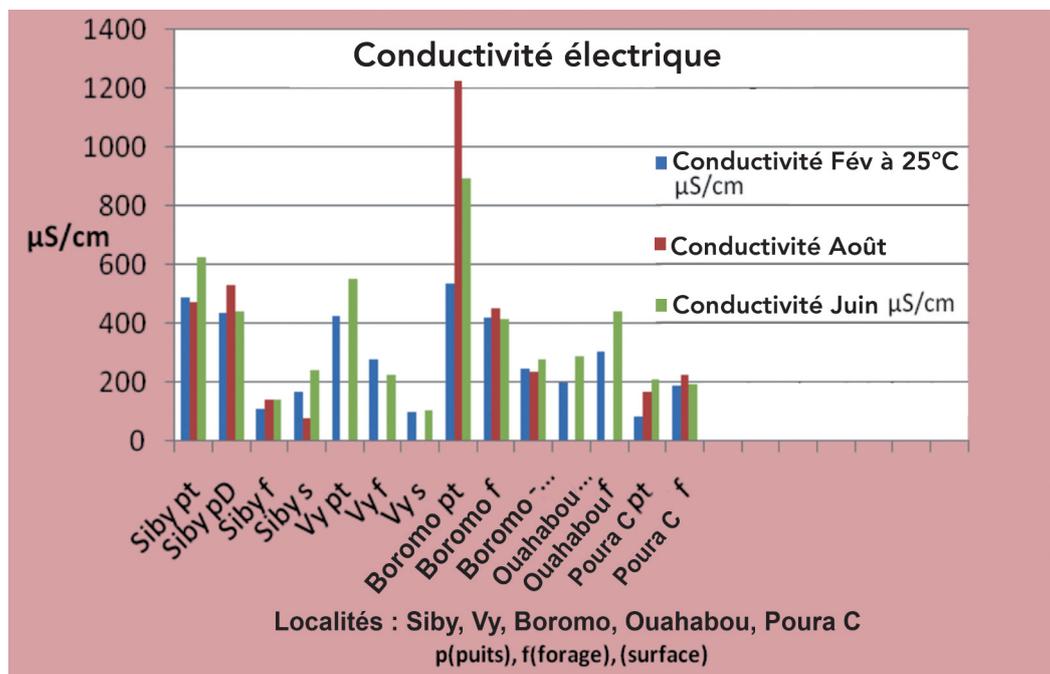


Figure 5 : Variation de la conductivité

On constate à nouveau que c'est la nappe peu profonde qui est concernée. Cela s'explique par l'infiltration des sels issus des engrais avec les pluies. Le Ministère de l'Environnement et de l'Eau du Burkina Faso a relevé une conductivité de 525 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dans les eaux souterraines des périmètres irrigués de Niassan, pour 452 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour les eaux de surface (8).

Il est normal que les eaux superficielles présentent des valeurs de conductivités inférieures à celles des eaux souterraines pour la même zone, compte tenu

de l'infiltration des sels mais également de la dissolution des sels provenant des couches de roches traversées par l'eau lors de son évolution.

Il est important de noter que, pour la même ville de Boromo, deux sites de forages (1 forage ordinaire et 1 forage de l'Office Nationale de l'Eau et de l'Assainissement du Burkina Faso, ONEA) situés à moins d'1 km l'un de l'autre , ont donné sur toute la période de l'étude des conductivités plus élevées pour le premier. Nous avons relevé, 418 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 247 $\mu\text{S}/\text{cm}$, puis 416 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et

277 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et enfin 450 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 234 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivement pour les deux sites. Cette différence pourrait s'expliquer par la plus grande profondeur du forage de l'ONEA, avec une moindre infiltration des eaux superficielles.

reste en deçà de la valeur limite admise pour les eaux de consommation pour l'ensemble des sites et sur toute la durée de l'étude. Les mêmes observations ont été faites par Fénouani S. et al, de même que dans des études menées sur les eaux souterraines respectivement des zones d'agriculture irriguée au Maroc et en Israël (15), (17).

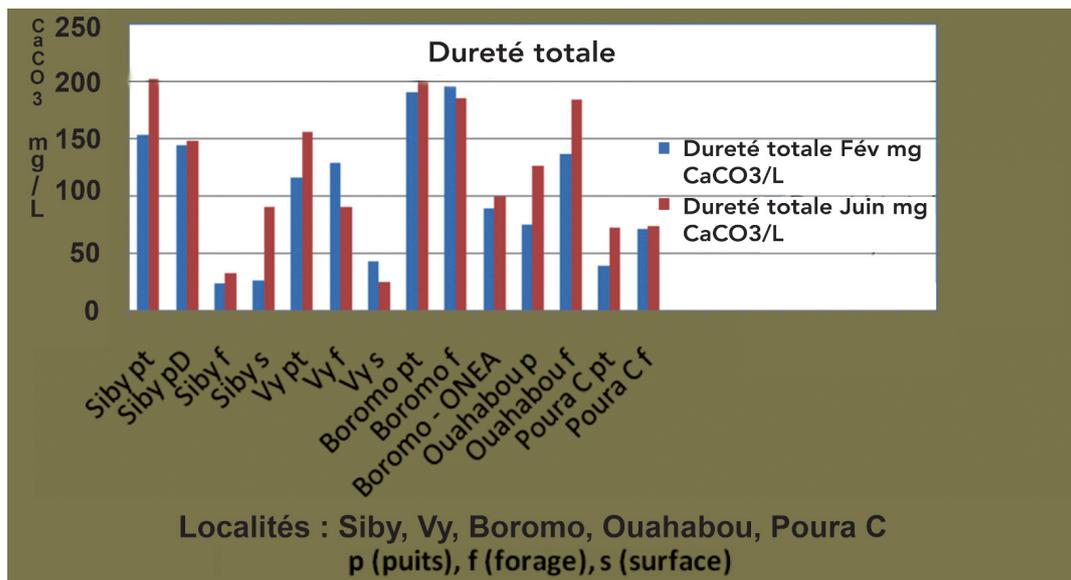


Figure 6 : Variation de la dureté totale

3.5 La dureté totale

S'agissant de la dureté totale exprimée en mg/L de CaCO_3 , la figure 6 montre des pics de concentrations au niveau des eaux de puits à Siby, Vy, et Boromo tandis qu'à Ouahabou, il s'agit d'eaux de forage.

La plus grande dureté des eaux de puits, permet d'affirmer que cela pourrait être due à la prédominance de l'infiltration des ions dans la nappe peu profonde par rapport au transfert des minéraux à partir des roches traversées par l'eau. En effet, il faut noter qu'en plus de l'engrais NPK et de l'urée, il est fait usage dans la zone d'agriculture de coton de substances chimiques telles que la chaux pouvant induire une dureté calcique des eaux, avec une alcalinisation en sus. La dureté totale la plus significative (200 mg/L de CaCO_3) a été relevée à Boromo où la conductivité est aussi la plus importante.

3.6 Le phosphore et les sulfates

Les analyses ont porté sur la forme dissoute du phosphore, les ortho-phosphates bio-disponibles. La figure 6 montre que la teneur en ortho phosphate

SOME K et al notent également pour des eaux de surface, des valeurs très inférieures aux normes en ce qui concerne les ortho-phosphates, suffisantes cependant pour induire avec les nitrates des risques d'eutrophisation des plans d'eau concernés (19). A contrario, Rajmohan N. et Elango L. ont relevé des concentrations en phosphates dans les eaux souterraines d'une zone d'agriculture intensive du sud de l'Inde, dépassant les limites admises par l'OMS pour les eaux de consommation. Ils notent cependant que les concentrations sont plus importantes pour des eaux ayant traversé des sols sédimentaires comparativement à des roches dures. Globalement sur 43 échantillons 35 % se sont révélés non conformes aux normes admises (18).

Des difficultés matérielles n'ayant pas permis l'analyse du phosphore total, les teneurs en phosphore soluble ne donnent pas la mesure de la réalité de la pollution des eaux de la zone par le phosphore.

En effet, les eaux des terrains agricoles contiennent du phosphore à l'état particulaire. Ce phosphore peu soluble à l'état particulaire organique ou inorganique

se fixe sur les sédiments par adsorption (9) (7) (18). Nemery et al, de même que Diallo et al rapportent que dans le bilan du phosphore agricole, les apports en engrais minéraux phosphatés, qui représenteraient 58% sont largement supérieurs aux autres apports, atmosphériques, effluents d'élevage, résidus de cultures (10) (11).

S'agissant des sulfates, les teneurs relevées aussi bien au niveau des eaux de surfaces que des eaux de forage et de puits durant toute la période concernée, sont restées largement en deçà de la norme admise par l'OMS, qui est de 250 mg/L (19).

4. La contribution d'autres sources de nutriments

Il n'existe pas d'études ayant évalué l'apport des activités anthropiques de l'élevage et des matières végétales dans la pollution par les nitrates indépendamment de l'impact des engrais chimiques sur la qualité des eaux de la zone d'étude.

En outre, les caractéristiques environnementales telles que la nature du sol, les conditions hydrogéologiques n'ayant pu être pris en compte, des investigations plus poussées sur une durée plus longue permettront de recueillir plus d'informations sur l'impact des activités agricoles sur la qualité des eaux, en mettant ainsi en exergue la vulnérabilité des ressources en eaux eu égard à l'utilisation des intrants agricoles.

5. Conclusion

L'agriculture est source d'apport important de flux de pollution (16) dont l'azote et le phosphore, apportés par les engrais minéraux, les déjections animales utilisées comme amendement organique des sols. Il faut ajouter l'urée, le chlorure de potassium, le nitrate d'ammonium et la chaux qui ont également un impact important sur les caractéristiques physico chimiques des sols et partant des eaux du milieu.

L'analyse des eaux de la zone d'étude a ainsi montré une pollution effective des ressources en eaux par les engrais. Cependant, l'ampleur de cette pollution diffère en fonction de la localité considérée et du type d'eau utilisée pour l'arrosage. En effet, ce sont les eaux de puits qui présentent les plus fortes concentrations en nitrates et en potassium comparativement

aux eaux de forage et aux eaux de surface. Il en est de même de la dureté totale et de la conductivité; ce dernier paramètre atteignant au niveau des eaux de puits de Boromo, 1200 μ S/cm.

Exceptionnellement, un puits de Boromo a donné des teneurs très importantes en ammonium, sinon sur l'ensemble des sites les valeurs sont restées en deçà des normes admises confirmant ainsi une plus grande nitrification de l'azote.

Les teneurs en ortho phosphates sont restées en deçà de la norme admise par l'OMS pour tous les sites et sur toute la durée de la période de prélèvement. Le phosphore total non analysé nous avait permis d'avoir une idée sur la pollution par l'azote, d'autant plus que celui-ci se présente surtout à l'état particulier adsorbé sur les sédiments du milieu.

Dans les localités présentant des pics de concentration en nitrates et potassium, il faut noter la proximité des champs de coton avec les villages et la présence de cours d'eau ou de barrages. Il s'agit par ordre décroissant d'importance, de Boromo, Siby et Vy pour ce qui est de la pollution des eaux de puits par les nitrates et potassium.

S'agissant du potassium, Vy vient en premier avec des teneurs atteignant 55 mg/L de potassium pour une valeur limite admise de 10 mg/L pour les eaux de boisson. Il est suivi de Siby et Boromo.

Pour ce qui est de la dureté totale, les valeurs les plus élevées concernent les eaux de puits de Siby, Vy, Boromo et Ouahabou. Les eaux de surface présentant les valeurs les plus faibles.

Globalement les teneurs en nitrates, conductivité et dureté totale relevées sont plus importantes en juin et août comparativement aux valeurs relevées en février. Les prélèvements effectués en décembre n'ont pu être analysés pour des difficultés matérielles, néanmoins une tendance se dégage des résultats disponibles. En effet, les faits ci-dessus, démontrent qu'il y a une infiltration de la pollution due à l'usage des engrais dans la nappe à partir des eaux de ruissellement. Cette infiltration est plus importante en saison pluvieuse et dans les puits (nappe peu profonde) par rapport aux forages. Les eaux de surface présentant les teneurs les plus faibles pour les sites à sources d'eaux restées pérennes durant la période de

Bibliographie

- [1]. FAO : l'offre mondiale d'engrais devrait dépasser la demande [en ligne] disponible sur : <http://www.un.org/apps/news/storyFAr.asp?newsID=15931&Cr=FAO&Cr1=engrais> (consulté le 13 juin 2009)
- [2]. Somé M. P. S., 1997. Les indicateurs de pollution de la ville de Ouagadougou. *Memoire de DEA en Sciences biologiques et appliquées*. UFR/SEA, Université de Ouagadougou.
- [3]. Koussoubé Y., Nakolendousse S., Bazié P., Savadogo N. A., 2003. Typologie des courbes de sondages électriques verticaux, pour la reconnaissance des formations superficielles et leur incidence en hydrologie de socle cristallin au Burkina Faso. *Sud Sciences et Techniques* n° 10 juin 2003 pp 26-32
- [4]. Rodier J. 1996. *L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer*. 8^e édition DUNOD
- [5]. GLS – Memotec11 L'élimination de l'ammonium dans l'eau potable [en ligne] Disponible sur : <http://www.gls.fr/memotec11.htm> (consulté le 25/12/2008)
- [6]. Chevery C., Collectif. *Agriculture intensive et qualité des eaux*. Edition QUAE. 297 p
- [7]. Ministère de l'Environnement et de l'Eau (2001) Programme GIRE, 2001. *L'impact des engrais et pesticides sur les ressources en eau au Burkina Faso*.
- [8]. Nemery J.; Garnier J., 2007. Dynamique du phosphore dans le bassin de la Seine et son estuaire. *TSM* n°4, 2007 pp 33 45
NEMERY J. 2003. *Origine et devenir du phosphore dans le continuum aquatique de la Seine des petits bassins amont à l'estuaire : Rôle du phosphore échangeable sur l'eutrophisation*. Thèse de doctorat d'état de l'Université Paris VI. 258 pp (PDF en ligne sur <http://www.sisyph.jussieu.fr/internet/piren/>)
- [9]. Diallo D., Roose D., Orange D., Morel A. (2002) *Influence des pratiques agricoles sur le ruissellement et l'érosion des sols en zone soudanienne du Mali*. 5^e conférence inter-régionale sur l'environnement et l'eau. *Envirowater* 2002, pp 326-335.
- [10]. Hanis S., Daniel B., Khatlaji J.E., Bastin-Lacherez S., Isam S. *Impact of fertilizer application and urban wastes on the quality of groundwater in the Cambrai Chalk aquifer, Northern France*. *Environmental Geology*, vol. 57, n°7, juin 2009, pp. 1579-1592.
- [11]. Kundu MC.; Biswapati M. *Agricultural Activities Influence Nitrate and Fluoride Contamination in Drinking Groundwater of an Intensively Cultivated District in India*. *WATER Air and Soil Pollution*, mar 2009, Vol.198, n° 1-4, pp. 243-252.
- [12]. Nikolaïdis C., Mandalos P., Vantarakis A. *Impact of intensive agricultural practices on drinking water quality in the EVROS Region (NE GREECE) by GIS analysis*. *Environmental Monitoring and Assessment*. aug 2008. Vol. 143, n° 1-3, pp. 43-50.
- [13]. Fetounais, Sbaa M., Vandoosterc M., Bendra B. *Assessing ground water quality in the irrigated plain of Triffa (north-east Morocco)*. *Agricultural Water Management*, feb 2008 Vol. 95, n° 2, pp.133-142.
- [14]. Iital A., Pachel K., Deelstra J. *Monitoring of diffuse pollution from agriculture to support implementation of the WFD and the Nitrate Directive in Estonia*. *Environmental Science & Policy*, Vol.11, Issue 2, April 2008, pp. 185-193.
- [15]. Oren O., Yechieli Y., Böhlké J. K., Dody A. *Contamination of groundwater under cultivated fields in an arid environment, central Arava Valley, Israel*. *Journal of Hydrology*, Vol. 290, Issues 3-4, 25 May 2004, pp. 312-328
- [16]. Rajmohan N., Elango L. *Nutrient chemistry of groundwater in an intensively irrigated region of southern India*. *Environmental Geology*, Vol. 47, N° 6, avril 2005, pp. 820-830.
- [17]. Somé K., Dembélé Y., Somé L., Millogo R. J. (2008) *Pollution agricole des eaux dans le bassin du Nakanbé : cas des réservoirs de Loumbila et de Mogtédo au Burkina Faso*. *Sud Sciences et Tehnologies*, n° 16, juin 2008, pp. 14-22
- [18]. Lamizana D. M. B., Kenfack S., Millogo R. J. *Evaluation de la qualité physico-chimique de l'eau d'un cours d'eau temporaire du Burkina Faso – Le cas du Massili dans le Kadiogo*.

Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement

International Institute for Water and Environmental Engineering

Rejoignez l'élite

Institut bilingue • Eau, Énergie, Environnement et Génie civil



AG Partners

www.2ie-edu.org

Le 2iE, Institut bilingue français - anglais, un pôle d'excellence à Ouagadougou.

L'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, 2iE, offre de nombreuses opportunités de formations supérieures diplômantes conformes au **standard international** (Bachelor/Master/Doctorat) dans les domaines de l'Eau, de l'Énergie, de l'Environnement et du Génie Civil.

Le 2iE dispose d'une **plateforme scientifique de 110 hectares** équipée de matériels pédagogiques et scientifiques de pointe, des **enseignants chercheurs** et des **professeurs associés** issus de plus de 20 pays du Sud et du Nord. Il a développé des partenariats avec de grandes entreprises qui lui permettent d'assurer un **emploi à 90% des étudiants** dans les six mois qui suivent l'obtention de leur diplôme.

Le 2iE est **Centre d'excellence de l'UEMOA**, de la **CEDEAO** et du **NEPAD** et est **membre de la Conférence des Grandes Ecoles** (France). Le 2iE est le seul établissement de formation supérieure du continent africain dont les diplômes, accrédités par la **Commission française des Titres d'Ingénieur (CTI)**, sont reconnus dans l'espace européen.



Pour un avenir professionnel brillant
Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement

