

VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement

Volume 12 Numéro 2 (septembre 2012)
Natures et Métropoles

Francis Rosillon, Boubacar Savadogo, Aminata Kabore, Jean Noël Poda,
Hortense Bado-Sama et Dayeri Dianou

Estimation des teneurs en nitrates dans les eaux potables par l'utilisation de bandelettes réactives : un exercice d'éducation à l'environnement dans la vallée du Sourou au Burkina Faso

Avertissement

Le contenu de ce site relève de la législation française sur la propriété intellectuelle et est la propriété exclusive de l'éditeur.

Les œuvres figurant sur ce site peuvent être consultées et reproduites sur un support papier ou numérique sous réserve qu'elles soient strictement réservées à un usage soit personnel, soit scientifique ou pédagogique excluant toute exploitation commerciale. La reproduction devra obligatoirement mentionner l'éditeur, le nom de la revue, l'auteur et la référence du document.

Toute autre reproduction est interdite sauf accord préalable de l'éditeur, en dehors des cas prévus par la législation en vigueur en France.

revues.org

Revues.org est un portail de revues en sciences humaines et sociales développé par le Cléo, Centre pour l'édition électronique ouverte (CNRS, EHESS, UP, UAPV).

Référence électronique

Francis Rosillon, Boubacar Savadogo, Aminata Kabore, Jean Noël Poda, Hortense Bado-Sama et Dayeri Dianou, « Estimation des teneurs en nitrates dans les eaux potables par l'utilisation de bandelettes réactives : un exercice d'éducation à l'environnement dans la vallée du Sourou au Burkina Faso », *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Volume 12 Numéro 2 | septembre 2012, mis en ligne le 20 septembre 2012, consulté le 12 novembre 2012. URL : <http://vertigo.revues.org/12274> ; DOI : 10.4000/vertigo.12274

Éditeur : Les éditions en environnements VertigO

<http://vertigo.revues.org>

<http://www.revues.org>

Document accessible en ligne sur :

<http://vertigo.revues.org/12274>

Document généré automatiquement le 12 novembre 2012. La pagination ne correspond pas à la pagination de l'édition papier.

© Tous droits réservés

Francis Rosillon, Boubacar Savadogo, Aminata Kabore, Jean Noël Poda, Hortense Bado-Sama et Dayeri Dianou

Estimation des teneurs en nitrates dans les eaux potables par l'utilisation de bandelettes réactives : un exercice d'éducation à l'environnement dans la vallée du Sourou au Burkina Faso

- 1 Dans les années 80-90, il a été organisé en Belgique diverses campagnes de recherche des nitrates dans les eaux en utilisant une technique simple par bandelettes sensibles aux concentrations en nitrates. Ces campagnes ont porté le nom « Opération sources ». Cette initiative, à vocation essentiellement pédagogique, avait comme objectif de « Réaliser une campagne de sensibilisation, à travers le réseau scolaire, par une surveillance récurrente de la qualité des eaux de source en Belgique, en utilisant des indicateurs simples - tels ceux des nitrates - et la diffusion des informations auprès du grand public » (WWF dans Sosson, 1994).
- 2 Les premières campagnes ont été réalisées par la Fédération des Scouts Catholiques (FSC) qui, en 1989, teste 1 500 sources lors de deux journées qui mobiliseront les unités scouts du pays. À partir de 1994, le WWF a étendu l'opération aux écoles primaires. Les écoles secondaires ont aussi été mises à contribution (Sosson, 1994) avec toutefois une participation moindre que dans le réseau primaire (Lecocq, 1996). De 1994 à 1996, 1.000 classes primaires et 50 écoles secondaires ont participé (Goffin, 1998). Des cartes des concentrations en nitrates des eaux de source en Belgique ont été publiées et largement diffusées auprès du grand public. La carte éditée en 1999 par le WWF constitue une synthèse des résultats de milliers d'observations de points d'eau par plus de 100.000 enfants. Ces cartes ont contribué à une prise de conscience du public quant à la vulnérabilité de la ressource eau et l'intérêt de sa protection.
- 3 L'opportunité d'un transfert de l'opération dans le contexte africain (au Sénégal) a été envisagée par Fall (1996). Son analyse basée sur une étude du cas de la ville de Pikine (Dakar) conclut en la faisabilité de l'opération sources au Sénégal, pour autant qu'elle soit bien encadrée.
- 4 Avant de proposer une telle opération au Burkina Faso, nous avons souhaité effectuer un test préalable de comparaison entre les estimations de la teneur en nitrates par bandelettes comparées aux résultats analytiques obtenus en laboratoire. Ce test a été réalisé dans le cadre des activités du contrat de rivière Sourou, un projet de gestion intégrée et participative des ressources en eau inscrit dans le concept de Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE) (Rosillon, 2010) et initié dans le cadre d'une coopération avec la Région wallonne de Belgique.
- 5 Le contrat de rivière mis en place au Burkina Faso s'inspire du modèle wallon de contrat de rivière (Rosillon et al., 2005). Il s'agit de rassembler au sein d'un comité de rivière des représentants de tous les usagers de l'eau. Ce comité a pour mission essentielle de définir et de mettre en œuvre un programme de restauration des ressources en eau, des cours d'eau et de leurs abords. Ce programme est élaboré selon une démarche consensuelle qui veille à intégrer les préoccupations de chacun des usagers tout en améliorant la préservation de l'environnement. Au Burkina Faso, il s'est avéré que le contrat de rivière pouvait aussi constitué un moyen de lutte contre la désertification et contre la pauvreté.
- 6 Ce projet, initié en janvier 2003, s'est développé sur près d'une dizaine d'années et a été encadré localement par une ONG burkinabé, la COPROD (Convention pour la promotion d'un développement durable) qui a pris en charge l'animation et la coordination des activités. Le département Environnement de l'Université de Liège en Belgique assurait la coordination générale pour compte de la Région wallonne et apportait son expertise scientifique en collaboration avec l'Institut de Recherche en Sciences de la Santé (IRSS) du Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST) de Ouagadougou.

7 Vu le caractère opérationnel du contrat de rivière, de nombreuses activités ont été mises en œuvre sur le terrain (Bado-Sama et Rosillon, 2009). Celles-ci se répartissent en cinq thématiques :

1. La coordination, l'animation et la concertation entre acteurs de l'eau ;
2. L'amélioration des connaissances par l'acquisition de données et l'organisation de nombreuses formations à l'intention des usagers de l'eau et des collectivités territoriales ;
3. La communication, l'information, la formation et la sensibilisation des écoles et des usagers ;
4. La restauration des ressources en eau et de l'environnement qui se concrétise par une amélioration de l'accès à l'eau et divers travaux de protection des cours d'eau et de lutte contre la désertification ;
5. Des activités génératrices de revenus dans un contexte de lutte contre la pauvreté.

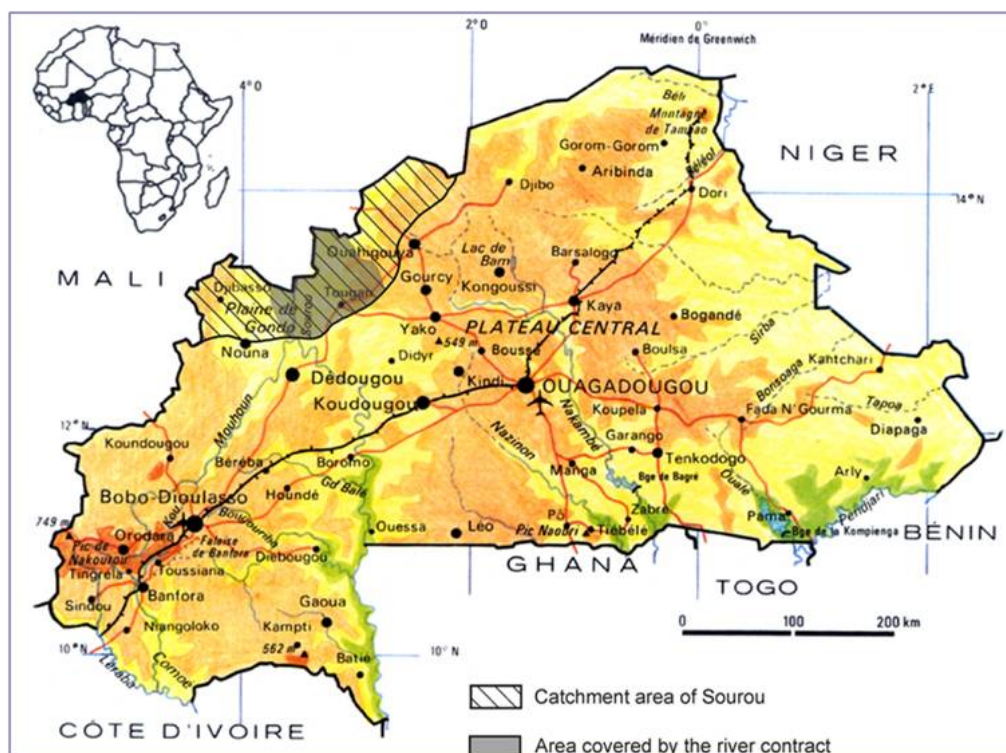
8 La présente étude s'inscrit à la fois dans un souci d'amélioration des connaissances relatives à la qualité des ressources en eau au Sourou et dans une démarche pédagogique de sensibilisation des jeunes à l'environnement. Cette initiative rencontre également la priorité accordée à l'éducation environnementale à travers le code de l'environnement. L'article 15 de ce code prône une éducation environnementale dans tous les projets de développement et les ordres d'enseignement pour faciliter la prise en compte de la préservation de l'environnement dans le développement socio-économique du pays (Assemblée des députés du peuple, 1997).

9 Après avoir présenté succinctement la zone d'étude et la méthodologie, nous analyserons les résultats obtenus lors de campagnes de prélèvement effectuées de 2008 à 2011. Nous examinerons la faisabilité et l'apport pédagogique d'une telle opération au Burkina Faso.

La zone d'étude

10 La vallée du Sourou est localisée au Nord-Ouest du Burkina Faso, dans la région de la boucle du Mouhoun. La rivière Sourou prend sa source au Mali au niveau de Baye. Elle fait frontière entre le Burkina Faso et le Mali pour ensuite traverser le Burkina du nord au sud avant de rejoindre le Mouhoun à sa confluence à Léri. Le bassin versant du Sourou occupe une superficie de 16.200 km², mais c'est essentiellement la partie centrale du bassin située en rive gauche du fleuve (environ 5.000 km²) qui fait l'objet de la présente étude (voir Figure 1).

Figure 1. Zone couverte par le contrat de rivière du Sourou (Rosillon et Bado-Sama, 2006).



- 11 La vallée du Sourou est surtout connue pour ses aménagements hydro-agricoles installés suite à l'érection de vannes barrage au niveau de la confluence avec le Mouhoun en 1984. Cet ouvrage a permis d'augmenter significativement le niveau des eaux, la rivière drainant d'importantes quantités d'eau (600.000.000 m³) à travers la vallée (Dianou et al., 2011). Cette disponibilité en eau a donc permis la création de périmètres irrigués, faisant de la vallée du Sourou une importante zone de production agricole.
- 12 L'accès à l'eau des populations du Sourou est possible à partir de diverses sources d'approvisionnement, essentiellement à partir des eaux souterraines, mais certains villages insulaires ou proches du fleuve utilisent l'eau de surface (Traoré, 2003 ; Dianou et al., 2004). À part quelques localités plus importantes comme Tougan, chef-lieu de la province du Sourou, qui bénéficie d'un système partiel d'adduction d'eau potable, les populations rurales s'alimentent généralement en eau grâce à un réseau relativement dense de forages et de puits traditionnels et à grand diamètre installés par des ONG dans le cadre de projets de coopération ou de programmes soutenus par l'État, par exemple le deuxième Programme National de Gestion des Terroirs (PNGT 2).
- 13 Les disponibilités en eau souterraine sont assez stables. Le système aquifère du Sourou se situe dans une zone sédimentaire et est constitué de roches dures représentées par des grès et des calcaires-dolomies pouvant être traversés par des réseaux de failles (DIRH, 1993). La profondeur des forages est de l'ordre d'une soixantaine de mètres dans la zone faisant l'objet de cette étude. Le niveau d'eau atteint dans les puits traditionnels est variable d'un site à l'autre, la profondeur étant d'environ de 10 à 20 m. La recharge de la nappe peut se faire par une alimentation directe par infiltration lente dans le sous-sol. À cette recharge diffuse, pourrait s'ajouter une alimentation par voie préférentielle à travers des zones fracturées.
- 14 Dans le cadre du contrat de rivière Sourou, un inventaire des puits et forages a été réalisé. Cet inventaire a identifié de nombreux ouvrages non fonctionnels qui ont fait l'objet de réparation dans le cadre de ce contrat de rivière. Plus de 100 ouvrages ont ainsi été remis en activité. Une fois les réparations effectuées, il nous paraissait opportun de vérifier la qualité de l'eau distribuée. Si dans un premier temps, ce sont les forages réparés qui ont fait l'objet d'analyse, par la suite, orientés par la problématique nitrates, d'autres échantillonnages ont été effectués. Parallèlement aux analyses effectuées en laboratoire, nous avons testé l'utilisation de bandelettes réactives afin d'estimer les teneurs en nitrates sur le terrain (voir Figure 2).

Figure 2. Estimation de la teneur en nitrates dans les eaux souterraines de la vallée du Sourou (photo D. Dianou, 2012)



Matériel et méthodes

Échantillonnage

- 15 Les échantillons d'eau ont été prélevés au niveau des eaux de surface, de puits et de forages localisés essentiellement dans la province du Sourou. Les prélèvements étaient conservés à 4 °C à l'obscurité jusqu'à leur transfert vers le laboratoire d'analyse. Les tests rapides par bandelettes réactives étaient effectués sur le site de prélèvement.

Test Nitrates Merckoquant

- 16 Les bandelettes réactives (Test Nitrates Merckoquant) commerciales ont été utilisées. En présence d'ions nitrates, la bandelette prend une couleur violette dont l'intensité est proportionnelle à la quantité de nitrates contenus dans l'eau. Cette coloration est due à une réaction de diazotation des nitrates préalablement réduits en nitrites. Le sel de diazonium formé réagit avec la N-éthylènediamine pour produire une coloration.
- 17 Après avoir plongé la bandelette pendant une seconde dans l'eau, et après un temps d'attente d'une minute, il convient d'identifier la zone colorée de l'étiquette du flacon se rapprochant le plus de la couleur de la zone réactionnelle Nitrates et de lire le résultat correspondant exprimé en mg de NO₃ par litre.
- 18 Il s'agit d'une mesure semi-quantitative pour des concentrations de 0 à 500 mg de nitrates/litre, l'échelle de lecture étant graduée en 7 seuils de concentration (0, 10, 25, 50, 100, 250 et 500). Il est recommandé de conserver les bandelettes entre +2 °C et +8 °C, ce qui peut parfois poser problème dans les pays sahéliens confrontés à des températures élevées et à la difficulté de disposer d'enceintes réfrigérées.

Analyse des nitrates en laboratoire

- 19 Les analyses ont été réalisées par le laboratoire national des eaux du Ministère de l'Environnement et du cadre de vie à Ouagadougou, dans les 2-3 jours qui ont suivi l'échantillonnage. Le dosage a été effectué par une méthode de spectrophotométrie d'absorption moléculaire par réduction des nitrates en nitrites par le cadmium (spectro Hach DR2400 méthode 8171). Les nitrites formés sont dosés par diazotation de la sulfanilamide qui en présence de N-éthylènediamine forme un complexe coloré (Rodier, 2005).

Analyse statistique

- 20 La corrélation (corrélation de Pearson) entre les classes nitrates obtenues par les bandelettes réactives et les valeurs précises des concentrations en nitrates mesurées en laboratoire a été analysée au seuil alpha 0,05 avec le logiciel XLSTAT version 7.5.

Résultats

- 21 Les résultats des concentrations en nitrates présentés ci-après proviennent de l'analyse de 83 échantillons d'eau obtenus à partir de prélèvements d'eau de surface, de forage et de puits lors des campagnes de février 2008 et de juin 2008 et de prélèvements de forages et puits lors des campagnes de décembre 2009 et de janvier 2011 (voir Tableau 1). Concernant les eaux de surface, les échantillons ont été prélevés dans le fleuve Sourou et dans les principaux affluents (Débé et Gana). Les prélèvements en eaux souterraines ont été principalement effectués au niveau des points d'eau des villages de la province du Sourou, dans les communes de Di, Kassoum, Kiembara, Lanfiéra, Lankoué et Tougan. Deux points d'eau analysés sont localisés dans la commune de Yaba dans la province du Nayala et deux autres dans la commune de Sono dans la province de la Kossi.

Tableau 1. Campagnes d'analyse et nombre d'échantillons prélevés

Période	Saison	Nbre total de prélèvements	Nbre de prél. en eau de surface	Nbre de prél. de puits	Nbre de prél. de forages
24-28/02/2008	Sèche	24	9	5	10
6-9/06/2008	Début pluie	24	9	5	10
12-13/12/2009	Sèche	17	0	5	12
17-18/01/2011	Sèche	18	0	6	12
		83	18 (9 lieux différents)	21 (8 puits différents contrôlés)	44 (21 forages différents contrôlés)

- 22 Plutôt que de présenter en détail les valeurs des concentrations en nitrates (voir Dianou *et al.*, 2011 concernant la qualité des eaux de surface et Rosillon *et al.*, 2012 à propos de la qualité des eaux souterraines), nous privilégions ici une présentation comparative des résultats moyens obtenus par chacune des deux méthodes, l'estimation de la teneur en nitrates par bandelettes réactives et les résultats analytiques en laboratoire (voir Tableau 2). Au lieu de noter la seule valeur lue sur la palette de couleurs de référence, nous avons préféré noter les limites de classes (0-10, 10-25, 25-50, 50-100, 100-250, 250-500, + de 500).

Tableau 2. Comparaison entre l'estimation des concentrations en nitrates (par classe) obtenue à la lecture de la bandelette et les valeurs mesurées en laboratoire

Nbre de tests	Résultats bandelettes (en mg NO ₃ /L)	Nitrates mesurés en laboratoire (en mg NO ₃ /L)	
		Moyenne	Minimum - Maximum
35	0-10	3,9	0,1 – 12,3
16	10-25	16,7	10,2 – 26,0
4	25-50	41,9	34,1 – 50,5
7	50-100	73,5	57,6 – 100,0
13	100-250	124,4	79,0 – 240,0
5	250-500	254,6	171,0 – 308,5
3	+ de 500	687,7	610,0 – 750,0
Total : 83 tests			

- 23 Avant de commenter les résultats de cette étude comparative et l'intérêt d'une telle démarche à vocation pédagogique, arrêtons-nous un instant sur les valeurs obtenues. Concernant les 9 points de prélèvement en eaux de surface, les concentrations sont relativement faibles en comparaison avec ceux obtenus dans les eaux souterraines (Dianou *et al.*, 2011). Par contre, les valeurs obtenues au niveau de certains puits et forages font problème. Concernant les 65 prélèvements effectués au niveau des 8 puits et des 21 forages différents, nous avons pu

observer des teneurs en nitrates supérieures à la valeur seuil de l'OMS pour l'eau potable, à savoir 50 mg NO₃/L, au niveau de 12 points d'eau. Cela concernait 4 puits sur 8 (50 % de puits non conformes) et 8 forages sur les 21 testés (38 % de forages non conformes), les concentrations pouvant être très élevées (plus de 500 mg NO₃/L).

24 Nous avons tenté d'expliquer l'origine de ces valeurs élevées en nitrates. Celles-ci sont dues à diverses causes (Rosillon et al., 2012). Plusieurs pistes de contamination ont ainsi été évoquées à proximité des ouvrages, en lien avec les activités anthropiques : la défécation sauvage animale et humaine, la présence de latrines à fond perdu, des fosses fumières, des aires de compostage, des dépôts de déchets, des rejets d'eaux usées... À ces causes possibles d'apport en nitrates, il convient de s'interroger sur l'impact de l'utilisation de la dynamite pour le creusement des ouvrages sur la qualité de l'eau. En effet, les valeurs les plus élevées (un maximum de 750 mg NO₃/L a été enregistré) proviennent de l'eau d'un forage creusé à la dynamite. De nombreux explosifs contiennent dans leur structure un radical nitrate qui pourrait subsister dans l'eau après forage. Quoiqu'il en soit, le diagnostic précis n'est pas évident à établir et celui-ci mérite d'être posé au cas par cas tant les fluctuations des teneurs en nitrates peuvent être importantes d'un ouvrage à l'autre, même s'ils sont très proches. Il ne s'agit pas ici d'une contamination générale de la nappe du Sourou, mais bien d'effets ponctuels qui méritent la poursuite d'observations spécifiques au niveau des points d'eau.

25 Mais revenons maintenant à l'étude comparative entre les deux méthodes en vue d'estimer la fiabilité des résultats obtenus lors de l'utilisation des bandelettes réactives. Il conviendra donc de vérifier la fiabilité des résultats obtenus par bandelettes par rapport aux résultats analytiques fournis par le laboratoire.

26 Dans le cadre de l'opération sources organisée en Belgique et évoquée dans l'introduction, les résultats ont été passés au crible d'une analyse statistique (Wattecamps et al., 2000). Plutôt que d'appliquer un test de corrélation, l'étude a procédé par catégorisation des observations et analyse d'un tableau de contingence. Cette analyse statistique, effectuée à partir de 308 observations, a révélé que la relation entre le test « bandelettes » et le contrôle réalisé en laboratoire est hautement significative.

27 Dans notre cas, nous avons réalisé une analyse de corrélation de Pearson entre le test « bandelettes » et le contrôle réalisé en laboratoire. Cette analyse a révélé que la relation entre les deux méthodes est hautement significative ($r = 0,967$; $p < 0,0001$) confirmant ainsi les résultats obtenus dans le cadre de l'opération sources organisée en Belgique (voir Figure 3). Malgré un décalage dans le temps entre la lecture instantanée des bandelettes et la mesure en laboratoire, 2-3 jours plus tard, nous pouvons observer globalement une bonne estimation de la concentration en nitrates d'une eau à partir de la mesure par bandelettes sauf dans quelques cas où la correspondance entre les deux méthodes est prise en défaut (voir Tableau 3).

Figure 3. Analyse de corrélation entre la valeur des nitrates mesurée en laboratoire et l'estimation par bandelettes (graphique de dispersion des données)

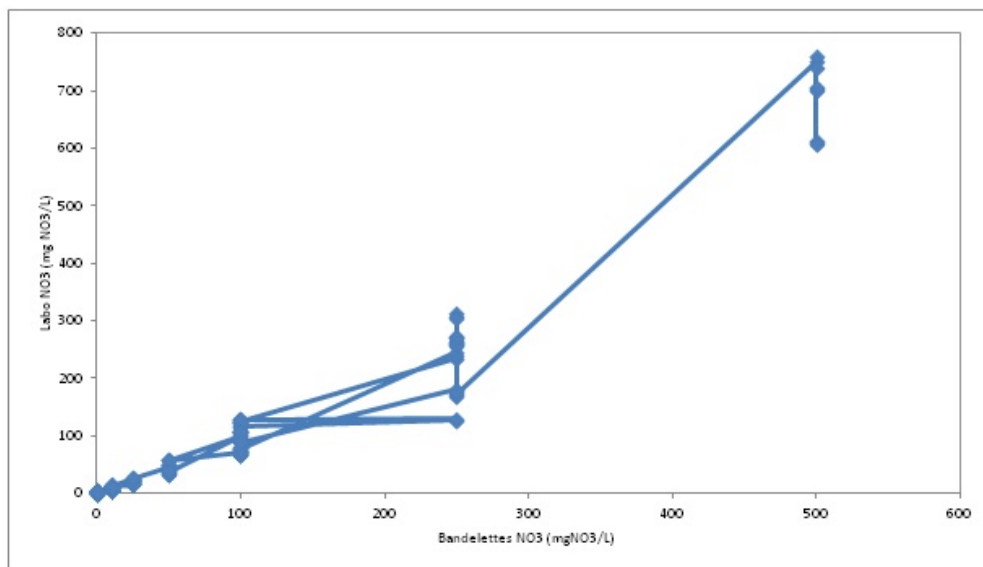


Tableau 3. Résultats de laboratoire en dehors des valeurs limites des bandelettes

Nbre de tests	Limites de classes selon les bandelettes (en mg NO ₃ /L)	Résultats labo hors limites bandelettes (en mg NO ₃ /L)	Nbre de résultats labo hors limites bandelettes	Nbre de résultats labo hors limites bandelettes (différence de + de 10%)
35	0-10	11,4 12,3	2	2
16	10-25	26	1	0
4	25-50	50,5	1	0
7	50-100	0	0	0
13	100-250	79 89 93	3	2
5	250-500	171	1	1
3	+ de 500	0	0	0
Total : 83 tests			8	5

- 28 Sur les 83 tests effectués, la gamme de concentrations estimée par les bandelettes a été confirmée par des analyses en laboratoire dans 75 cas (ou dans 90 % des cas). Inversement, on peut aussi conclure qu'en référence aux estimations par bandelettes, les résultats obtenus en laboratoire sont situés dans 90 % des cas dans les limites de classes. En acceptant un écart de 10 % maximum, 94 % des valeurs obtenues en laboratoire (78 tests valables / 83) respectent les limites de classes.
- 29 Si on considère les valeurs mesurées en laboratoire comme étant les valeurs de référence, on observe que dans la gamme de concentration de 0 à 50 mg NO₃/L, le résultat obtenu par les bandelettes est sous-estimé dans 4 cas sur 55 tests effectués. Par contre, dans la gamme de concentrations supérieures (de 50 à + de 500 mg de NO₃/L), les bandelettes surestiment la valeur mesurée en laboratoire dans 4 cas sur 28 tests effectués. Le moins bon résultat est noté dans la gamme de concentrations de 250 à 500 mg/L avec une bandelette virant à 250 pour un dosage en laboratoire de 171 mg NO₃/L, ce résultat faisant chuter la moyenne à 254 mg NO₃/L.
- 30 Il serait utile de poursuivre cette comparaison avec un plus grand nombre d'échantillons, mais en référence à ces 83 tests, on peut constater que dans l'ensemble, les mesures par bandelette fournissent une bonne estimation de la concentration en nitrates dans l'eau.

Discussion

- 31 Avant d'examiner l'intérêt pédagogique d'une telle opération, signalons que le choix des nitrates dans cette étude a été dicté par l'importance de ce paramètre en termes de santé

publique. En effet, les nitrates, réduits en nitrites dans l'organisme, peuvent présenter un risque pour la santé à travers les deux modes d'action suivants (Vilaginès, 2003) :

32 Transformation de l'hémoglobine du sang en méthémoglobine incapable d'assurer le transport de l'oxygène vers les tissus. Chez les nourrissons et les jeunes enfants, ce processus peut se traduire par des troubles graves pouvant conduire à la mort ;

33 Les nitrites en combinaison avec des amines ou amides peuvent produire des nitrosamines ou nitrosamides cancérigènes.

34 L'utilisation de bandelettes pour estimer les teneurs en nitrates des eaux présentent de nombreux avantages parmi lesquels la rapidité d'exécution, le peu de matériel employé, la détermination sur le terrain qui évite la prise d'échantillon et son acheminement vers le laboratoire. De plus, la simplicité de la méthode permet à de nombreuses personnes, dont des enfants, de devenir observateurs de la qualité des eaux. Signalons également le coût de l'analyse, 25 fois inférieur au coût d'une analyse en laboratoire, selon le prix du test nitrates Merckoquant comparé au coût d'une analyse effectuée par le laboratoire national d'analyse des eaux de Ouagadougou.

35 Outre l'intérêt de disposer de données fiables sur des catégories de concentrations en nitrates dans les eaux, cette méthode d'acquisition de données revêt un intérêt pédagogique lorsqu'elle est mise en œuvre dans un cadre scolaire. En Belgique, une évaluation pédagogique de l'impact de l'opération sources sur les connaissances et attitudes des enfants à propos de la ressource eau a montré le succès sur le plan pédagogique d'une telle opération. Outre l'amélioration des connaissances concernant la potabilité de l'eau, les nitrates, les responsabilisations dans la pollution des eaux... les enfants ont modifié leurs attitudes vis-à-vis de la ressource eau à travers de petits gestes quotidiens contre le gaspillage d'eau ou en faveur de l'utilisation d'eau de pluie (Leroy, 1996). Dans le bassin du Sourou, seule l'école de Guiédougou a participé à l'opération en mesurant la teneur en nitrates des eaux de puits et forages à proximité de l'école. Les valeurs fournies par les enfants étaient conformes aux résultats obtenus en laboratoire. Il s'agissait avant tout d'un test de faisabilité pouvant conduire par la suite à une plus large application.

36 Cet exercice pratique devrait aussi permettre d'illustrer sur le terrain les programmes d'éducation environnementale mis en exergue dans le code de l'environnement. Dans le domaine de l'eau, l'éducation relative à l'environnement semble peu développée au Burkina Faso. Avant l'avènement du concept GIRE, les activités pédagogiques d'éducation relative à l'environnement portaient essentiellement sur des activités liées à la plantation d'arbres, la propreté et l'embellissement, la création de jardin scolaire, la construction de diguette... le thème de la gestion de l'eau étant négligé (Ouedraogo, 2003). À titre d'exemple, l'action « une école – un bosquet », initiée par le Gouvernement burkinabé en 1994 a conduit 2.552 écoles sur les 5.500 que comptait le pays à mettre en place une plantation d'arbres à proximité de l'école de 1995 à 2001. Ce genre d'activité permet donc d'initier des attitudes comportementales positives vis-à-vis de la protection de la nature (Ouedraogo, 2003).

37 Ce désintéressement apparent à la gestion de l'eau peut s'expliquer selon Ouedraogo (2003) par le fait que l'eau est gratuite, les ouvrages d'approvisionnement en eau étant un don du gouvernement ou des ONG, les populations ne se sentant pas responsables de la gestion et de l'entretien des points d'eau. Pour la moindre panne, elles attendent l'aide des donateurs. Cet état de fait a été constaté dans le cadre de l'opération de réparation des forages par la COPROD, une action du contrat de rivière Sourou. Rappelons qu'une centaine de forages ont fait l'objet d'une restauration, mais certains à nouveau en panne après quelques mois n'ont pas été pris en charge par les populations. Cette perception négative quant à la responsabilité des populations dans la gestion des points d'eau peut être due à un manque d'éducation et de sensibilisation. Ces lacunes peuvent être comblées dès l'école primaire en sensibilisant les enfants à la bonne gestion de l'eau. Or, ces activités pédagogiques sont relativement rares au Burkina Faso.

38 Par le passé, Ouedraogo (2003) mentionne cependant quelques activités dans le domaine de l'eau. Notamment, l'UNICEF et ses partenaires ont mis en place un programme intitulé « assainissement, approvisionnement en eau potable et environnement » qui poursuit comme objectif la mise à disposition adéquate en latrines et points d'eau moderne dans les écoles,

274 forages ayant été réalisés. D'autres contributions du volet éducation et sensibilisation de l'UNICEF ont consisté à des formations à l'intention des enseignants, des élèves et des populations à propos de la gestion et de l'entretien d'un forage ou encore sur les relations eau et santé ou l'utilisation des latrines. Par ailleurs, dans le cadre de campagnes d'alphabétisation, les activités développées sur le thème de l'eau ont eu un impact positif sur le comportement des populations par rapport à la problématique de l'eau (Compaoré, 2003).

39 Ce souci pédagogique vis-à-vis des ressources en eau figure pourtant bien dans le Plan d'Action de Gestion Intégrée des Ressources en Eau – PAGIRE (ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources halieutiques, MAHRH, 2003). Plus précisément, l'action 6.1.12. porte sur l'introduction des notions de la GIRE dans les programmes d'éducation et de formation de base. L'action consiste notamment à former 1040 enseignants, tous niveaux confondus, du primaire à l'université, au concept de la GIRE et faire connaître les notions élémentaires relatives aux ressources en eau dès les écoles primaires (voir les fiches d'action du PAGIRE, première phase 2003-2008). Le rapport 2010 de mise en œuvre du PAGIRE ne reprend cependant pas l'évaluation de cette action. De manière sibylline, sont simplement mentionnées des actions de sensibilisation et d'information en direction des différents groupes cibles définis sans fournir plus de précisions quant à la mise en œuvre de ces actions (MAHRH, 2010 et 2011).

40 À l'instar du programme « une école – un bosquet » évoqué ci-dessus, une opération de contrôle des nitrates dans les eaux devrait inviter les enfants à l'action, tout en modifiant leur rapport à l'eau. En effet, si les points d'eau sont essentiellement occupés par les femmes et les enfants, c'est que c'est aussi à eux que revient trop souvent la corvée eau. Au-delà de cette banale, mais importante, tâche quotidienne, nous offrons ici aux enfants un rôle d'expert qui peut être motivant. Ce rôle d'expert leur revient dès l'instant où ils participent à la caractérisation de la qualité de l'eau par l'évaluation des teneurs en nitrates. Par la production de connaissances, l'enfant pourra ainsi développer une expertise valorisante au sein de la communauté. Et au-delà de ce rôle d'expert, l'enfant pourrait devenir « gardien d'un point d'eau ». On pourrait aussi envisager le parrainage d'un forage par l'école. Ces missions confiées aux enfants peuvent modifier leur regard sur l'eau en vue de développer des attitudes comportementales respectueuses de la ressource en eau. Et n'oublions pas que les enfants d'aujourd'hui sont les adultes de demain qui risquent d'être confrontés de manière plus problématique encore aux difficultés d'approvisionnement en eau.

Conclusions et perspectives

41 L'estimation des teneurs en nitrates dans les eaux de la vallée du Sourou en utilisant un test rapide par bandelettes réactives est possible et fournit des données fiables en comparaison avec les mesures analytiques effectuées en laboratoire. Le test « bandelettes » utilisé couvre une large gamme de concentrations allant de 0 à plus de 500 mg de NO_3/L . Ces concentrations correspondent à celles observées dans la vallée du Sourou, les résultats de laboratoire variant de 0,1 à 750 mg de NO_3/L . Nous avons pu vérifier simultanément par les deux méthodes (bandelettes et analyses laboratoire) que la norme de potabilité de l'OMS n'était pas respectée pour 12 points d'eau sur les 29 testés. Des concentrations parfois très élevées (plus de 500 mg/L) ont été observées. Les contaminations seraient d'origine multiple. À côté des activités anthropiques pouvant contrarier la qualité des eaux (défécation animale et humaine, eaux usées, latrines à fond perdu, déchets, aires de compostage et de fumières, ...), le fait d'avoir recours à la dynamite lors du creusement du forage ne pourrait-il aussi expliquer les concentrations élevées en nitrates dans la nappe ? Cette problématique mériterait d'être approfondie à partir d'autres observations à une plus grande échelle.

42 Au-delà de l'utilisation des bandelettes pour produire, à faible coût, des données valables estimant les teneurs en nitrates dans les eaux, cette démarche revêt un caractère pédagogique à l'instar de l'opération sources qui avait été organisée en Belgique dans les années 90.

43 Une transposition de cette activité d'éducation relative à l'environnement est suggérée au Burkina Faso en collaboration avec les écoles et les mouvements de jeunes. Les enfants, qui secondent souvent leur mère dans la corvée eau en milieu rural, deviennent « experts »

en produisant des données de qualité de l'eau. Cette fonction valorisante au niveau de la communauté villageoise devrait permettre une sensibilisation des jeunes à la gestion des ressources en eau et une invitation à l'action en devenant par exemple gardien d'un point d'eau. Cette initiative pourrait également répondre aux préoccupations du code de l'environnement ou du PAGIRE qui préconise des activités pédagogiques dans le domaine de l'eau.

44 L'activité évoquée ici devrait être encadrée par la Direction générale des ressources en eau du MAHRH et du Ministère de l'Enseignement de base et de l'alphabétisation en partenariat avec les collectivités territoriales et les usagers de l'eau regroupés dans les comités locaux de l'eau (CLE), tout en veillant à diffuser vers le grand public les résultats d'une telle opération. La problématique de la gestion des ressources en eau se heurte encore trop souvent à l'inertie des mentalités qu'il convient de faire évoluer à travers des actions d'information et de sensibilisation. L'opération « nitrates » présentement suggérée peut apporter une contribution dans ce sens.

Bibliographie

Assemblée des Députés du peuple, 1997, Loi N° 005/97/ADP portant Code de l'environnement au Burkina Faso, 21 p.

Bado-Sama, H. et F. Rosillon, 2009, Contrat de rivière Sourou : bilan 2003-2008 du programme d'actions, Rapport COPROD / ULG, 76p.

Compaoré, M., 2003, Education environnementale et programmes d'alphabétisation au Burkina Faso, *VertigO, Hors-série 1*, décembre 2003, [En ligne] URL : <http://vertigo.revues.org/1954>. consulté le 7 février 2012.

Dianou, D., J.N. Poda, L.G. Savadogo, H. Sorgho, S.P. Wando et B. Sondo, 2004, Parasitoses intestinales dans la zone du complexe hydroagricole du Sourou au Burkina Faso, *VertigO*, 5, 2, pp. 1-8.

Dianou, D., B. Savadogo, D. Zongo, T. Zougouri, J.N. Poda, H. Bado et F. Rosillon, 2011, Qualité des eaux de surface dans la vallée du Sourou : cas des rivières Mouhoun, Sourou, Debe et Gana au Burkina Faso, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5, 4, pp. 1571-1589.

Direction de l'Inventaire des Ressources Hydrauliques (DIRH), Ministère de l'Eau, Burkina Faso, 1993, Notice explicative de la carte hydrogéologique du Burkina Faso à l'échelle 1 : 500.000, feuille Bobo-Dioulasso, 40 p.

Fall, C., 1996, Analyse des conditions de transfert de l'opération sources au Sénégal, Mémoire DEA, FUL, Arlon, 143 p.

Goffin, L., 1998, Un exemple d'action éducative en environnement, l'opération sources, International Network in Environmental Education, [En ligne] URL : <http://allies.alliance21.org/polis/spip.php?article=192>. consulté le 26 octobre 2011.

Lecocq, A., 1996, Participation des enseignants à l'opération sources et autres projets d'éducation relative à l'environnement, recherche des éléments de motivation dans l'enseignement secondaire, Mémoire DEA, FUL, Arlon, 91 p.

Leroy, M., 1996, Evaluation de l'impact de l'opération sources sur les connaissances et attitudes des enfants à propos de la ressource « Eau », Etude auprès d'enfants du troisième cycle de l'enseignement primaire en communauté française de Belgique, Mémoire DEA, FUL, Arlon, 114 p.

Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques (MAHRH), 2003, Plan d'action national de gestion intégrée des Ressources en eau (PAGIRE), Ouagadougou, Burkina Faso, 62 p.

Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques (MAHRH), 2003, Fiches d'action du Plan d'Action pour la Gestion intégrée des Ressources en eau (PAGIRE), première phase 2003-200, Ouagadougou, Burkina Faso, 62 p.

Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques (MAHRH), SP PAGIRE, 2010, Rapport de mise en œuvre du PAGIRE, Ouagadougou, Burkina Faso, 13 p.

Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques (MAHRH), 2011, Rapport bilan GIRE 2010 et perspectives 2011, Ouagadougou, Burkina Faso, 29 p.

Ouedraogo, B., 2003, La gestion de l'eau et l'éducation environnementale dans les documents pédagogiques au Burkina Faso, *VertigO, Hors-série 1*, décembre 2003, [En ligne] URL : <http://vertigo.revues.org/1968>. consulté le 7 février 2012.

- Rodier, J., 2005, L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, Ed. Dunod, Paris, 1384 p.
- Rosillon, F., 2010, La GIRE décryptée, éléments pour un renforcement de la GIRE en Haïti et dans les pays en développement, Ed. PROTOS / ULG, Arlon, Belgique, 144 p.
- Rosillon, F. et H. Bado-Sama, 2006, Local actions for a global challenge through the experiences of a river contract in Belgium and in Burkina Faso (West Africa), Poster presented at the 4th World Water Forum, Mexico.
- Rosillon, F., P. Vander Borgh et H. Bado-Sama, 2005, River contract in Wallonia (Belgium) and its application for water management in the Sourou valley (Burkina Faso). *Water Sciences and Technology*, 52, 9, pp. 85-93.
- Rosillon, F., B. Savadogo, A. Kaboré, H. Bado-Sama et D. Dianou, 2012, Attempts at answer at the origin of the nitrates high concentrations in groundwaters of the Sourou valley in Burkina Faso, *Journal of Water Resource and Protection*, 4, 8, accepted, 18 p.
- Sosson, B., 1994, Un regard clair sur l'eau des sources, Opération sources WWF, Farde pédagogique-pilote destinées aux enseignants de l'enseignement secondaire, Ed. WWF-Belgique.
- Traoré, I., 2003, Impact des facteurs géographiques sur le développement des schistosomiasés dans la vallée du Sourou, Mémoire de Maîtrise en Géographie, Université de Ouagadougou, 119 p.
- Vilaginès, R., 2003, Eau, environnement et santé publique, Introduction à l'hydrologie, Ed. Lavoisier, 2^{ème} éd., Paris, 198 p.
- Wattecamps, JM., J. Bernier, L. De Backer et JJ. Boreux, 2000, L'opération sources en Belgique : premières analyses statistiques des résultats et légitimité des cartes « nitrates », *Hydrological Sciences*, 45,1, pp. 43-60.

Pour citer cet article

Référence électronique

Francis Rosillon, Boubacar Savadogo, Aminata Kabore, Jean Noël Poda, Hortense Bado-Sama et Dayeri Dianou, « Estimation des teneurs en nitrates dans les eaux potables par l'utilisation de bandelettes réactives : un exercice d'éducation à l'environnement dans la vallée du Sourou au Burkina Faso », *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Volume 12 Numéro 2 | septembre 2012, mis en ligne le 20 septembre 2012, consulté le 12 novembre 2012. URL : <http://vertigo.revues.org/12274> ; DOI : 10.4000/vertigo.12274

À propos des auteurs

Francis Rosillon

Université de Liège, Département Environnement Campus d'Arlon, 185 avenue de Longwy 6700 Arlon, Belgique, Courriel : f.rosillon@ulg.ac.be

Boubacar Savadogo

Institut de Recherche en Sciences de la Santé, 03 BP 7192 Ouagadougou, Burkina Faso, Courriel : bouba7@yahoo.fr

Aminata Kabore

CRSBAN/UFR-SVT/Université de Ouagadougou 03 BP 7023 Ouagadougou, Burkina Faso, Courriel : kab.amina@yahoo.fr ;

Jean Noël Poda

Institut de Recherche en Sciences de la Santé, 03 BP 7192 Ouagadougou, Burkina Faso, Courriel : podajnl@yahoo.fr

Hortense Bado-Sama

ONG, Convention pour la Promotion d'un Développement Durable, 096 BP 9284 Ouagadougou, Burkina Faso, Courriel : sgnangana@yahoo.fr.

Dayeri Dianou

Institut de Recherche en Sciences de la Santé, 03 BP 7192 Ouagadougou, Burkina Faso, Courriel : dayerid@yahoo.fr

Droits d'auteur

© Tous droits réservés

Résumés

Dans le cadre de l'application du contrat de rivière Sourou au Burkina Faso, une estimation des teneurs en nitrates dans les eaux a été effectuée en utilisant un test rapide par bandelettes réactives. De 2008 à 2011, 29 forages et puits et 9 points de prélèvement en eaux de surface localisés dans la vallée du Sourou ont fait l'objet d'une étude comparative entre le test bandelettes et l'analyse classique en laboratoire. Les résultats étaient comparables dans 90 % des cas. Nous avons pu vérifier simultanément par les deux méthodes que la norme de potabilité de l'OMS de 50 mg de nitrates par litre (NO_3/L) était dépassée dans l'eau souterraine pour 12 ouvrages sur les 29 testés. Des concentrations supérieures à 500 mg de NO_3/L ont parfois été observées. Les contaminations seraient d'origine multiple : défécation animale et humaine, latrines, eaux usées. L'utilisation de dynamite pour le creusement des ouvrages a aussi été évoquée. Au-delà de l'utilisation d'un test rapide pour produire, à faible coût, des données valables estimant les teneurs en nitrates dans les eaux, cette démarche revêt un caractère pédagogique à l'instar des opérations sources qui avaient été organisées en Belgique dans les années 90. Une transposition de cette activité d'éducation relative à l'environnement est suggérée au Burkina Faso en collaboration avec les écoles.

Within the framework of the application of the contract of Sourou river in Burkina Faso, an estimation of the nitrates contents in waters was made by using a fast test by reagent strips. From 2008 to 2011, 29 drillings and wells and 9 points in surface waters located in the Sourou valley were the object of a comparative study between the test strips and the classic analysis in laboratory. The results were comparable in 90 % of the cases. We were able to verify simultaneously by both methods that the safe water WHO standard of 50 mg NO_3/L was exceeded in the groundwater for 12 drillings and wells on 29 tested. Concentrations superior to 500 mg NO_3/L were sometimes observed. The contaminations would be of multiple origins : animal and human defecation, latrines, waste water, and the use of dynamite for the digging having also been evoked. Beyond the use of a fast test to produce, at low cost, valid data estimating the nitrates contents in waters, this approach takes on an educational character following the example of the springs operations which had been organized in Belgium in the 90s. A transposition of this educational activity relative to the environment is suggested in Burkina Faso in association with schools.

Entrées d'index

Mots-clés : Burkina Faso, Sourou, eaux, potables, nitrates, contamination, éducation, écoles

Keywords : Burkina Faso, Sourou, drinking water, nitrates, contamination, education, schools