

SOMMAIRE

**PRISE EN CHARGE DES URGENCES OBSTÉTRICALES
AU CENTRE DE SANTÉ DE RÉFÉRENCE DE MACINA, MALI DE 2017 À 2019.....1**

TELLY N., SISSOKO M. S., MAÏGA B.,
TRAORE L., BORE B., DIALLO S., SANGHO O.,
BERTHE M.⁷ EYDOU DOUMBIA S

**PROFIL ÉPIDÉMIOLOGIQUE DES PARASITOSEs INTÉSTINALES
CHEZ LES ENFANTS D'ÂGE SCOLAIRE REÇUS
AU CENTRE MÉDICAL COMMUNAL DE MATAM, CONAKRY, GUINÉE.....13**

BEAVOGUI A. H., TOURE A. A., TRAORE S.,
KOROPOGUI M., SYLLA Y. S., CAMARA D.

**DERMATITE DE CONTACT A LA NOIX DE CAJOU
EN CÔTE D'IVOIRE.....33**

N'GUESSAN L. M. A., OUATTARA Y. M.,
KRA A. A. C., KOUAMÉ A. A. B.,
KOUASSI BLÉ K. A., AKA I. N. A., WOGNIN S. B.

**PREVALENCE DES VICTIMES PAR NOYADES
AU SENEGAL ENTRE 2015 ET 2019.....45**

SOW P. G., DRAMÉ A., GUÈYE B., BOP M. C.,
TALL A. B., ASSANE DIOP, KA O., DIOP C. T.,
FALL S. E., LEYE M. M. M., NIANG M. N., DIOP P. A.

**BILAN DE DEPISTAGE DES PATHOLOGIES CERVICALES
PAR FROTTIS CERVICO-UTERIN A L'HÔPITAL ARISTIFDE LE DANTEC
DE DAKAR EN 2016.....55**

DIOP N.¹; NDIADÉ A.²; DIALLO A. S.¹; GUEYE M. V.¹;
DIATTA A. L.³; DIATTA R.⁴; NGOM A. I.¹; DIALLO A. K.⁵;
SY M.¹; FAYE O.¹

**EXPOSITION A L'ARSENIC DES POPULATIONS DE ZONES
PERI-MINIERES DANS LA REGION DE KEDOUGOU (SENEGAL) :
ETUDE EXPLORATOIRE.....69**

BAH F., DIENG A., FAWOMOE F.
R., DAFFÉ M. L., NDONG A.,
LAM A., DIOP C., DIOUF M., FALL
M., CABRAL M., TOURÉ A.

EXPOSITION A L'ARSENIC DES POPULATIONS DE ZONES PERI-MINIERES DANS LA REGION DE KEDOUGOU (SENEGAL) : ETUDE EXPLORATOIRE

EXPOSURE TO ARSENIC OF POPULATIONS IN PERI-MINING AREAS IN THE KÉDOUGOU REGION (SENEGAL): EXPLORATORY STUDY

Auteurs/Authors : BAH F.¹, DIENG A.², FAWOMOE F. R.¹, DAFFÉ M. L.¹, NDONG A.¹, LAM A.¹, DIOP C.¹, DIOUF M.², FALL M.¹, CABRAL M.¹, TOURÉ A.^{1*}

1. *Laboratoire de Toxicologie et Hydrologie, Faculté de Médecine, Pharmacie et Odontologie (FMPO), Université Cheikh Anta Diop, Dakar (UCAD), Sénégal, B.P. 5005 Dakar-Fann.*
2. *Laboratoire de Santé publique, département d'Odontologie et de Stomatologie, FMPO, UCAD, Sénégal, B.P. 5005 Dakar-Fann.*

* *Auteurs correspondant* :

Pr Aminata TOURE

BP 5005.

Email : aminata.toure@ucad.edu.sn ;

amitoure@hotmail.com

Tél. : 221 78 113 66 68 ;

Fax : 221 33 824 65 39

RESUME

L'arsenic est un élément ubiquiste dont la toxicité chez l'homme est caractérisée par une atteinte d'organes et une perturbation de certaines fonctions entraînant une morbidité et une mortalité élevées dans certaines zones du monde. Au Sénégal, des sites d'exploitation minière enregistrent des concentrations d'arsenic pouvant atteindre 0,041 mg/L d'eau, donc supérieures à la limite de 0,01 mg/L fixées par l'OMS. L'objectif de ce travail était d'étudier les caractéristiques sociodémographiques, de santé et de travail, les habitudes de vie et l'exposition à l'arsenic de populations de zones péri-minières à Saraya dans la région de Kédougou (Sénégal). Après sélection aléatoire, interrogatoire et examen clinique, trois cent (300) adultes et enfants résidant à Saraya ont été enregistrés. Des prélèvements d'urine ont été réalisés chez 1/30^{ème} de la population observée, pour la recherche d'arsenic par ICP-MS. Les analyses statistiques ont été effectuées par Stata/IC 14.0. Des troubles hématologiques étaient retrouvés chez 2,67% de l'échantillon. Sur les personnes examinées, 19,05% présentaient des signes cutanés à type de papules cornées, 20,64% des leuco-mélanodermies, 26,98% des lésions sur les ongles et 26,98% des ulcérations sur les commissures labiales et les extrémités des membres. Sur les 10 échantillons d'urine analysés, 8 avaient un taux d'arsenic urinaire > 10 µg/g de créatinine. Ces résultats suggèrent une pollution environnementale qui expliquerait les taux élevés d'arsenic retrouvés. Une étude plus large dans la population générale permettrait de déterminer les sources d'exposition dans cette zone et le niveau de contamination par le dosage de l'arsenic dans le sang et des dérivés méthylés dans les urines.

Mots clés : Arsenic, environnement, toxicité, pollution.

ABSTRACT

Arsenic is an ubiquitous element whose toxicity in humans is characterized by organ damage and disruption of certain functions leading to high morbidity and mortality in certain areas of the world. In Senegal, mining sites record arsenic concentrations of up to 0.041 mg/L of water, which is above the limit of 0.01 mg/L set by the WHO. The objective of this work was to study the socio-demographic, health and work characteristics, lifestyle habits and arsenic exposure of populations in peri-mining areas in Saraya in the Kedougou region (Senegal). After random selection, interview and clinical examination, three hundred (300) adults and children residing in Saraya were registered. Urine samples were taken from 1/30th of the observed population, for arsenic testing by ICP-MS. Statistical analyzes were performed by Stata/IC 14.0. Hematologic disturbances were found in 2.67% of the sample. Of the clinically examined population, 19.05% presented skin signs such as horny papules, 20.64% leuko-melanoderma, 26.98% lesions on the nails and 26.98% ulcerations on the labial commissures and extremities of limbs. Of the 10 urine samples analyzed, 8 had a urine arsenic level of $> 10 \mu\text{g/g}$ of creatinine. These results suggest an environmental pollution which would explain the high arsenic levels found. A larger study in the general population would allow to determine the sources of exposure in this area and the level of contamination by the assay of arsenic in the blood and methylated derivatives in the urine.

Keywords: Arsenic, environment, toxicity, pollution.

1. INTRODUCTION

L'arsenic est un élément chimique naturellement présent dans toutes les composantes de l'environnement (air, sol, roches, eaux et êtres vivants). Dans la croûte terrestre, sa forme la plus abondante est associée principalement aux filons de minéraux sulfurés comme le cuivre, le plomb et l'or (1). C'est ainsi que l'arsenic peut être présent de façon naturelle dans l'eau, par dissolution de dépôts minéraux ou de roches contenant de l'arsenic inorganique. Les dépôts atmosphériques, provenant principalement de la combustion d'énergies fossiles, de la production de métaux, des activités agricoles et de l'incinération des déchets, contribuent également à la présence d'arsenic dans l'eau (2 ; 3).

Les installations de production d'or et de métaux communs constituent des sources anthropiques d'arsenic. L'arsenic inorganique, le plus fréquent dans l'eau, peut présenter plusieurs états d'oxydation (-III, 0, +III et +V), les formes trivalentes et pentavalents étant les plus communes. La consommation d'eau riche en arsenic (supérieur à 0,01 mg/L) sur une longue période (5 à 20 ans) entraîne une intoxication par l'arsenic qui peut contribuer à la survenue de lésions cutanées, de neuropathies, de diabètes, de maladies pulmonaires ou de cancers (4).

Selon le Programme Mondial pour l'Évaluation des Ressources en Eau, la pollution naturelle à l'arsenic de l'eau potable est maintenant considérée comme une menace globale affectant près de 140

millions de personnes dans 70 pays, sur tous les continents (5). En Afrique, certaines populations sont confrontées à la pollution de l'eau de consommation par de l'arsenic à des concentrations qui dépassent la norme de 0,01 mg/L recommandée par l'Organisation mondiale de la Santé (OMS). Selon Edmunds et Smedley en 1996 (4), les eaux de surface polluées par les effluents des mines d'or présentaient des concentrations allant jusqu'à 350 µg/L au Ghana. En Afrique du Sud et au Zimbabwe, Jonnalagadda et Nenzou (6) avaient noté la présence d'arsenic dans les eaux de surfaces polluées par les mines d'or. Au Burkina Faso, des auteurs ont rapporté des intoxications à l'arsenic avec des concentrations pouvant aller jusqu'à 1590 µg/L entraînant ainsi un empoisonnement de l'eau potable par l'arsenic (7 ; 8). Il a été rapporté par Ortiz Escobar et al (9) qu'en Afrique, jusqu'en 2005, il n'y avait pas de mesure concernant le taux d'arsenic dans les eaux souterraines.

Dans la zone d'étude de Kédougou, les mesures effectuées dans certains forages communautaires à Saraya ont donné une qualité des eaux généralement bonne, qui convient à la consommation. Toutefois, au niveau de 2 forages, des concentrations d'arsenic de 0,011 mg/L et de 0,041 mg/L ont été notées (10). Ainsi, l'impact de l'exposition de cet arsenic sur la santé des populations suscite un intérêt majeur. Cependant, il n'a pas été trouvé d'études mettant en évidence le niveau de l'arsenic chez les populations de cette zone. Le présent travail avait pour objectif d'étudier les caractéristiques sociodémographiques, de santé et de travail, les habitudes de vie et l'exposition à l'arsenic de populations de

zones péri-minières à Saraya dans la région de Kédougou.

2. METHODES

2.1. Type et cadre d'étude

Il s'agissait d'une étude exploratoire transversale ayant pour cadre Saraya, le chef-lieu de l'un des 3 départements de la région de Kédougou au Sénégal, qui est une localité que l'on pourrait qualifier de résidentielle du fait qu'elle regroupe les établissements administratifs et sanitaires (sous-préfecture, centre de santé).

2.2. Population d'étude

La population d'étude était constituée d'enfants, adultes, hommes ou femmes, travaillant ou non dans le secteur minier formel ou informel.

2.2.1. Critères de sélection

Compte tenu des effets de l'arsenic sur la santé, décrits dans la chronicité, les personnes éligibles avaient résidé dans la zone d'étude pendant au moins cinq (5) ans et étaient âgés d'au moins 6 ans. La présence des personnes éligibles (mobiles ou à mobilité réduite) lors du passage des équipes d'enquêteurs était requise pour être inclus dans l'enquête.

2.2.2. Variables étudiées

Il s'agissait de données sociodémographiques et de travail, comportementales et d'habitudes de vie notamment, par rapport à la consommation d'eau, de données sur l'état de santé et plus spécifiquement sur l'état dermatologique. Les données biologiques consistaient en des

prélèvements d'urine à la recherche d'arsenic.

2.2.3. Echantillon et collecte de données

En l'absence de données sur l'exposition des populations à l'arsenic, une proportion théorique de 50% a été retenue pour calculer la taille (n) de l'échantillon selon la formule de Schwartz avec

$n = z^2 \times p \times (1-p) / i^2$ où **z** est l'écart réduit au risque de 5%, **p**, la proportion estimée de l'exposition à l'arsenic et **i** la marge d'erreur ou précision. Pour une taille de 267, cette marge d'erreur était estimée à 0,06. Afin d'augmenter la précision et pour parer à d'éventuelles pertes ou dossiers non exploitables, la taille a été portée à 300.

La base d'échantillonnage était constituée de l'ensemble des ménages (unités d'échantillonnage) du chef-lieu du département de Saraya. Les personnes adultes et les enfants en âge de répondre à des questions (au moins 6 ans) étaient les unités déclarantes qui fournissaient l'information recherchée, alors que l'unité d'analyse était toute personne homme, femme ou enfant faisant partie de l'échantillon. Toute personne éligible dans les maisons ou concessions visitées, sur la base d'un échantillonnage aléatoire fait à partir des ménages, faisait l'objet d'observation.

La collecte des données s'est déroulée en 3 phases. Dans la phase 1, la collecte de données de base par questionnaire était effectuée auprès de l'ensemble de l'échantillon de 300 personnes (données socio-démographiques et comportementales tels que : l'âge, le sexe, la consommation d'eau, le tabagisme, ...).

Dans la phase 2, les personnes de la phase 1 faisaient l'objet de consultation médicale et surtout dermatologique. Dans la troisième phase, l'échantillon était réduit au 30^{ème} à titre exploratoire car la recherche et la quantification de l'arsenic dans les matrices biologiques ne sont pas encore réalisables dans nos laboratoires en raison du plateau technique non outillé et par conséquent de la non validation des méthodes. Ainsi, un total de 10 prélèvements d'urine a été fait.

Les données sociodémographiques, et de travail, comportementales et d'habitudes de vie étaient recueillies avec un questionnaire (guide d'entretien individuel semi-structure) par des enquêteurs qui étaient des personnes du terroir sachant parler les langues locales et ayant au moins un niveau d'instruction du secondaire. Ces enquêteurs avaient bénéficié d'une formation avant l'enquête sur le terrain en vue d'une calibration et uniformisation dans le recueil des données qui était fait par questionnaire en face à face.

Les données de l'état de santé et spécifiquement les données dermatologiques étaient recueillies par des médecins qui exercent dans la zone d'investigation (Kédougou, Saraya). Le recueil consistait en un examen visuel dermatologique à la structure de santé de Saraya.

Les données biologiques étaient recueillies par des techniciens de laboratoire habilités à travailler dans les laboratoires d'analyse des structures de santé. Ces prélèvements étaient faits dans les structures de santé de Saraya. Du matériel, à usage unique (tube de recueil, paire de gants de protection pour ne pas se souiller les mains), était destiné au

prélèvement d'urine fraîche. Après identification, les échantillons urinaires ont été conservés dans une glacière chargée d'*ice pack*. A la fin de la journée d'enquête, tous les échantillons étaient conservés au réfrigérateur à +4°C. Une fois l'enquête terminée, tous les prélèvements étaient acheminés au laboratoire de Toxicologie et d'Hydrologie de l'Université Cheikh Anta Diop et conservés dans un congélateur à -20°C jusqu'à l'analyse.

2.3. Méthodes d'analyse

2.3.1 Analyse des urines

Le dosage de l'arsenic total (as) dans les urines a été réalisé par le laboratoire de Toxicologie du Centre de Biologie Pathologie (CBP), Centre Hospitalo-universitaire de Lille. Les analyses ont été effectuées à l'aide d'un spectromètre de masse à plasma inductif Varian 820 (ICP-MS) équipé d'un CRI. Les gammes d'étalonnage ont été préparées en ajoutant des concentrations connues pour contrôler l'urine et de manière à établir 5 à 6 points dans les gammes de concentrations généralement observées dans la population générale. Les limites de détection (LOD) et de quantification (LOQ) ont été calculées comme étant respectivement trois fois et dix fois les écarts types des concentrations des échantillons blancs. L'exactitude, la répétabilité et la reproductibilité ont été contrôlées en étudiant les résultats des tests. Le programme de contrôle de qualité interne comprenait l'utilisation d'étalons internes, de blancs de laboratoire et de matériaux de référence (Serorm™ Trace Elements Urine de SERO, et Urine métaux normaux et haut de gamme d'UTAK).

La puissance de la torche est fixée à 1500 W, le débit d'introduction de l'échantillon est de 1 mL/min et le débit d'argon alimentant le nébuliseur est de 1,12 L/min. L'ion 75As est utilisé dans cette analyse. La colonne G3288-800000 (4,6 x 250 mm, Agilent technologies) et la précolonne G3154-65002 (Agilent Technologies) permettent les séparations des différentes formes. La phase mobile est constituée de tampon phosphate (2 mM), de CH₃COONa (10 mM), de NaNO₃ (3 mM), d'éthanol (1%), et d'EDTA (0,2 mM). Elle est ajustée précisément à pH 11 avec de la soude (N). Il n'y a pas de préparation de l'échantillon et une injection directe de 5 µL a suffi (11).

2.3.2 Analyse statistique des données

Le niveau de signification était de 0,05 pour tous les tests et toutes les analyses statistiques ont été effectuées en utilisant Stata/IC 14.0 pour Windows (TX: StataCorp LP). Les analyses descriptives usuelles ont été utilisées pour présenter les caractéristiques sociodémographiques, les habitudes de vie et les manifestations cliniques par des proportions et des moyennes avec déviation standard.

2.4. Gestion des données et du matériel biologique

Les données ont été protégées contre toute exploitation non autorisée. Elles étaient anonymes, car les noms des personnes enquêtées n'étaient pas associés aux données. Il a été affecté à chaque personne enquêtée un numéro d'identification unique. Seules les personnes responsables de la gestion des données pouvaient établir les liens en cas de nécessité. Pour une utilisation future, les données stockées et

archivées ne pourront être retrouvées que par des mots-clefs.

Les équipements et le matériel utilisés pour les opérations impliquant des prélèvements d'urine sont conçus, installés et entretenus de façon à permettre un nettoyage et une décontamination aisés, selon les procédures décrites par le fabricant. Les opérations de nettoyage et de décontamination ne génèrent pas de risques de contamination des intervenants, car ces derniers étaient protégés par des masques et des gants appropriés exigés sur le terrain et au laboratoire. Le surplus d'urine était versé dans les toilettes de la structure de santé de Saraya. Les déchets issus du matériel qui a servi pour les prélèvements étaient mis dans une poubelle appropriée. Le matériel biologique humain n'a pas connu une utilisation secondaire à des fins d'autres recherches.

2.5. Considérations éthiques

Les données recueillies sur les populations ont fait l'objet de confidentialité et aucune relation n'a pu être établie entre les données personnelles et une situation ou un fait ou résultat. Pour respecter l'anonymat, un numéro d'identification unique était attribué à chaque personne enquêtée, aussi bien pour les données sociodémographiques, de santé et comportementales que pour les données provenant des analyses d'urine. L'équipe de recherche a veillé au respect des populations dans leurs cultures, leurs coutumes et leurs habitudes de vie, ainsi que pour d'éventuelles réclamations. Le comité national d'éthique pour la recherche en santé avait émis un avis éthique et scientifique favorable pour la mise en

œuvre de la présente étude par référence Protocole SEN18/56.

3. RESULTATS

3.1. Caractéristiques sociodémographiques et de travail

La moyenne d'âge de la population étudiée était de $32,25 \pm 17,86$ ans. Il y avait plus d'hommes (64,67%) que de femmes (35,33%). Cent soixante douze personnes (172), soit 57,33% de la population résidaient de façon permanente dans la localité ; tandis que 128, soit 42,67% y résidaient temporairement. Parmi les 300 personnes enquêtées, 138 (plus du tiers) n'avaient pas été à l'école française, contre, 101 qui y étaient au primaire (le tiers), 56 au secondaire et 5 au supérieur. En ce qui concerne l'alphabétisation en langues locales et en enseignement coranique, 255 disaient n'avoir pas été alphabétisés contre 45. Le secteur primaire (commerçant, agriculteur, ménagère, ouvriers) et l'orpillage artisanal constituent les principales activités menées la plupart du temps (tableau I).

Tableau I. Principales activités des personnes interrogées

	Fréquence (n)	Fréquence relative (%)
Entreprise Minière	14	4,67
Orpaillage Artisanal	59	19,67
Secteur primaire	164	54,67
Agents administratifs, agents de sécurité, écoliers	63	21,00

La population d'étude avait des habitudes de vie diverses. Cependant, les eaux de forage et de robinet constituaient les principales ressources pour les activités domestiques (tableau II).

Tableau II. Répartition de l'échantillon selon des habitudes de vie

Caractéristiques	Modalités	Nombre	(%)
Type d'eau consommée à la maison	Forage ou eau de robinet	256	(85,33)
	Puits artisanal	44	(14,67)
	Eau embouteillée	0	(00,00)
Type d'eau pour la cuisine	Forage ou eau de robinet	203	(67,66)
	Puits artisanal	95	(31,66)
	Ne sait pas	2	(00,68)
Type d'eau pour préparer des jus	Forage ou eau de robinet	215	(71,66)
	Puits artisanal	71	(23,66)
	Ne sait pas	12	(04,00)
Déparasitage au cours des 3 derniers mois	Eau embouteillée	2	(00,68)
	Non	233	(77,66)
	Oui	67	(22,34)
Tabac (cigarettes)	Non	261	(87,00)
	Oui	39	(13,00)
Vin	Non	300	(100,00)
	Oui	0	(0,00)

3.2. Examen clinique

L'examen clinique consiste en une description de signes généraux et de signes viscéraux, hématologiques et cutanés. Un peu moins de la moitié des personnes interrogées, présentait des signes à types d'asthénie, d'essoufflement, d'amaigrissement, de toux principalement.

Des signes viscéraux étaient notés chez 11% des personnes. Il s'agissait de neuropathies douloureuses et principalement de douleurs abdominales et lombaires. Les signes hématologiques étaient notés chez 2,67% de l'échantillon. Ils étaient répartis entre anémie (75%) et hémorragie (25%) (tableau III).

Tableau III. Répartition de l'échantillon selon les signes viscéraux et hématologiques observés

Signes à l'interrogatoire		Fréquence	Fréquence relative
Non		154	51,33
Oui		146	48,67
Types	Asthénie	54	37,00
	Essoufflement	8	05,47
	Amaigrissement	7	04,79
	toux	52	35,62
	Autres ¹	25	17,12
Signes viscéraux à l'examen clinique			
Non		267	89,00
Oui		33	11,00
Types	Neuropathies douloureuses	4	12,12
	Douleurs abdominales + douleurs lombaires	29	87,88
Signes hématologiques à l'examen clinique			
Non		292	97,33
Oui		8	02,67
Types	Anémie	6	75,00
	Hémorragie	2	25,00

¹ : Syndrome infectieux, syndrome grippal, ...

Sur les personnes examinées, 63 présentaient des signes cutanés. Il s'agissait de papules cornées (12 soit 19,05%), des leuco-mélanodermies (13 soit 20,64%), des

lésions sur les ongles (17 soit 26,98%), sur les cheveux (4 soit 06,35%) et d'ulcérations sur les commissures labiales et les extrémités (17 soit 26,98%).

Tableau IV. Répartition de l'échantillon selon le type ou le lieu des signes cutanés observés (n=63)

Signes cutanés	Types ou lieux	Nombre	%
Papules Cornées		12	19,05
	Palmo-plantaire	8	
	Zone de Friction	3	
	Zone de traumatisme	1	
Leuco mélanodermie		13	20,64
	Tronc	2	
	Paumes et plantes	8	
	Jambes	3	
Ongles	Bandes ou Stries	17	26,98
Cheveux	Alopécie diffuse	4	06,35
Ulcération		17	26,98
	Commissures labiales	2	
	Extrémités	15	

3.3. Prélèvements biologiques

Sur les 10 échantillons d'urine analysés, seuls deux provenant de sujets résidant à Saraya avaient un taux d'arsenic urinaire normal, donc inférieur à 10 µg/g de

créatinine. Une personne avait un taux avoisinant 200 microgramme/gramme de créatinine) (199,6) pouvant entraîner des effets toxiques.

Tableau V. Taux d'arsenic total en ppb ou µg/L dans les urines des sujets testés

Numéro d'ordre	Numéro Echantillon	µg/g de créatinine
1	s252	199,6
2	t147	35,8
3	s057	33,8
4	s246	103,8
5	s267	57,9
6	s300	9,6
7	s180	7,7
8	s009	45,6
9	s039	32,8
10	s114	52,1

4. DISCUSSION

Ce travail exploratoire qui avait pour objectif d'étudier les caractéristiques sociodémographiques, de santé et de travail, les habitudes de vie et l'exposition à l'arsenic de populations de zones péri-minières à Saraya dans la région de Kédougou a permis d'avoir des résultats qui ne semblent pas souffrir de biais importants malgré quelques limites.

4.1. Limites

D'après l'ANSD (12), il y a plus de d'hommes que de femmes dans la région de Kédougou, ce qui se reflète dans l'échantillon. Mais le fait de se retrouver avec beaucoup plus d'hommes que de femmes dans l'échantillon peut s'expliquer également par des raisons culturelles qui font que la participation de la femme à cette enquête doit être cautionnée par l'homme le chef de famille. Kédougou est également une zone attractive pour l'orpaillage traditionnel, l'agriculture et le commerce, ce qui justifie la présence masculine importante. Parmi cette population, on trouve 60% d'étrangers provenant d'au moins 10 pays et principalement du Mali, de la Guinée et du Burkina Faso (13). Si les réalités culturelles objectivent les biais de sélection (14), il n'en est pas de même pour les biais d'informations. Ces derniers étaient minimisés car l'équipe chargée du recueil des données était calibrée grâce à une session de formation tenue la veille de l'enquête.

4.2. Consommation d'eau et signes cliniques

On considère que l'eau potable ne représente la principale source d'exposition à l'arsenic que chez les populations vivant près de sites potentiellement contaminés par l'arsenic. A Saraya (10 ; 13) l'eau de consommation provient des sources géologiques, mais également de puits artisanaux pouvant être pollués par l'arsenic. En effet, après l'eau de forage, l'eau de puits artisanal était la plus utilisée comme eau de boisson, dans la cuisine et dans la préparation des jus naturels. Ceci témoigne d'une utilisation fréquente de cette eau qui peut parfois contenir des impuretés du fait de la proximité des puits avec les maisons d'habitations et certains cours d'eau. Cette problématique de consommation d'eau de puits contaminée par l'arsenic reste réelle dans le monde. Au Bangladesh, au Ghana, en Tanzanie, en Afrique du Sud, au Zimbabwe et au Burkina Faso, des cas de contamination d'eau de consommation par l'arsenic ont été également rapportés (15-22). Au Sénégal, dans la zone d'étude, des forages ont présenté des concentrations d'arsenic dans l'eau supérieures à la limite fixée par l'OMS (10).

Sur le plan clinique, la consommation d'eau chargée en arsenic est souvent associée à des atteintes d'organes ou à des perturbations de fonctions. Dans notre étude, près de 50% des personnes examinées présentaient des signes généraux tels que l'asthénie, l'essoufflement, l'amaigrissement, la toux ou le syndrome grippal et 11% présentaient des douleurs

(neuropathies douloureuses, douleurs abdominales, douleurs lombaires). Il a été signalé l'apparition de symptômes d'intoxication aiguë par l'arsenic après l'ingestion d'eau de puits contenant des concentrations d'arsenic de 1,2 et 21,0 mg/L (23 ; 24). Les premiers symptômes cliniques de cet empoisonnement sont des douleurs abdominales, des vomissements, une diarrhée, des douleurs dans les extrémités et les muscles et de la faiblesse avec rougeur de la peau. Nos résultats ont montré que plus de 16% des sujets testés, avaient des lésions dermatologiques à types de papules, de leuco-mélanodermies, de stries et bandes sur les ongles, d'alopécie diffuse et de blessures commissurales qui pourraient être liés à la présence d'arsenic dans l'eau de consommation, aucune autre substance potentiellement toxique n'ayant été mise en exergue (25). De nombreuses études ont en effet rapporté des symptômes qui peuvent inclure des paresthésies brûlantes des extrémités, une hyperkératose palmo-plantaire, l'apparition de lignes de Mees sur les ongles entre autres (26-29). Des signes d'arsénicose chronique, qui comprennent la pigmentation et l'apparition de kératoses, la neuropathie périphérique, le cancer de la peau, la vasculopathie périphérique, l'hypertension cardiaque, des cancers d'organes internes (vessie, reins, foie et poumons), des altérations de la fonction gastro-intestinale (hypertension non cirrhotique) et un risque accru de mortalité liée au diabète, ont été observés chez les populations qui consomment de l'eau potable contaminée par l'arsenic dans le sud-ouest de Taïwan (30), au Bangladesh (31), au Chili (32), aux États-Unis (33 ; 34) et au Canada (35). Les lésions cutanées,

notamment l'hyperpigmentation, les verrues et l'hyperkératose de la paume des mains et de la plante des pieds, étaient les symptômes les plus couramment observés chez des adultes de 70 kg suite à une exposition à des teneurs d'environ 700 µg/jour pour une durée variant entre 5 à 15 ans ou après une exposition de 2800 µg/jour sur 6 mois à 3 ans (36).

4.3. Taux d'arsenic urinaire

L'arsenic urinaire traduit une exposition récente, la détermination de la créatinine est préférable pour exprimer les résultats d'arsenic urinaire. Les prélèvements d'urine à titre exploratoire, effectués sur 10 personnes ont montré que seules 2 personnes avaient un taux normal, c'est-à-dire inférieur à 10 µg/g de créatinine. Toutefois, cette normalité dans la littérature scientifique est très variable dépendamment des pays et des années (32). Une fois ingéré, l'arsenic est rapidement distribué dans l'organisme et se fixe aux protéines, pour s'accumuler dans le foie, la peau, les phanères et les poumons. Environ 60-70% des composés inorganiques absorbés sont éliminés rapidement dans les urines (50% dans les deux jours, 90% en six jours) sous forme de dérivés monométhylés (acide monométhylarsonique MMA (V) 10-20%), diméthylés (acide diméthylarsinique DMA 60-80%), principaux métabolites urinaires, et d'arsenic inorganique (10-30%). Il existe des variations métaboliques individuelles. La détermination du taux urinaire en arsenic par ICP-MS qui est une méthode très sensible et qui permet de mesurer de très faibles concentrations de métaux dans les liquides biologiques permet de justifier la cinétique d'élimination du biomarqueur et

d'expliquer la pertinence des résultats obtenus (37). Cependant, pour une meilleure interprétation des résultats, la consommation de produits de mer dans les 48 à 72 heures précédant le prélèvement doit être considérée. En effet, les produits de la mer (poissons, crustacés, mollusques) sont riches en dérivés organiques triméthylés de l'arsenic, principalement arsénobétaïne et arsénocholine, qui peuvent être partiellement déméthylés (38 ; 39). Dans la zone d'étude considérée, les produits de la mer sont rares et leur consommation par la population est faible. Ainsi, seules les sources d'exposition professionnelles et extraprofessionnelles comme la consommation d'eau de boisson, la fumée de cigarettes et le contact avec les bois traités et certains pesticides peuvent être incriminées. L'eau de puits artisanal et de forage étaient les principales sources de consommation d'eau dans la zone d'étude (tableau II). Le secteur primaire dominé par l'agriculture était également la principale activité pour plus de 54% des personnes interrogées (tableau I). Quant à l'orpaillage traditionnel et l'industrie minière, ils étaient fréquentés par respectivement environ 20% et 5% des populations (tableau I), au moment où seuls 13% de la population enquêtée fumaient du tabac. Dans la population étudiée, on peut penser que l'alimentation, l'eau de boisson, certains pesticides utilisés dans l'agriculture sont sources d'exposition à l'arsenic (40). Les résultats préliminaires obtenus, soit 100% d'exposition à l'arsenic, montrent qu'au-delà de la zone d'étude, l'arsenic serait présent dans la région de Kédougou, car Saraya serait une zone de moindre activité

aussi bien dans l'entreprise minière que dans l'orpaillage traditionnel.

5. CONCLUSION

La pollution environnementale, attestée par les taux d'arsenic élevé, expliquerait une éventuelle contamination de la population générale. Cependant, une étude d'envergure permettrait de déterminer les sources d'exposition dans cette zone et le niveau de contamination par le dosage de l'arsenic dans le plasma, et de ses dérivés mono et diméthylés dans les urines. Une collaboration est aussi à envisager entre les ministères chargés de la santé, du travail et de l'environnement pour une sensibilisation sur les risques liés à l'exposition à l'arsenic et à ses dérivés. Ils devront également œuvrer, en collaboration avec les associations communautaires, pour la mise en place de protocoles de prévention technique et médicale pour limiter cette exposition.

REFERENCES

1. Oremland RS and Stolz JF. The ecology of Arsenic. *Science*. 2003 ; 300 : 939-944
2. Gomez-Caminero A, Howe P, Hughes M, Kenyon E, Lewis DR, Moore M, Ng JC, Aitio A and Becking G. Environmental Health Criteria 224 : Arsenic and arsenic compounds WHO (World Health Organization), Second edition. 2001 ; 13 : pp. 521
3. Smedley PL, Kinniburgh DG. Chapter 12 : Arsenic in groundwater and the environment. In: *Essentials of Medical*

- Geology. 2013 ; Second Edition : 279-310
4. Edmunds WM and Smedley PL. Groundwater geochemistry and health: an overview, in: Appleton, Fuge, McCall (Eds.), Environmental Geochemistry and Health. Geological Society Special Publication. 1996 ; 113 : 91-105
 5. Smith AH, Lingas EO, Rahman M. Contamination of drinking water by arsenic in Bangladesh : a public health emergency. Bull World Health Organ. 2000 ; 78(9) : 1093-1103
 6. Jonnalagadda SB et Nenzou G. Studies on arsenic rich mine dumps : I. Effect on the surface soil. Part A: Environmental Science and Engineering and Toxicology. 1996 ; 31 (8) 1909-1915
 7. Barro-Traoré F, Tiendrébéogo SRM, Lallogo S, Tiendrébéogo S, Dabal M, Ouédraogo H. Manifestations cutanées de l'arsenicisme au Burkina Faso : Aspects épidémiologiques et cliniques. Mali Médical. 2008 ; 23(1) : 7-11
 8. Vincent J. Etude de la contamination par l'arsenic dans les eaux de forage : cas de la région du Seno au Burkina Faso. Mémoire de MASTER, Institut Internationale d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE). 2012 : pp 65
 9. Ortiz Escobar ME, Hue NV and Cutler WG. Recent developments on arsenic: contamination and remediation. Recent research developments in bioenergetics. 2008 ; 4 : 1-34
 10. Digby Wells. Environmental and Social Impact Assessment (ESIA) of the Massawa Gold Project – Randgold Resources Limited by Digby Wells Environmental (Jersey) Limited. 2019: pp 399
 11. Xie R, Johnson W, Spayd S, Hall GS, Buckley B. Determination of total toxic arsenic species in human urine using hydride generation inductively coupled plasma mass spectrometry. J Anal At Spectrom. 2007 ; 22 : 553-560
 12. ANSD: Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie. Situation économique et sociale du Sénégal Ed. 2016. 43p. https://www.ansd.sn/ressources/publications/1-SES-2016_Etat-structure-population.pdf
 13. DEEC: Direction de l'environnement et des établissements classés. Estimations initiales nationales du Secteur de l'Extraction Artisanale et à Petite Échelle d'Or au Sénégal Conformément à la Convention de Minamata sur le Mercure. 2019 : 42p
 14. Gschwend P. Analysis quota sample data and the peer review process. French Politics. 2005 ; 3 : 88-91
 15. Van Geen A, Cheng Z, Jia Q, Seddique AA, Rahman MW, Rahman MM, Ahmed KM. Monitoring 51 community wells in Araihasar, Bangladesh, for up to 5 years : implications for arsenic mitigation. J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng. 2007; 42(12) : 1729-1740

16. Parvez F, Wasserman GA, Factor-Litvak P, Liu X, Slavkovich V, Siddique AB, Sultana R, Sultana R, Islam T, Levy D, Mey JL, Geen AV, Khan K, Kline J, Ahsan H and Graziano JH. Arsenic Exposure and Motor Function among Children in Bangladesh. *Environmental Health Perspectives*. 2011; 119 (11) : 1665-1670.
17. Flanagan SV, Johnston RB and Zheng Y. Arsenic dans l'eau des puits tubulaires au Bangladesh : impacts sanitaires et économiques, et implications en vue de sa réduction. *Bulletin de l'Organisation Mondiale de la Santé*. 2012 ; 90(11) : 793-868
18. Taylor H, Appleton JD, Lister R, Smith B, Chitamweba D, Mkumbo O, Machiwa JF, Tesha AL and Beinhoff C. Environmental assessment of mercury contamination from the Rwamagasa artisanal gold mining centre, Geita District, Tanzania. *Science of the Total Environment*. 2005 : 343(1) ; 111-133
19. Huntsman-Mapila P, Mapila T, Letshwenyo M, Wolski P and Hemond C. Characterization of arsenic occurrence in the water and sediments of the Okavango Delta, NW Botswana. *Applied Geochemistry*. 2006 ; 21(8) : 1376-1391
20. Kortatsi BK, Asigbe J, Dartey GA, Tay C, Anornu GK and Hayford E. Reconnaissance survey of arsenic concentration in ground-water in south-eastern Ghana. *West African Journal of Applied Ecology*. 2008 ; 13(1) : 16-26.
21. Kassenga GR and Mato RR. Arsenic contamination levels in drinking water sources in mining areas in Lake Victoria Basin, Tanzania, and its removal using stabilized ferralsols. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 2009 ; 2(4) : 389-400
22. Ouédraogo O and Amyot M. Mercury, arsenic and selenium concentrations in water and fish from sub-Saharan semi-arid freshwater reservoirs (Burkina Faso). *Science of the Total Environment*. 2013 ; 444 : 243-254
23. Quansah R, Armah FA, Essumang DK, Luginaah I, Clarke E, Marfoh K, Cobbina SJ, Nketiah-Amponsah E, Namuju PB, Obiri S, Dzodzomenyo M. Association of arsenic with adverse pregnancy outcomes/infant mortality : a systematic review and meta-analysis. *Environ Health Perspect*. 2015 ; 123 : 412-421
24. Rahman A, Granberg C, Persson LÅ. Early life arsenic exposure, infant and child growth, and morbidity : a systematic review. *Arch Toxicol*. 2017 ; 91, 3459-3467
25. Naujokas MF, Anderson B, Ahsan H, Aposhian HV, Graziano JH, Thompson C and Suk WA. The broad scope of health effects from chronic arsenic exposure: update on a worldwide public health problem. *Environmental Health Perspectives*. 2013 ; 121(3) : 295-302
26. Smedley PL, Knudsen J and Maiga D. Arsenic in Groundwater from Mineralised Proterozoic Basement

- Rocks of Burkina Faso. *Applied Geochemistry*. 2007 ; 22(5) : 1074-1092
27. Sengupta SR, Das NK, Datta PK. Pathogenesis, clinical features and pathology of chronic arsenicosis. *Indian J Dermatol Venereol Leprol*. 2008 ; 74(6) : 559-570
28. States JC, Barchowsky A, Cartwright IL, Reichard JF, Futscher BW, Lantz RC. Arsenic toxicology : translating between experimental models and human pathology. *Environ Health Perspect*. 2011 ; 119 : 1356-1363.
29. Argos M, Ahsan H and Graziano JH. Arsenic and human health : epidemiologic progress and public health implications. *Rev Environ Health*. 2012 ; 27(4) : 191-195
30. Yang CY, Chang CC, Tsai SS, Chuang HY, Ho CK, Wu TN. Arsenic in drinking water and adverse pregnancy outcome in an arseniasis-endemic area in northeastern Taiwan. *Environ Res*. 2003 ; 91(1) : 29-34
31. Milton AH and Rahman M. Respiratory effects and arsenic contaminated well water in Bangladesh. *Int J Environ Health Res*. 2002 ; 12(2) : 175-179
32. Diaz OP, Arcos R, Tapia Y, Pastene R, Velez D, Devesa V, Montoro R, Aguilera V and Becerra M. Estimation of Arsenic Intake from Drinking Water and Food (Raw and Cooked) in a Rural Village of Northern Chile : Urine as a Biomarker of Recent Exposure. *Int J Environ Res Public Health*. 2015 ; 12 : 5614-5633
33. Fei DL, Koestler DC, Li Z, Giambelli C, Sanchez-Mejias A, Gosse JA, Marsit CJ, Karagas MR, Robbins DJ. Association between In Utero arsenic exposure, placental gene expression and infant birth weight : a US birth cohort study. *Environ Health*. 2013 ; 12 : 58
34. Moon KA, Guallar E, Umans JG, Devereux RB, Best LG, Francesconi KA, Goessler W, Pollak J, Silbergeld EK, Howard BV and Navas-Acien A. Association between exposure to low to moderate arsenic levels and incident cardiovascular disease. A prospective cohort study. *Ann Intern Med*. 2013 ; 159(10) : 649-659
35. Thomas S, Arbuckle TE, Fisher M, Fraser WD, Ettinger A, King W. Metals exposure and risk of small-for-gestational age birth in a Canadian birth cohort : the MIREC study. *Environ Res*. 2015 ; 140 : 430-439
36. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). National Primary Drinking Water Regulations. Arsenic and Clarifications to Compliance and New Source Contaminants Monitoring. Parts 9, 141 and 142. Final Rule. Fed. Regist. 2001 ; 66(14) : 6975-7066.
37. Nisse C, Tagne-Fotso R, Howsam M, Members of HealthExamination Centres of the Nord – Pas-de-Calais region network, Richeval C, Labat L, Leroyer A. Blood and urinary levels of metals and metalloids in the general adult population of Northern France: The IMEPOGE study, 2008–2010. *International Journal of Hygiene and*

- Environmental Health*. 2017 ; 220 : 341-363
38. Tagne-Fotso R, Leroyer A, Howsam M, Dehon B, Richeval C, Members of Health Examination Centres of Nord-Pas-de-Calais region network, Nisse C. Current sources of lead exposure and their relative contributions to the blood lead levels in the general adult population of Northern France: the IMEPOGE Study, 2008–2010. *J. Toxicol. Environ. Health A*. 2016 ; 79 : 245-265
39. Fréry N, Saoudi A, Garnier R, Zeghnoun A, Falq G, Guldner L. Exposure of the French Population to Environmental Pollutants – Environmental Components of the French National Survey on Nutrition and Health. Initial Results. French Institute for Public Health Surveillance, Saint-Maurice (France). 2010 : p12
- Seo JW, Kim BG, Kim YM, Kim RB, Chung JY, Lee KM, Hong YS. Trend of blood lead, mercury, and cadmium levels in Korean population : data analysis of the Korea National Health and Nutrition Examination Survey. *Environ. Monit. Assess*. 2015 ; 187(3), 146 : p1