

# Variabilité des concentrations en Nitrates, Nitrites, et Ammoniums dans les eaux d'adduction publique de la commune d'Adjamé à Abidjan (Côte d'Ivoire)

Gokpeya Mariette Bédiakon<sup>1,2</sup>, Claon Jean Stéphane<sup>1,3</sup>, Séka M'bassiguié Arsène<sup>3,4</sup>, Bakayoko Aminata Bédou<sup>1,2</sup>, Kouadio Luc<sup>1,2</sup>

1. Département de Santé Publique, Hydrologie et Toxicologie, UFR des sciences pharmaceutiques et biologiques, Université Félix Houphouët-Boigny

2. Institut National d'Hygiène Publique, Abidjan, Côte d'Ivoire

3. Laboratoire d'Analyse et de Contrôle de qualité de l'eau, Office National de l'Eau Potable, Abidjan, Côte d'Ivoire

4. UFR des Sciences et Gestion de l'Environnement, Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire

**Correspondance: kemonmariette@gmail.com**

**Résumé** - A, Abidjan, les ressources en eaux souterraines sont menacées par une pollution anthropique liée à la croissance démographique. Ainsi la nappe du continental terminal captée pour l'alimentation en eau potable de la ville est confrontée à une croissante pollution nitrée. En vue de comprendre l'influence de cette pollution sur les eaux d'adduction produites à partir du continental terminal, cette étude a été initiée. L'objectif visé était d'analyser les variations spatio-temporelles des polluants azotés (nitrates, nitrites, ammoniums) le long des réseaux d'adduction Adjamé Nord et Zone Nord de la Société de Distribution d'Eau de Côte d'Ivoire. Les données de surveillance sanitaire de la période 2016- 2017 du Laboratoire d'Analyse et de Contrôle de la qualité de l'eau de l'Office National de l' Eau Potable ont été exploitées pour mener cette analyse. Au total 152 échantillons d'eaux ont été prélevés. Les Nitrates, Nitrites et Ammoniums ont été dosés par chromatographie ionique. Les résultats obtenus montrent une variation importante des teneurs en Nitrates et Ammonium le long du réseau Adjamé Nord. Les nitrates étaient significativement plus élevés en sortie de station (P2) ( $p = 0,00$ ) avec une maximale (111,46mg/L) largement au-dessus de la norme (50mg/L). Les ions ammoniums étaient en quantité plus importantes en début de réseau (P1 et P2) qu'en fin de réseau ( $p = 0,00$ ). Les teneurs en nitrites étaient inférieures à la limite de détection (0,003 mg/L) en sortie de station (P2), sur le réseau (P3) et en fin de réseau (P4) et la moyenne en entrée station était de  $0,25 \pm 0,14$  mg/L. Dans le réseau Zone Nord, les concentrations en nitrates et Ammoniums étaient en dessous du seuil de potabilité et enregistraient de faibles variations spatio-temporelles. Les teneurs en Nitrates étaient comprises entre 30,56 mg/L et 38,25 mg/L et les ions ammoniums entre 0,03 mg/L et 0,52 mg/L. Il ressort de cette étude que les teneurs en Nitrates et Ammoniums sont importantes en sortie de station à Adjamé Nord. L'origine d'une telle pollution devra faire objet d'investigation et le traitement de potabilité de l'eau devra être amélioré afin de protéger la santé des consommateurs.

**Mots clés**-Nitrates, Nitrites, Ammoniums, pollution, eau de distribution, Adjamé

**Abstract**— In Abidjan, groundwater resources are threatened by anthropogenic pollution linked to population growth. Thus, the groundwater of the continental terminal captured for the city's drinking water supply is confronted with increasing nitrate pollution. In order to understand the influence of this pollution on the supply waters produced from the continental terminal, this study was initiated. The objective was to analyse the spatial and temporal variations of nitrogenous pollutants (nitrates, nitrites, ammoniums) along the Adjamé North and North Zone adduction networks of the Water Distribution Company of Côte d'Ivoire. The health monitoring data for the period 2016- 2017 from the Water Quality Analysis and Control Laboratory of the National Drinking Water Office were used to conduct this analysis. A total of 152 water samples were collected. Nitrates, Nitrites and Ammoniums were determined by ion chromatography. The results obtained show a significant variation in Nitrate and Ammonium levels along the Adjamé Nord network. Nitrates were significantly higher at station exit (P2) ( $p = 0.00$ ) with a maximum (111,46mg/L) well above the standard (50mg/L). Ammonium ions were more important at the beginning of the network (P1 and P2) than at the end of the network ( $p = 0.00$ ). Nitrite levels were below the detection limit (0,003 mg/L) at the station exit (P2), on the network (P3) and at the end of the network (P4) and the station average was  $0,25 \pm 0,14$  mg/L. In the North Zone network, nitrate and ammonium concentrations were below the drinking water threshold and recorded slight spatial and temporal variations. Nitrate contents ranged from 30,56 mg/L to 38,25 mg/L and ammonium ions from 0,03 mg/L to 0,52 mg/L. It appears from this study that the Nitrate and Ammonium contents are high at the outlet of the station at Adjamé Nord. The origin of such pollution will have to be investigated and the drinking water treatment improved in order to protect the health of consumers.

**Index Terms**— Nitrates, Nitrites, Ammonium, Pollution, Distribution Water, Adjamé

## 1 INTRODUCTION

En Côte d'Ivoire, les difficultés d'accès à l'eau potable demeurent une réalité, en dépit des efforts concertés aussi bien nationaux qu'internationaux. A l'échelle du pays, plus de 80% de la population a désormais accès à des

équipements hydrauliques améliorés pour son approvisionnement en eau de boisson [1], [2]; mais la qualité finale de l'eau issue de ces ouvrages n'est pas toujours satisfaisante [3], [4], [5]. L'insuffisance des pratiques d'hygiène

au sein des ménages [5] et la pollution anthropique croissante des ressources en eau [6], [7], [8], sont autant de situations expliquant la dégradation de la qualité de l'eau de consommation des populations. A Abidjan, capitale économique du pays, la forte croissance démographique et l'insuffisance de gestion des déchets ménagers et industriels constituent une menace pour la qualité des réserves en eaux souterraines [9], [10]. L'aquifère du Continental Terminal, nappe captée principalement pour l'alimentation en eau potable de la ville, est depuis quelques décennies confronté à une pollution nitratée inquiétante. En accord avec les travaux de Deh et collaborateurs [11], les zones de forte vulnérabilité à cette pollution se situent dans plusieurs communes de la ville dont celles du Plateau et Adjamé. Dans leur étude réalisée sur la variation des concentrations en nitrates des eaux de forages d'Abidjan, Ahoussi et collaborateurs [12] ont également mis en évidence une augmentation régulière de celles-ci allant d'une moyenne annuelle de 10mg/L en 1992 à plus de 30mg/L en 1999. De plus, les fortes variations des teneurs en nitrates se rencontraient au niveau des forages du Plateau et d'Adjamé avec respectivement une croissance annuelle de 12,63mg/L dans le premier cas et 4,84mg/L dans le second. Face à cette situation, plusieurs forages de ces deux communes ont été abandonnés faute de moyens financiers pour la mise en œuvre de traitements de dénitrification. Dans un contexte d'urbanisation galopante que connaît la ville d'Abidjan avec pour conséquence l'accroissement des besoins en eau potable des populations, la préservation des forages existants est une nécessité. Cela, d'autant plus que les ressources en eau d'Abidjan jouent un rôle essentiel dans la péréquation des coûts d'accès à l'eau potable à travers l'ensemble du pays. Enfin, une concentration excessive de nitrates dans les eaux de consommation humaine peut être source de risques sanitaires considérables pour les communautés exposées. Le suivi de la qualité des eaux d'adduction produites à partir de l'aquifère du Continental Terminal s'avère alors essentiel dans un souci de protection de la Santé Publique. C'est dans ce cadre que la présente étude a été initiée pour comprendre l'impact de la pollution des ressources sur la qualité des eaux de distribution dans les communes d'Adjamé et du Plateau. L'objectif visé était d'analyser les variations spatio-temporelles des polluants azotés (nitrates, nitrites, ammoniums) le long des réseaux d'adduction Adjamé Nord et Zone Nord de la Société de Distribution d'Eau de Côte d'Ivoire.

## 2 METHODES

### 2.1 Présentation de la zone d'étude

L'étude a été conduite à Abidjan, capitale économique de la Côte d'Ivoire. La ville est située au Sud-est du pays entre les latitudes 5°00' et 5°30' Nord et les longitudes 3°50' et 4°10' Ouest. Elle s'étend sur une superficie de 57735 hectares dont 8981 hectares de lagune (16% de la superficie) et 48754 hectares de terre ferme (84% de la superficie) [13]. Au dernier recensement de la population et de l'habitat, Abidjan comptait environ 4,4 millions d'habitants [14]. Elle comprend 10

communes auxquelles s'ajoutent les sous-préfectures de Bingerville, Songon et Anyama. La Société de Distribution d'Eau de la Côte d'Ivoire (SODECI) assure principalement l'alimentation en eau potable de l'agglomération abidjanaise à partir d'un ensemble de forages réalisés sur l'aquifère du Continental Terminal encore appelé "nappe d'Abidjan". A Abidjan, la SODECI compte 434.242 abonnés et produit annuellement près de 162 millions de m<sup>3</sup> d'eau soit 66.8 % de la production nationale d'eau potable [15]. La société exploite 9 réseaux d'eau potable dans la ville [16]. Les réseaux d'Adjamé Nord et Zone Nord, objet de cette étude, desservent entièrement la commune d'Adjamé et en partie celle du Plateau.

### 2.2 Echantillonnage

- Sites de prélèvements

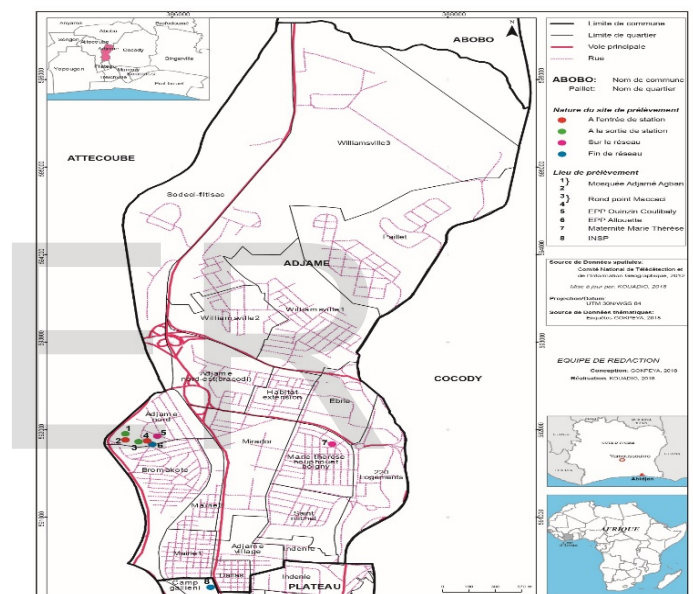


Figure 1: Géolocalisation des sites de prélèvements

Les échantillons d'eaux ont été prélevés de Janvier 2016 à Novembre 2017 le long des réseaux Adjamé Nord et Zone Nord de la SODECI dans le cadre des activités de contrôle sanitaire de l'Office National de l'Eau Potable (ONEP). Ce sont au total 22 campagnes de prélèvements qui ont été réalisés à périodicité mensuelle, bimensuelle ou trimestrielle. Pour chacun des réseaux d'eau, les échantillons ont été prélevés en 4 points distincts (entrée station, sortie station, réseau, fin de réseau) (Figure 1). Les coordonnées géographiques de ces points ont été obtenues par recours au standard GPRS (General Packet Radio Service).

- Méthodes d'échantillonnage

Pour chacun des points de prélèvement, un échantillon de 1000 ml d'eau a été prélevé par campagne d'échantillonnage. Des flacons en verre propres ont été utilisés à cet effet. Les échantillons d'eau ont été conservés à une température de 5°C dans des glacières munies d'accumulateurs. Ils ont ensuite été acheminés au Laboratoire d'Analyse et de Contrôle de la

qualité de l'eau où les paramètres physico-chimiques descriptifs de la qualité de l'eau ont été analysés dans un délai de 24h.

### 2.3 Analyse des échantillons

Les paramètres tels que le pH, la turbidité, la conductivité et TDS ont été mesurés in situ au moyen respectivement d'un multimètre portable Hach HQ40D et d'un Turbidimètre portable HAN-HI9871302. Les ions Sulfates, Nitrates, Nitrites, Fluorures et Chlorures ont été dosés en référence à la norme NF EN ISO 10304-1 [17] et les cations dissous que sont les ions Ammonium, Sodium, Potassium, Calcium et Magnésiums ont été dosés Conformément à la norme NF EN ISO 14911 [18]. Cations et Anions ont été analysés au moyen d'un appareil de Chromatographie ionique de type Metrohm 930 Compact IC Flex. Le contrôle de la qualité des résultats a été réalisé par utilisation de solutions étalons, de standards de calibration (Sigma Aldrich), de blanc de contrôle (eau distillée ultra-pure) et par recours à des analyses en Duplicata.

### 2.4 Analyse des données

Les paramètres retenus pour cette analyse étaient les Nitrates, Nitrites et Ammoniums. Les logiciels Microsoft Excel 2010 et STATISTICA 7.1 ont été utilisés pour le traitement et l'analyse des données. L'analyse a consisté à déterminer pour chacun des paramètres, la concentration minimale, maximale, moyenne ainsi que l'écart type sur la période d'étude. Des courbes d'évolution et des boites à moustache ont été réalisés pour décrire la variation des paramètres dans le temps et en fonction des points de prélèvements. Les tests non paramétriques de Mann-Whitney et Kruskal-Wallis ont été utilisés au seuil de 5% pour les comparaisons intra réseau des paramètres.

## 3 RESULTATS

Au total, 152 échantillons d'eaux ont été analysés dont 81 et 71 respectivement pour les réseaux Adjamé Nord et Zone Nord. Le Tableau I nous présente les coordonnées géographiques des points de prélèvements pour chaque réseau.

TABLEAU 1: COORDONNÉES GÉOGRAPHIQUES DES POINTS DE PRÉLÈVEMENTS

POINTS DE PRELEVEMENTS	ZONE NORD	ADJAME NORD
	GPRS	
Entrée station (P1)	N05°35'37786"W004°03078°	N05°35'436"W004°03193°
Sortie station (P2)	N05°35'37788"W004°03081°	N05°35'437"W004°03193°
Dans le réseau (P3)	N05°35'34870"W004°01845°	N05°35'431"W004°02990°
Fin de réseau (P4)	N05°35'35417"W004°03017°	N05°33'867"W004°02633°

### 3.1 Variations des teneurs en Nitrates des eaux

Les concentrations en Nitrates des échantillons d'eau analysés étaient variables d'un réseau à un autre et d'un point de prélèvement à un autre. Les variations les plus importantes ont été observées au niveau du réseau Adjamé Nord notamment en

sortie de Station de traitement (P2) avec une moyenne de 81,12 mg/L et un coefficient de variation (CV) à 56 %. En comparaison à la référence de qualité (50 mg/L) fixée par l'OMS [2011], 100 % des échantillons de Zone Nord étaient conformes contre 62,9 % pour ceux d'Adjamé Nord. Le Tableau 2 présente les extrêmes des teneurs en Nitrates observées dans les deux réseaux sur la période d'étude.

TABLEAU 2: CONCENTRATIONS EN NITRATES DES ÉCHANTILLONS D'EAUX

	Points de prélèvements	NITRATES (mg/L)				
		Min	Max	Moy	Ecart Type	CV
ZONE NORD	P1	32,41	38,21	35,05	1,61	0,05
	P2	31,03	38,25	34,99	2,54	0,07
	P3	30,56	35,30	32,88	1,34	0,04
	P4	34,87	34,87	32,64	1,65	0,05
ADJAME NORD	P1	14,18	93,30	45,76	25,66	0,56
	P2	34,39	111,46	81,12	16,84	0,21
	P3	28,74	34,25	32,08	1,79	0,06
	P4	29,25	37,19	33,25	1,70	0,06

### 3.2 Variations des teneurs en Ammoniums des eaux

Les concentrations en ions Ammonium étaient également élevées dans le réseau Adjamé Nord comparées à celles de Zone Nord. A Adjamé Nord, les plus fortes concentrations ont été enregistrées au niveau de l'eau brute (P1) et en sortie de station de traitement (P2) avec des moyennes respectives de 3,52 mg/L et 3,83 mg/L. Une importante variation des teneurs en Ammoniums a été en outre observée dans les deux réseaux (20% ≤ CV ≤ 70%) et les teneurs moyennes étaient inférieures à 0,7 mg/L pour l'ensemble des points de prélèvements de Zone Nord (Tableau 3).

TABLEAU 3: CONCENTRATIONS EN AMMONIUMS DES ÉCHANTILLONS D'EAUX

	Points de prélèvements	AMMONIUM (mg/L)				
		Min	Max	Moy	Ecart Type	CV
ZONE NORD	P1	0,03	0,51	0,21	0,15	0,72
	P2	0,03	0,23	0,12	0,06	0,50
	P3	0,12	0,52	0,22	0,11	0,50
	P4	0,08	0,30	0,19	0,06	0,32
ADJAME NORD	P1	0,88	11,05	3,52	2,56	0,73
	P2	2,15	5,38	3,83	0,98	0,26
	P3	0,09	0,29	0,19	0,06	0,32
	P4	0,09	0,43	0,19	0,10	0,53

### 3.3 Variations des teneurs en Nitrates des eaux

Dans les deux réseaux, les concentrations en Nitrates étaient inférieures au seuil de détection de l'appareil (0,003 mg/L) en sortie de station (P2), sur le réseau (P3) et en fin de réseau (P4). En entrée de station, les concentrations moyennes en Nitrates étaient respectivement de  $0,25 \pm 0,14$  mg/L à Adjamé Nord et  $0,03 \pm 0,028$  mg/L à Zone Nord.

### 3.4 Variations spatiales des paramètres

Une variation importante des teneurs en Nitrates et ammoniums a été observée le long du réseau Adjamé Nord (Figure 2 et 3). Les concentrations en sortie de station (P2) étaient significativement différentes de celles observées aux autres points de prélèvements ( $p = 0,00$ ). Une différence significative ( $p = 0,00$ ) a été également observée entre les teneurs en ions ammoniums en début de réseau (P1 et P2) qu'en fin de réseau (P3 et P4).

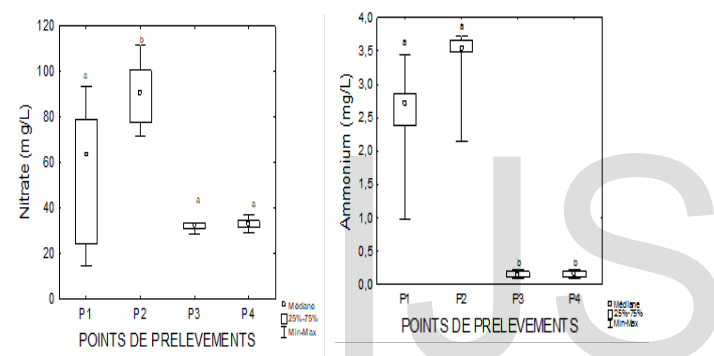


Figure 2: Variation spatiale des Nitrates et Ammoniums, Adjamé Nord 2016

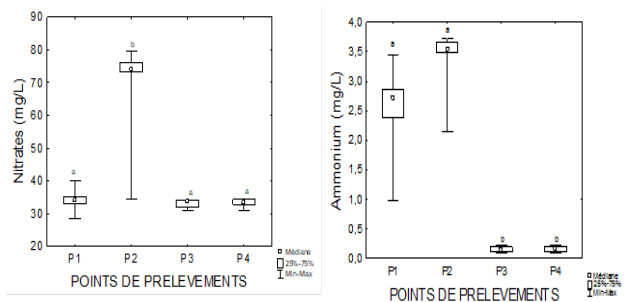


Figure 3: Variation spatiale des Nitrates et Ammoniums, Adjamé Nord 2017

Dans le réseau Zone Nord, les concentrations en Nitrates n'ont enregistré aucune variation significative entre les différents points de prélèvements en 2016. En 2017, les concentrations en Nitrates observées en entrée station et sortie station étaient significativement différentes de celles observées sur le réseau et en fin de réseau (Figures 4). Dans ce réseau les ions ammoniums étaient en quantités faibles en dessous du seuil de potabilité ( $\leq 1,5$  mg/l) pour l'ensemble des points de prélèvements.

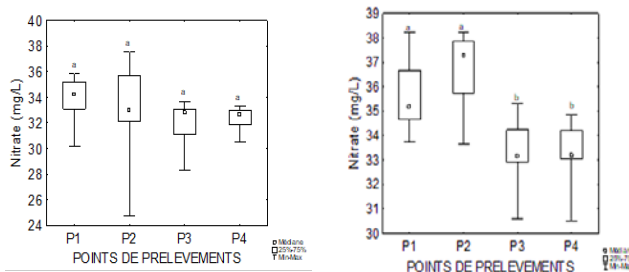


Figure 4: Variations spatiales des Nitrates, Zone Nord 2016 et 2017

### 3.5 Evolution spatio-temporelle des ions Nitrates et Ammoniums dans le réseau Adjamé Nord

L'analyse des courbes de variation des concentrations moyennes mensuelles des paramètres révèle qu'à Adjamé Nord les teneurs en nitrates ont connu une forte variation sur la période d'étude notamment en entrée station (P1) et sortie station (P2). En ces deux points de prélèvements, les concentrations maximales ont été observées sur la période d'Avril-Mai 2016 et les minimales respectivement en Octobre 2016 (P1) et Février 2017 (P2). En sortie de station de traitement, toutes les concentrations mesurées étaient supérieures à la valeur guide (50 mg/L) fixée par l'OMS pour les Nitrates (Figure 5).

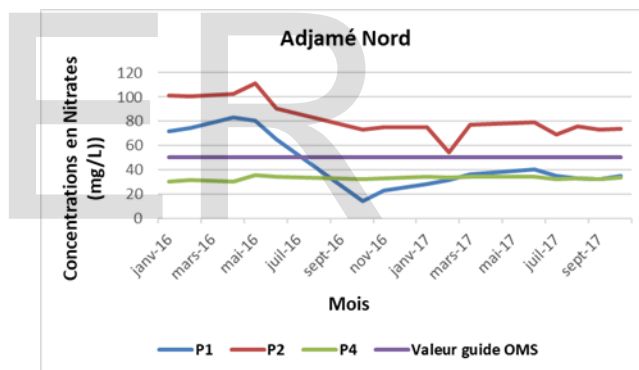


Figure 5 : Variations Spatio-temporelles des Nitrates à Adjamé Nord entre 2016 et 2017

Les teneurs en Ammoniums ont également connu de fortes variations en entrée et en sortie de station sur l'ensemble de la période d'étude. Les plus fortes concentrations moyennes mensuelles ont été observées en Février (P1) et Mai 2016 (P2). Les prélèvements réalisés en fin de réseau (P4) ont connu une faible variations des teneurs en Ammonium entre 2016 et 2017 (Figure 6).

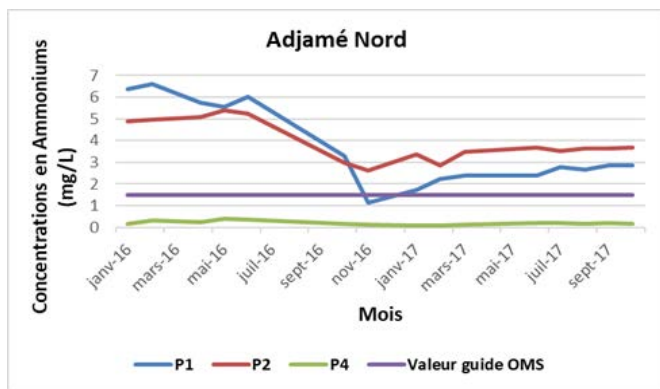


Figure 6 : Variations Spatio-temporelles des Ammoniums à Adjamé Nord entre 2016 et 2017

### 3.6 Evolution spatio-temporelle des ions Nitrates et Ammoniums dans le réseau Zone Nord

Dans le réseau Zone Nord, les concentrations en Nitrates ont varié faiblement sur la période d'étude. Les courbes d'évolution des teneurs moyennes mensuelles en entrée station, sortie station et fin de réseau sont plus ou moins superposées. Pour chacun des trois points de prélèvement la concentration en Nitrate était maximale en Octobre 2017 et minimale en Avril 2016 (Figure 7). Les teneurs en Ammoniums évoluaient également dans le même sens pour chacun des points de prélèvements (Figure 8).

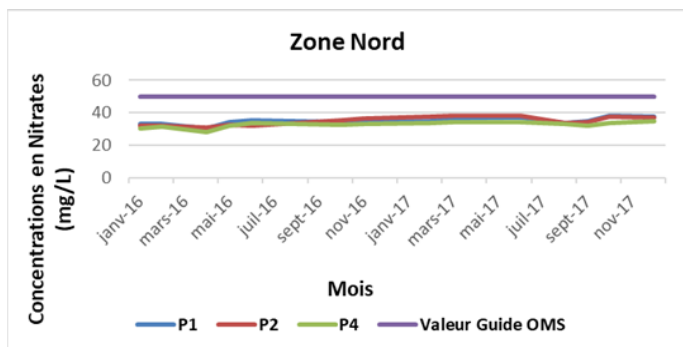


Figure 8 : Variations Spatio-temporelles des Ammoniums à Zone Nord entre 2016 et 2017

## 4. DISCUSSION

Cette étude portant évaluation des teneurs en composés azotés des eaux d'adduction publique de la commune d'Adjamé, révèle une importante variation de ces derniers. Les résultats obtenus indiquent que dans le réseau Adjamé Nord, les concentrations en Nitrates et Ammoniums varient considérablement dans le temps et d'un point de prélèvement à un autre. La teneur moyenne en Nitrate était de  $45,76 \pm 25,66$

mg/L en entrée de station (P1) c'est-à-dire au niveau de l'eau brute. Cette valeur est extrêmement élevée comparées à celles naturellement retrouvées dans une eau souterraine [19] et si l'on se réfère au seuil de 50 mg/L fixé par l'OMS pour une eau destinée à la consommation humaine [20]. Elle confirme la pollution nitrée de la nappe d'Abidjan comme déjà signalé par différents auteurs dont Ahoussi et al [12]. Ces derniers avaient mis en évidence le fait que certains forages captant cette nappe à Adjamé, présentaient des teneurs en Nitrates autour de 83,50 mg/L en 2002. La moyenne de 45,66 mg/L obtenue au cours de la présente étude reste néanmoins inférieure à cette valeur de 2002 ce qui pourrait s'expliquer par les actions de protection des captages (construction de périmètres de protection, de margelles surélevées) entreprises par la SODECI [21]. Cependant, l'on constate en sortie de station de traitement (P2) à Adjamé Nord, de fortes teneurs en Nitrates avec une moyenne de  $81,12 \pm 16,84$  mg/L. Ces teneurs étaient significativement différentes de celles obtenues aux autres points de prélèvement y compris l'entrée station (eau brute). Les moyennes mensuelles en ce point de prélèvement étaient toutes supérieures à 50 mg/L (seuil de potabilité) sur l'ensemble de la période d'étude. Les nitrates sont le stade ultime d'oxydation de l'azote, leur présence en fortes concentrations dans les eaux destinées à la consommation humaine peut être source de risques sanitaires notamment la méthémoglobinémie chez les nourrissons ou encore un risque de cancer chez l'être humain en général par nitrosation [22] ; [23]. L'origine de cette forte teneur en Nitrates dans les eaux produites par l'usine de traitement devrait faire objet d'une investigation poussée dans un soucis de protection de la Santé Publique. On note également à Adjamé Nord des niveaux moindres et plus ou moins constants de Nitrates sur le réseau et en fin de réseau ce qui pourrait faire penser à une dilution des eaux issue de la station par mélange avec une eau présentant de faibles teneurs en Nitrates. Les teneurs en ions Ammonium variaient quant à elles dans le même sens que les Nitrates seulement qu'aucune différence significative n'a été observée entre l'entrée station (P1) et la sortie station (P2). Dans leur étude sur la qualité des eaux courantes de l'Oued Za au Maroc Oriental, Mabrouki et collaborateurs [24] ont aussi constaté que les Nitrates et les Ammoniums suivaient le même sens de variation. Une augmentation des teneurs en Ammoniums au détriment des nitrates peut s'expliquer par une réduction de ces derniers de même une baisse des taux de Nitrates peut être la conséquence d'une nitrification de l'Ammonium [25], [26]. L'augmentation simultanée des Nitrates et Ammoniums constatée dans cette étude fait plus penser à un problème de pollution anthropique de l'eau au niveau de la station Adjamé Nord [26]. Ces composés étant des marqueurs de pollution, ces fortes teneurs pourraient en effet être le signe d'une intrusion d'eau usée au niveau de cette station d'où la nécessité de réaliser une

inspection sanitaire pour une éventuelle confirmation et surtout l'identification des causes de cette pollution.

L'autre constat majeur à l'issue de ce travail, c'est que contrairement au réseau Adjamé Nord, les échantillons d'eaux issus de Zone Nord présentaient une faible variation spatiale et temporelle des Nitrates et Ammoniums. Les concentrations extrêmes en Nitrates ont été observées en sortie de station (P2) avec la minimale à 31,03 mg/L et la maximale à 38,25 mg/L. Les concentrations moyennes mensuelles en Nitrates étaient toutes inférieures au seuil de potabilité et étaient comprises entre 30 et 39 mg/L. Ces valeurs sont le reflet des teneurs en Nitrates de la ressource (Continental Terminal) et confirment une fois de plus la pollution nitratée à laquelle est confrontée cette nappe si l'on se réfère aux travaux d'autres chercheurs [9], [12]. A Zone Nord également, les concentrations en Ammoniums étaient dans l'ensemble conformes à la valeur guide. Toutefois, pour un même point de prélèvement, une variation importante a été observée entre les valeurs mesurées notamment en entrée station (CV= 0,72) et en sortie station (CV= 0,50).

Les Nitrites étaient le troisième groupe de composés azotés recherchés au cours de ce travail. Les résultats obtenus révèlent qu'aussi bien à Adjamé Nord qu'à Zone Nord, les Nitrites n'étaient pas détectables en sortie de station (P2), sur le réseau (P3) et en fin de réseau (P4). Dans les deux réseaux, des teneurs en Nitrites ont été détectées au niveau de l'eau brute (P1) avec des moyennes respectives de 0,25± 0,14 mg/L à Adjamé Nord et 0,03± 0,028 mg/L à Zone Nord. Ces moyennes sont faibles sachant que la valeur guide fixée par l'OMS est de 3 mg/L. Néanmoins, les valeurs observées à Adjamé Nord sont une fois de plus supérieures à celles obtenues à Zone Nord et l'absence de Nitrites aux autres points de prélèvements peut être la conséquence de leur oxydation en Nitrates sachant que les Nitrites sont une forme d'oxydation instable de l'azote [27].

## 5. CONCLUSION

Au terme de cette étude, nous retenons que l'eau du réseau Adjamé Nord est de qualité non satisfaisante comparée à celle de Zone Nord. Des teneurs élevées en Nitrates et Ammoniums ont été observées à Adjamé Nord notamment en sortie de station. Cette situation suggère que la pollution azotée constatée dans ce réseau n'est pas la conséquence de la pollution de la ressource mais d'une défaillance au niveau des équipements et/ou des procédés mis en œuvre à la station de traitement de l'eau. Afin d'éviter tout risque sanitaire pour les consommateurs, la mise en place d'un plan de gestion de la sécurité sanitaire de l'eau s'avère nécessaire à la station Adjamé Nord.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs adressent leurs remerciements sincères à la direction de l'ONEP et au personnel du Laboratoire d'analyse et de contrôle de la qualité de l'eau (LAQUE) de l'ONEP.

## REFERENCES

- [1] WHO/UNICEF, "25 Years Progress on Drinking-water and Sanitation: Update and MDG Assessment", Geneva: The World Health Organization and the United Nations Children's Fund; 2015. Joint Monitoring Programme for water supply and sanitation (JMP).
- [2] Ministère du Plan et du Développement, "Cinquième Enquête par grappe à indicateurs multiples – MICS5 ", Rapport des Résultats clés Enquête par grappes à indicateurs multiples 2016, 442 p, Côte d'Ivoire, Septembre 2017.
- [3] N. Amin, K. Lekadou, A. Attia, J.S. Claon, K. Agbessi, L. Kouadio, "Qualité physico-chimique et bactériologique des eaux d'adduction publique de huit communes en Côte d'Ivoire", *J. Sci Pharm Biol*, vol 9, no 1, pp. 22-31, 2008.
- [4] K.E. Ahoussi, Y.B. Koffi, A.M. Kouassi, G. Soro, N. Soro, J. Biemi, "Étude des caractéristiques chimiques et microbiologiques des ressources en eau du bassin versant du N'zi : cas de la commune de N'zianouan (Sud de la Côte d'Ivoire)", *Int. J Biol Chem Sci*, vol 6, no 4, pp. 1854-1873, Aug. 2012.
- [5] J. G. Sackou, S. Oga, S. Claon, M. Bama, D. M. Koua, Y. Houénou, L. K. Kouadio, "Conditions d'accès et de stockage de l'eau : enquête dans les ménages en zone périurbaine à Abidjan en 2010", *Santé Publique*, vol. 24, no 2, pp. 133-142, 2012.
- [6] A. Evrade, L. Eba, K.J.K.S. Deh, R.B.M. Touré, A.K. Anoh, J.P. R. Jourda, "Évaluation de La vulnérabilité à la pollution d'une eau de surface destinée à l'adduction d'eau potable d'une métropole : Cas de la Lagune agheïn à Abidjan, (sud de la Cote D'ivoire)", *European Scientific Journal*, vol.12, no.36, pp. 306-326, Déc. 2016.
- [7] R.K.O.G. Soro, D.T. Soro, R.M.N. Fossou, O.Z. Onetie, E.K. Ahoussi, N. Soro, "Variation saisonnière de la qualité Physico Chimique des eaux souterraines des Aquifères d'Altérites du Département d'Agboville (Sud-Est de la Côte d'Ivoire)" *European Scientific Journal*, vol.12, no.17, pp.213-240, June 2016.
- [8] R.I. Yapou, V. Mambo, A.C. Alder, M.J. Ohou-Yao, R. Ligban, D. Dao, C. Stamm, B. Bonfoh, "Caractérisation saisonnière des eaux de puits à usage maraîchère et domestique de Korhogo (Côte d'Ivoire)", *Int. J Biol Chem Sci*, vol. 10, no 3, pp. 1433-1449, June 2016.
- [9] N. Soro, L. Ouattara, K. Dongo, K.E. Kouadio, K.E. Ahoussi, G. Soro, M.S. Oga, I. Savané, J. Biémi, "Déchets municipaux dans le District d'Abidjan en Côte d'Ivoire : sources potentielles de pollution des eaux souterraines", *Int. J Biol Chem Sci*, vol. 4, no. 2, pp. 364-384, 2010.
- [10] Y.A. Gnagne, B.O. Yapou, V. Mambo, L. Meite, P. "Houenou, Pollution urbaine et processus d'acidification des eaux de puits de la ville d'Abidjan, Côte d'Ivoire", *J. Soc Ouest-Afr Chim*, no. 036, pp. 55 – 61, Déc. 2013.
- [11] S.K. Deh, K.J. Kouamé, M.B. Saley, K.J.J. Tanoh, K.A. Anani, K.H. Signo, J.P. Jourda, J. Biémi, "Evaluation de la vulnérabilité spécifique aux nitrates (NO3) des eaux souterraines du District d'Abidjan (Sud de la Côte d'Ivoire)", *Int. J Biol Chem Sci*, vol. 6 no. 3, pp. 1390-1408, June 2012.
- [12] K.E. Ahoussi, S. Loko, Y.B. Koffi, G. Soro, Y.M.S. Oga, N. Soro, "Evolution spatio-Temporelle Des Teneurs en Nitrates Des Eaux Souterraines De La Ville d'Abidjan (CÔTE D'IVOIRE) ", *Int. J Pure App Biosci*, vol. 1, no. 3, pp. 45-60, 2013.
- [13] D.G. Ahoulé, M.J.A. Ohou-Yao, O.B. Yapou, A. Essoh, J.E.Y. Gnagne, V. Mambo, "Caractérisation hydrochimique de la nappe phréatique de la ville d'Abidjan : cas des communes d'Abobo, d'Attécoubé, de Koumassi et de Yopougon" *J. Soc. Ouest-Afr. Chim*, no. 044, pp. 51-57, Déc. 2017.
- [14] INS, "Recensement général de la population et de l'Habitat : résultats définitifs", Institut National de la Statistique, Côte d'Ivoire, 2014.
- [15] SODECI, "Rapport de développement durable", Société de Distribution d'Eau de la Côte d'Ivoire, AV Christiani RCCM : CI - ABJ - 1962 - B - 984, 106p, 2016.
- [16] ONEP, "Bilan qualité eau 2017", Office National de l'Eau Potable, Abidjan, Côte d'Ivoire, 67p, Avril 2018.

- [17] AFNOR, "Qualité de l'eau - Dosage des anions dissous par chromatographie des ions en phase liquide - Partie 1 : dosage du bromure, chlorure, fluorure, nitrate, nitrite, phosphate et sulfate", NF EN ISO 10304-1, Agence Française de Normalisation, Juillet 2009.
- [18] AFNOR, "Qualité de l'eau - Dosage par chromatographie ionique, des ions Li<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Sr<sup>2+</sup> et Ba<sup>2+</sup> dissous - Méthode applicable pour l'eau et les eaux résiduaires", Agence Française de Normalisation, NF EN ISO 14911, Octobre 1999.
- [19] WHO, 2011 "Nitrate and Nitrite in Drinking-water: Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality", 31p, WHO/SDE/WSH/07.01/16/Rev/1, World Health Organization, 20 Avenue Appia, 1211 Geneva 27.
- [20] WHO, "Guidelines for Drinking water Quality", Fourth edition, 564p, 2011,
- [21] SODECI, Rapport de développement durable, Société de Distribution d'Eau de la Côte d'Ivoire, AV Christiani RCCM : CI - ABJ - 1962 - B - 984, 56p, 2014.
- [22] Santé Canada, "Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : Le nitrate et le nitrite", document technique H144-13/2-2013F-PDF, Bureau de la qualité de l'eau et de l'air, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, Santé Canada, Ottawa (Ontario), 2013.
- [23] M. Tfeila, K. Zahidi, M.O.S.A.O. Kankou, S. Souabi, M.A. Aboulhassan, "Evaluation de la qualité des eaux potables produites par la station de traitement : cas de la Mauritanie", *St. Cerc St CICBIA*, vol. 16, no. 3, pp. 197-214, 2015.
- [24] Y. Mabrouki, A.F. Taybi, H. Bensaad, A. Berrahou, "Variabilité spatio-temporelle de la qualité des eaux courantes de l'Oued Za (Maroc Oriental)", *J. Mater Environ Sci*, vol. 7, no. 1, pp. 231-243, 2016.
- [25] D. Berry, C. Xi, L. Raskin, "Microbial ecology of drinking water distribution systems" *Curr. Opin Biotechnol*, vol. 17, no. 3, pp. 297-302, May 2006.
- [26] D. Zhang, Y. Tao, X. Liu, K. Zhou, Z. Yuan, Q. Wu, X. Zhang, "Spatial and temporal variations of water quality in an artificial urban river receiving WWTP effluent in South China", *Water Sci Technol.*, vol. 73, no. 6, pp. 1243-52, 2016.
- [27] J. Schullehner, L. Stayner, B. Hansen, "Nitrate, Nitrite, and Ammonium Variability in Drinking Water Distribution Systems", *Int. J Environ Res Public Health*, vol. 14, no. 3, pp. 276 May, 2017.