

Projet AGES – Appui à l’Autorité du Bassin du
Fleuve Niger pour la Gestion des Eaux Souterraines

Caractérisation physicochimique et piézométrique des aquifères de la zone de Niamey



Rapport V^&@ ã ~ ^Á° Î

Niamey, Septembre 2018



Autorité du Bassin du Fleuve Niger (ABN)

BGR Bundesanstalt für
Geowissenschaften
und Rohstoffe



Auteurs: Abdoulahi Abou, Kolja Bosch, Didier Sèyivè Zinsou, Sanoussi Rabé
Hamissou Djibo Abdourahamane

Commissionné par: Ministère Fédéral de la Coopération Économique et du
Développement (Bundesministerium für wirtschaftliche
Zusammenarbeit und Entwicklung, BMZ)

Projet: Appui à l'ABN pour la Gestion des Eaux Souterraines (AGES)

BMZ-N°: 2013.2465.6

BGR-N°: 05-2373

ELVIS-lien:

Date: Septembre 201J

Sommaire

1	Introduction Générale	1
2	Contexte de l'étude.....	2
3	Configuration du réseau de suivi des eaux souterraines	5
4	Présentation des résultats des analyses physicochimiques	6
4.1	Les paramètres physicochimiques in situ	6
4.2	Les analyses physicochimiques au laboratoire.....	7
5	Interprétations des résultats et cartographie des risques de pollution	9
5.1	Interprétations des résultats d'analyses.....	9
5.1.1	Dureté des eaux et échange de base avec l'encaissant.....	9
5.1.2	Faciès hydrogéochimiques et origine des eaux.....	11
5.2	Cartographie des risques de pollution	18
5.2.1	Les composés azotés.....	19
5.2.2	Les halogènes et composés halogénés	20
5.2.3	Les métaux et les métalloïdes	20
6	Teneurs des eaux en isotopes stables oxygène-18 et deutérium.....	24
7	Fluctuations des niveaux et esquisse piézométrique des nappes	26
7.1	Fluctuations piézométriques.....	27
7.1.1	Le forage de 7_Kossey Djerma	27
7.1.2	Le forage de 21_Saga Gassia.....	28
7.1.3	Le forage de 24_Talladjé.....	30
7.2	Esquisse piézométrique des nappes de Niamey	30
8	Conclusion et Recommandations	34
8.1	Conclusion	34
8.2	Recommandations	34
9	Références.....	36

Liste de figures

Figure 1: Historique des précipitations annuelles et des températures moyennes annuelles à Niamey entre 1943 et 2017 (Source de données: Deutscher Wetterdienst, 2018).....	2
Figure 2: Précipitation moyenne mensuelle pour la période de 1943 à 2017 (Source de données : Deutscher Wetterdienst, 2018).....	3
Figure 3: Coupe schématique représentative des formations géologiques de Niamey (modifiée d'Ousseini et Morel, 1989 dans Vassolo et al. 2015).....	4
Figure 4: Plan de localisation des ouvrages de suivi de Niamey (Sources du fond de la carte : modèle numérique de terrain de la NASA (2012) ; réseau routier et cours d'eau (OpenStreetMap, 2016) et occupation des sols ABN (2018))	6
Figure 5: Faciès hydrogéochimiques des eaux des puits aux alluvions (avec les nitrates à gauche et sans les nitrates à droite).....	12

Figure 6: Diagramme de Piper des eaux du CT (à gauche avec les nitrates et à droite sans les nitrates).....	13
Figure 7: Relation ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$) vs. ($\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$) pour des eaux dans le CT.....	15
Figure 8: Diagrammes de Piper des eaux du socle avec les nitrates à gauche, et sans nitrates à droite)	16
Figure 9: Diagramme ternaire des anions des ouvrages du socle	16
Figure 10: Graphe ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$) vs ($\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$) des ouvrages de socle	18
Figure 11: Répartition des polluants détectés entre 2012 et 2017 dans le ouvrages à Niamey. (Sources du fond de la carte : modèle numérique de terrain de la NASA (2012) ; réseau routier et cours d'eau (OpenStreetMap, 2016))	19
Figure 12 : Composition isotopique des échantillons d'eau des ouvrages de Niamey en Avril 2017	24
Figure 13: Localisation des ouvrages équipés d'enregistreurs automatiques du niveau d'eau (Sources du fond de la carte : modèle numérique de terrain de la NASA (2012) ; réseau routier et cours d'eau (OpenStreetMap, 2016) et occupation des sols (ABN,2018))	26
Figure 14: Comparaison des niveaux piézométriques avec les pluies pour le forage de 07_Kossey Djerma de 2014 à 2017. Le niveau d'eau du fleuve représenté dans le diagramme correspond au niveau mesuré par l'ABN au niveau du pont Kennedy à ~10,3 km en aval de 07 Kossey Djerma.....	28
Figure 15 : Zones de décharge de la nappe à proximité du forage 21_Saga Gassia sur l'image satellitaire (GOOGLE, 2018)	29
Figure 16: Comparaison des niveaux piézométriques avec les pluies pour le forage de 21_Saga Gassia de 2014 à 2017	29
Figure 17 : Comparaison des niveaux piézométriques avec les pluies pour le forage de 24_Talladjé de 2014 à 2017	30
Figure 18: Comparaison de l'évolution du niveau piézométrique dans les altérites et le continental terminal à Saga Gassia	31
Figure 19: Carte piézométrique de Niamey en Avril 2017 (Sources du fond de la carte : modèle numérique de terrain de la NASA (2012) ; réseau routier et cours d'eau (OpenStreetMap, 2016)).....	32

Liste de tableaux

Tableau 1 : Récapitulatif des points de suivi AGES de Niamey	5
Tableau 2: Récapitulatif des paramètres in-situ des eaux souterraines de Niamey (Avril 2017).....	7
Tableau 3: Valeurs minimum, maximum et moyennes des éléments chimiques issues des analyses (période 2012 – 2017)	8
Tableau 4: Données d'usage domestiques des eaux sur les ouvrages de suivi à Niamey	10
Tableau 5 : Indices de saturation des minéraux dans les eaux du CT à Niamey	14
Tableau 6: Indices de saturation des minéraux dans les eaux du socle à Niamey.....	17
Tableau 7: Concentrations des métaux nuisibles dans les eaux de Niamey (analyses Avril 2017 - BGR).....	21
Tableau 8 : Concentrations maximales de polluants métalliques dans les ouvrages entre 2013 et 2017	22

Liste d'annexes

Annexe I : Tableaux récapitulatifs des données sur les ouvrages

Annexe II : Résultats des concentrations des eaux en éléments chimiques polluants

Annexe III : Graphes de suivi de l'évolution des polluants

Annexe IV : Cartes thématiques de répartition des polluants

Annexe V: Fiches techniques et coupes de forages des forages suivis

Liste des abréviations

ABN :	Autorité du Bassin du Fleuve Niger
AEP :	Approvisionnement d'Eau Potable
AGES :	Appui à l'ABN pour la Gestion des Eaux Souterraines
BGR :	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe = Institut Fédéral des Géosciences et des Ressources Naturelles de l'Allemagne
BMZ:	Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
CT :	Continental Terminal
DRH :	Direction Régionale de l'Hydraulique
DT :	Direction Technique
ES :	Eaux souterraines
EDS :	Eaux de surface
GPS :	Global Positioning System
MHE :	Ministère de l'Hydraulique et de l'Environnement
mNN :	Mètres sur le niveau de la mer
NS :	Niveau statique
OMS :	Organisation Mondiale de la Santé

1 Introduction Générale

L'eau est un élément naturel essentiel pour la vie de tout être vivant sur terre. Sa disponibilité en quantité et en qualité pour les différents usages implique une réelle connaissance de sa source, de son milieu de stockage et de sa chimie. En effet, la qualité (chimique, bactériologique et radiologique) d'une eau détermine son aptitude à satisfaire un besoin quelconque des populations (approvisionnement en eau potable, agriculture, industrie, ...).

Au regard de cette importance vitale que revêt les ressources en eaux, la mise en œuvre des plans de leur gestion s'impose aux gouvernements et institutions afin de sauvegarder l'équilibre socioéconomique des nations et de faire face aux défis d'adaptation aux changements climatiques.

Dans sa volonté de venir en appui aux pays en voies de développement, la République Fédérale d'Allemagne par le biais de son Ministère de Coopération Technique et Développement, a bien voulu financer le projet « Appui à l'ABN pour la gestion des eaux souterraines » piloté par l'Institut Fédéral des Géosciences et des Ressources Naturelles (BGR) basé à Hanovre. Un des objectifs assignés à ce projet est de mettre en place un système pérenne de gestion régionale des ressources en eaux dans l'emprise du bassin du fleuve Niger, en se focalisant sur le suivi des eaux souterraines dans le contexte de la variabilité climatique.

Le présent rapport porte sur la caractérisation physicochimique et la piézométrie des aquifères de Niamey, la capitale du Niger. Comme les autres zones urbaines dans le Bassin de Niger, Niamey est confrontée à une croissance rapide de la population, impactant sur la qualité et la quantité des ressources en eaux disponibles. Afin d'améliorer les connaissances de ces ressources, le projet opère sur un réseau de suivi des eaux souterraines conjointement avec les techniciens du Ministère de l'Hydraulique et de l'Assainissement (Direction Nationale de l'Hydraulique, Direction Générale de l'Hydrogéologie, Direction Régionale de l'Hydraulique de Niamey).

La prise de conscience des collectivités territoriales permettra de mettre en place un mécanisme de régulation moins polluant vis-à-vis des eaux souterraines qui restent une ressource susceptible d'être sollicitée dans l'avenir pour couvrir les besoins en eau potable de la ville de Niamey assurés actuellement, dans une large mesure, par les eaux du fleuve.

Les données de base pour la compilation du rapport sont les résultats des analyses chimiques des échantillons d'eau prélevés sur les différents ouvrages du réseau de suivi à Niamey depuis 2013. Il s'articule autour des points suivants :

1. Contextes de l'étude et enjeux de la gestion rationnelle des ressources en eaux
2. Présentation du réseau de suivi
3. Présentation des résultats des analyses physicochimiques
4. Interprétations des données et cartographie des risques de pollution
5. Esquisse piézométrique et fluctuations du niveau des nappes
6. Conclusion et recommandations

2 Contexte de l'étude

a. Contexte géographique et climatique

La région de Niamey est située dans le sud-ouest du pays et couvre une superficie d'environ 280 km². La ville de Niamey (dont les coordonnées géographiques sont N13,5° et E2,1°) est traversée par le fleuve Niger dans une direction nord-ouest sud-ouest. Le paysage correspond à un vaste plateau, traversé par le fleuve dont le lit correspond à l'altitude la plus basse de la zone d'étude. Un réseau hydrologique formé de cours d'eau étroits et perpendiculaires au fleuve draine le plateau pour alimenter le fleuve en périodes de fortes précipitations.

Le couvert végétal de la zone (au-delà de la partie influencée par l'humidité de la vallée du fleuve) est typique du Sahel, constitué des steppes arborées des petits acacias. Les précipitations moyennes annuelles à Niamey varient entre 300 mm et 950 mm (Figure 1). Les pluies durent cinq mois en moyenne, entre mai et septembre, mais elles sont plus abondantes entre juillet et août (Figure 2). Les précipitations sont très souvent sous forme d'orages violents qui engendrent des ruissellements et des inondations. Les températures moyennes annuelles de 1951 à 2017 varient entre 27,9 et 30,4 °C. Une hausse de la température moyenne annuelle d'environ 1,2 °C peut être constatée des années 50 à nos jours. L'historique des précipitations annuelles et des températures moyennes annuelles de la région est présenté ci-dessous (Figure 1).

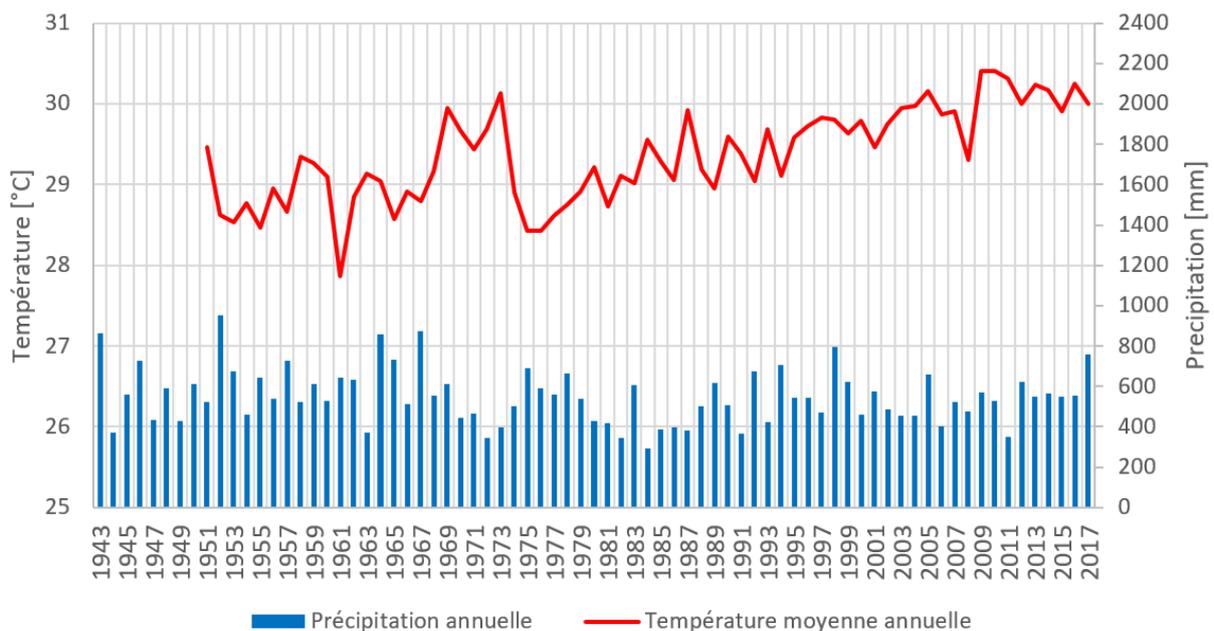


Figure 1: Historique des précipitations annuelles et des températures moyennes annuelles à Niamey entre 1943 et 2017 (Source de données: Deutscher Wetterdienst, 2018)

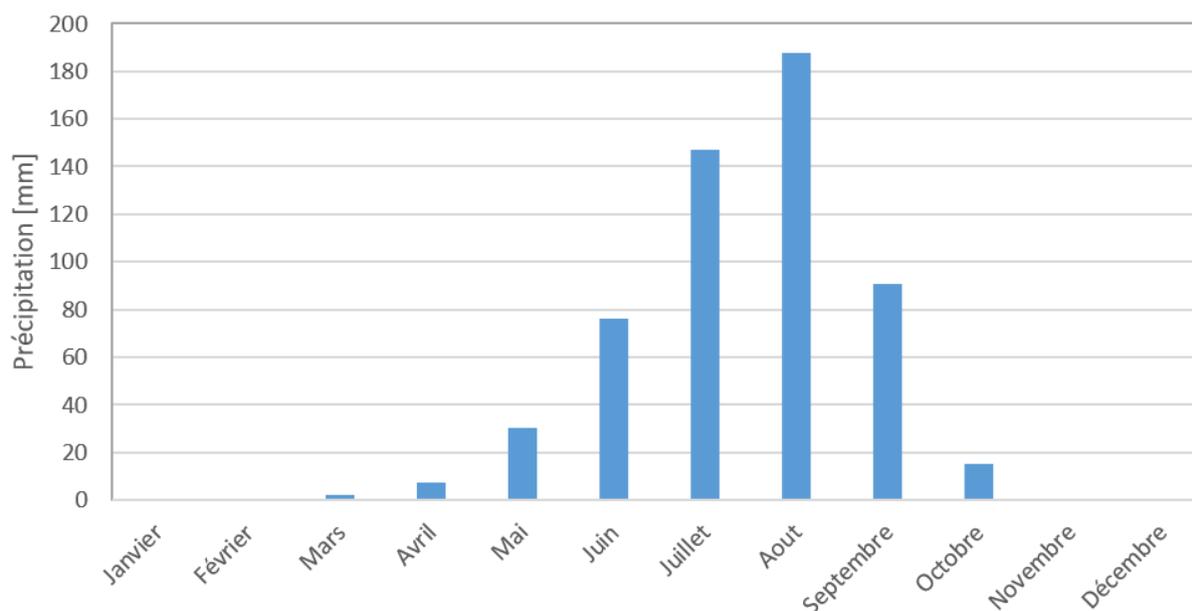


Figure 2: Précipitation moyenne mensuelle pour la période de 1943 à 2017 (Source de données : Deutscher Wetterdienst, 2018)

b. Contexte géologique et hydrogéologique de la zone

La géologie de la zone de Niamey est constituée d'un substratum cristallin (socle Méta-Liptako) recouvert par la formation sédimentaire du Continental Terminal (CT) sur laquelle repose une couche alluvionnaire récente.

Le socle Méta-Liptako d'âge protérozoïque inférieur appartient aux formations birimiennes de l'Afrique de l'Ouest (Vicat et al., 1994). Il est principalement composé des roches plutoniques partiellement métamorphisées avec des états différents d'altération. A Niamey, ce socle est presque exclusivement d'âge paléo-protérozoïque moyen (Birimien/Eburnéen) (Bonnot, 1998). La partie anté-éburnéenne du socle est formée de métavolcanites sédimentaires indifférenciées tandis que la partie tardive éburnéenne est composée de syénogranites, de monzogranites et de granodiorites indifférenciées, riches en quartz, biotite et amphibole. La plupart des forages d'eau dans ces formations capte la partie tardive éburnéenne.

Le Continental Terminal (CT) d'âge miopliocène (Lang et al., 1990) constitue la formation la plus récente du bassin des lullemeden. Dans ce bassin transferralier, les sédiments paléozoïques et méso-cénozoïques se sont déposés dans des aires de sédimentation à déplacement progressif du nord-est vers le sud-ouest, formant trois séries sédimentaires successives, le CT1, le CT2 et le CT3. Dans la zone de Niamey qui est localisée sur la bordure extrême sud-ouest du bassin des lullemeden seule la série supérieure CT3 est présente avec un âge Eocène moyen à Pliocène (Greigert, 1966). Elle est constituée d'une alternance de grès plus ou moins argileux et d'argiles versicolores avec intercalations de niveaux d'oolithes ferrugineuses (Bonnot, 1998; Wright et al, 1985) et repose directement sur le socle Méta-Liptako, ou localement, sur les grès du protérozoïque supérieur (Vicat et al. 1994).

Les alluvions de la zone de Niamey sont essentiellement constituées des sables peu compactés. Ce sont des alluvions indifférenciées et colluvions de fond de vallée (Bonnot, 1998). Ces sables proviennent de la sédimentation fluviale quaternaire du fleuve Niger, notamment pendant ses hautes eaux.

La coupe schématique de la succession de ces formations géologiques de Niamey, perpendiculaire au lit du fleuve Niger, est donnée par la figure ci-après.

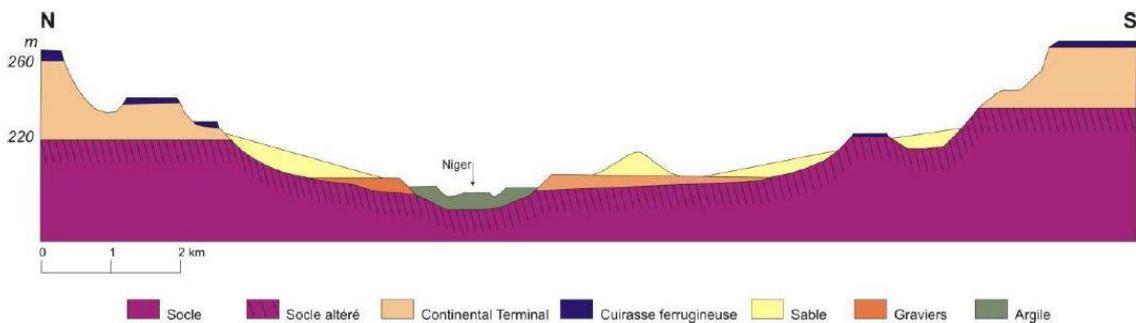


Figure 3: Coupe schématique représentative des formations géologiques de Niamey (modifiée d'Ousseini et Morel, 1989 dans Vassolo et al. 2015).

D'un point de vue hydrogéologique, on distingue trois aquifères dans la zone de Niamey : l'aquifère du socle altéré et fracturé/fissuré, l'aquifère sédimentaire du Continental Terminal et l'aquifère alluvial (Dehays et al., 1986; Hassane, 2010).

L'aquifère du socle existe généralement où l'altération et la fracturation du socle cristallin créent une porosité et une perméabilité secondaire de la roche. À Niamey, le socle présente des franges d'altération dont l'épaisseur peut atteindre 30 m. Des venues d'eau dans le socle fracturé ont été observées jusqu'à 90 m de profondeur (Dehays et al., 1986; Hassane, 2010). Le socle peut contenir une nappe semi-captive dans les zones où il est sous-jacent au CT et une nappe libre dans les zones qui ne sont pas couvertes par le CT. La transmissivité moyenne pour cet aquifère atteint $6,3 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ (Dehays et al., 1986).

L'aquifère sédimentaire du Continental Terminal est une formation aquifère poreuse multicouche caractéristique du bassin des lullemeden, d'extension sous régionale (Niger, Mali, Nigéria et Bénin). Cependant, la localisation de Niamey sur la bordure extrême sud-ouest de ce grand bassin sédimentaire induit une faible épaisseur du CT (seule la série du CT3 peut être observée) dans la zone urbaine (Greigert, 1966, Hassane, 2010; Dehays et al., 1986). Des fortes valeurs de transmissivité ($10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$) ont été calculées pour le CT (Greigert, 1978).

L'aquifère alluvial représente un aquifère poreux localement limité à la vallée du fleuve Niger, et à une échelle restreinte dans les dépressions des koris qui alimentent le fleuve en saison pluvieuse. Ces alluvions sont captées pour les besoins de maraîchage dans les zones favorables.

c. Contexte socioéconomique

La ville de Niamey s'étend sur les deux rives du fleuve Niger avec 6 communes dont 5 sur la rive gauche et une sur la rive droite. Le recensement démographique de 2012 fait état d'une population d'environ 1.388.682 habitants (Institut National de la Statistique du Niger INS, 2012).

Capitale politique et administrative du pays, Niamey abrite toutes les hautes institutions (Présidence, Assemblée nationale, Ministères, Directions générales, ambassades, ...) et reste confrontée aux problèmes infrastructurels auxquels s'ajoutent l'explosion démographique que connaît le pays au cours de ces dernières décennies.

Les principales activités génératrices des revenus pour les populations de la zone sont l'agriculture, l'élevage et les secteurs tertiaires (artisanat, petites industries, commerce, pêche).

L'agriculture est majoritairement extensive et reste vivrière (mil, sorgho, maïs, ...). Au-delà de la zone d'influence du fleuve, l'agriculture est tributaire des pluies hivernales. La culture des légumes et du riz se concentre le long du fleuve Niger, dans sa vallée et les zones

inondables où l'utilisation des engrais et des pesticides pourrait être une source polluante potentielle pour les eaux, impactant ainsi sur leur qualité pour les différents usages.

L'élevage extensif est le plus communément pratiqué, mais ce secteur est peu développé. Néanmoins, l'aviculture a connu un essor considérable ces dix dernières années et peut, à long terme, être une source de pollution supplémentaire qui pourrait impacter les eaux.

En fin, les petites industries, l'artisanat, la pêche et le commerce sont pratiqués par une petite tranche de populations mais ce sont surtout les industries qui génèrent des rejets susceptibles de polluer l'environnement.

3 Configuration du réseau de suivi des eaux souterraines

Le réseau de suivi comprend un total de 34 points de suivi dont 15 forages, 14 puits et 5 points d'eau de surface. Le statut effectif de ces points de suivi est résumé dans le tableau ci-dessous (Tableau 1). La répartition spatiale de ces ouvrages est donnée par la carte de la figure ci-après (Figure 4) :

Tableau 1 : Récapitulatif des points de suivi AGES de Niamey

Type de point	Nombre de points	Points de suivi par aquifère capté		
		Alluvions	CT	Socle
Forage	15	0	2	13
Puits	14	5	9	0
Eaux de surface	5	Points d'eau de surface suivis : 5		

Neuf de ces ouvrages sont équipés d'un dispositif d'acquisition automatique de données piézométriques.

Le suivi des eaux souterraines sur ce réseau a été conjointement convenu avec les autorités compétentes comme suit :

- Suivi piézométrique à fréquence trimestrielle (mesure manuelle du niveau de la nappe dans les différents ouvrages à l'aide d'une sonde piézométrique et déchargement des données des capteurs automatiques de niveaux d'eau)
- Echantillonnage géochimique à fréquence semestrielle (prélèvement d'échantillons d'eau pour les analyses, mesure des paramètres in situ, conditionnement des échantillons avant leur envoi au laboratoire du BGR à Hanovre)

Le planning des différentes opérations est harmonisé de manière à faire coïncider chaque campagne d'échantillonnage avec une campagne de mesures piézométriques. Les deux campagnes d'échantillonnage doivent, autant que possible, couvrir les deux périodes clés de l'année ; la saison pluvieuse (ou période des hautes eaux) et la saison sèche (ou période de basses eaux).

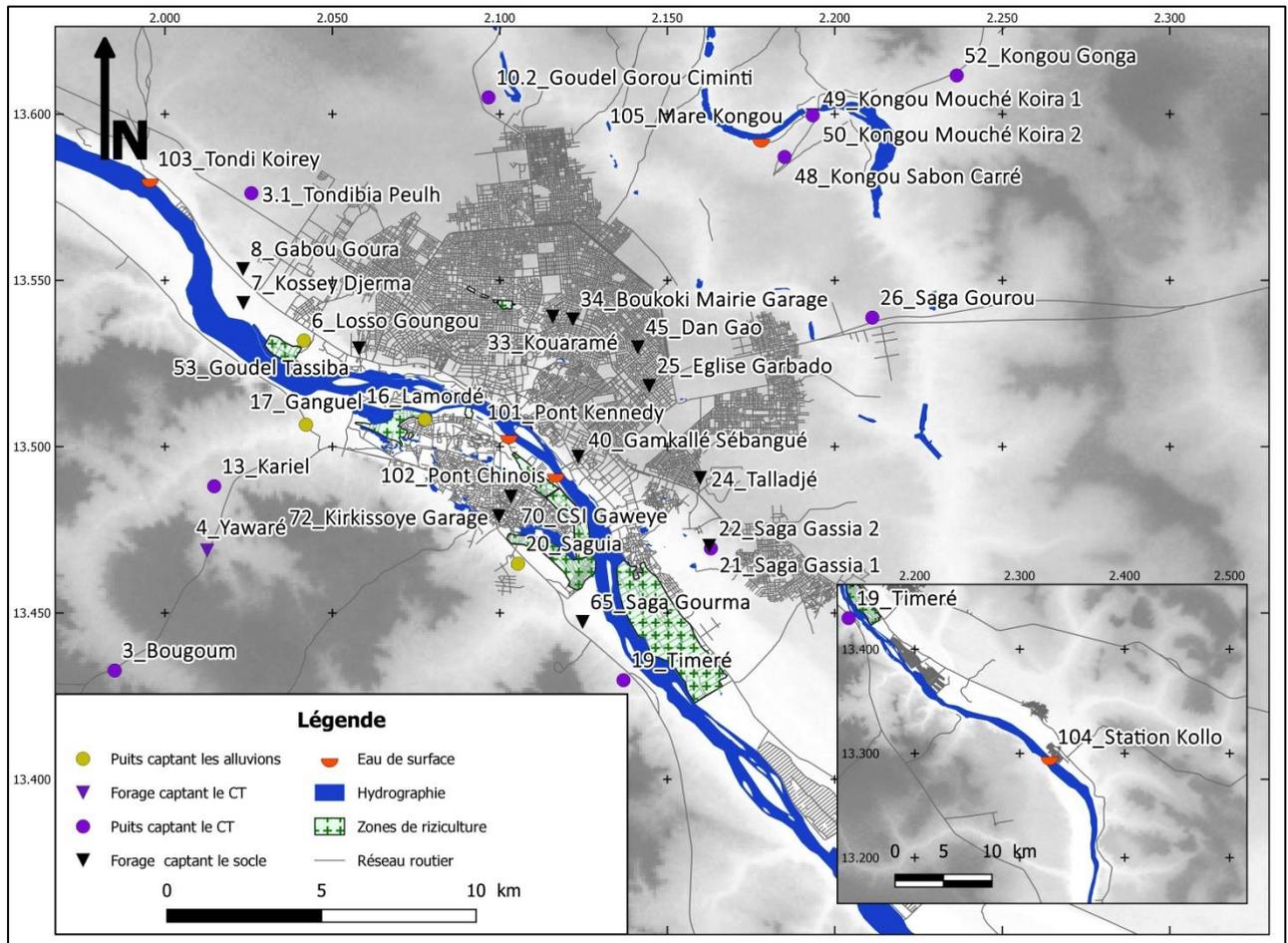


Figure 4: Plan de localisation des ouvrages de suivi de Niamey (Sources du fond de la carte : modèle numérique de terrain de la NASA (2012) ; réseau routier et cours d'eau (OpenStreetMap, 2016) et occupation des sols ABN (2018))

4 Présentation des résultats des analyses physicochimiques

La première phase du projet s'est déroulée entre 2012 et 2014. Les résultats issus des travaux de cette phase (neuf campagnes) ont permis d'acquérir des données ayant servi à la caractérisation des eaux souterraines dans la région de Niamey. Durant la période de transition de 2014 à 2016 qui a précédé la deuxième phase du projet, le suivi n'a pas été poursuivi par les autorités compétentes.

Pendant la deuxième phase du projet le suivi régulier a été repris en avril 2017. D'une manière générale la majorité des points de suivi de la première phase ont été retenus. La liste des ouvrages avec les coordonnées et les caractéristiques techniques est donnée par le tableau récapitulatif des ouvrages en annexes de ce document (Annexe I.A). Les résultats des analyses chimiques pour les ions majeurs sont résumés dans les annexes I.B-D.

4.1 Les paramètres physicochimiques in situ

Les paramètres in situ comme la température, la conductivité électrique, le pH et l'oxygène dissout ont été mesurés à l'aide des sondes électroniques calibrées (modèle WTW). La température des échantillons d'eau varie entre 29°C et 37°C. Les conductivités électriques varient entre 28 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 900 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour l'ensemble des points de mesure à l'exception de deux qui sont le forage 70_CSI Gaweye et le puits 16_Lamordé où elle atteint respectivement 2190 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 1235 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ces valeurs élevées de conductivité témoignent d'un phénomène (naturel ou anthropique) sur lequel nous reviendrons ultérieurement. A titre

d'exemple, le récapitulatif des valeurs de ces paramètres in situ pour le mois d'avril 2017, est présenté dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2: Récapitulatif des paramètres in-situ des eaux souterraines de Niamey (Avril 2017)

Nom du Site	Type d'ouvrage	Aquifère capté	pH	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	O ₂ dissout (mg/l)
70_CSI Gaweye	Forage	socle	7.005	2190	34.9	5.2
16_Lamordé	Puits	alluvions	7.872	1235	31.7	4.3
7_Kossey Djerma	Forage	socle	8.21	886	33.9	0.2
6_Losso Goungou	Puits	alluvions	7.56	787	30.4	1.68
8_Gabou Goura	Forage	socle	7.22	650	35.2	0.07
26_Saga Gourou	Puits	CT	6.853	562	34.3	3.7
25_Eglise Garbado	Forage	socle	7.422	554	35	0.01
40_Gamkallé Sébangué	Forage	socle	7.416	530	33.7	6.9
33_Kouaramé	Forage	socle	7.05	524	32.8	2.27
3_Bougoum	Puits	CT	7.245	419	30.6	1.1
13_Kariel	Puits	CT	7.546	357	31.2	3.9
72_Kirkissoye Garage	Forage	socle	7.608	272	34	4.4
53_Goudel Tassiba	Forage	socle	7.611	271	32.5	2.29
34_Boukoki Mairie Garage	Forage	socle	6.112	257	35.7	2.04
20_Saguaia	Puits	alluvions	7.261	255	31.1	4.9
21_Saga Gassia 1	Forage	socle	7.175	230	36.9	4.5
17_Ganguel	Puits	CT	7.38	229	31.3	3.2
45_Dan Gao	Forage	socle	7.445	221	34.4	1.45
24_Talladjé	Forage	socle	6.785	197.1	33.1	3
50_Kongou Mouché Koira 2	Forage	CT	5.293	188.3	35.9	1.16
49_Kongou Mouché Koira 1	Puits	CT	5.687	149	31.4	3.8
4_Yawaré	Forage	CT	6.363	133.5	34.9	2.9
52_Kongou Gongga	Puits	CT	7.259	125.6	31.4	3.84
19_Timeré	Puits	CT	7.887	101.5	29.9	2.2
10.2_Goudel Gorou Ciminti	Puits	CT	6.944	85.4	31.2	3.42
104_Station Kollo	EDS	surface	7.972	75	29.3	3.9
103_Tondi Koirey	EDS	surface	8.448	73.1	29.2	5.9
102_Pont Chinois	EDS	surface	8.277	71.2	26	6.42
101_Pont Kennedy	EDS	surface	8.093	70.9	30.2	5.83
22_Saga Gassia 2	Puits	CT	7.131	63.8	31	2.5
3.1_Tondibia Peulh	Puits	CT	7.54	63.1	30.1	4.63
48_Kongou Sabon Carré	Puits	CT	7.506	61.7	29.8	3.34
105_Mare Kongou	EDS	surface	8.487	49.5	28.7	5.69
65_Saga Gourma	Forage	socle	7.627	28.7	32.2	4.47

4.2 Les analyses physicochimiques au laboratoire

Les analyses physicochimiques des échantillons prélevés ont été réalisées dans le laboratoire du BGR à Hanovre (Allemagne). Ces analyses ont porté sur la totalité des anions et cations ainsi que sur les métaux lourds.

Un résumé statistique des valeurs (minimum, maximum et moyenne) des éléments chimiques analysés comparées aux valeurs guide données par l'OMS (2011), est donné dans le tableau ci-après (Tableau 3).

Tableau 3: Valeurs minimum, maximum et moyennes des éléments chimiques issues des analyses (période 2012 – 2017)

Eléments	Concentrations (mg/l)			Normes OMS (mg/l)	Eléments	Concentrations (mg/l)			Normes OMS (mg/l)
	Max.	Moy.	Min			Max.	Moy.	Min	
Ca	186.00	29.43	1.08		Sr	1.58	0.24	0.01	
Mg	101.00	15.49	0.10		Li	0.07	0.01	0.00	
Na	150.00	27.86	1.10	200.00	Al	0.79	0.04	0.00	
K	20.80	3.02	0.20		NH ₄	5.02	0.11	-0.01	
HCO ₃	601.00	149.96	6.30		As	0.15	-0.02	-0.02	
F	0.89	0.24	0.01	1.50	BO ₂	0.85	0.05	-0.01	2.4
Cl	201.00	13.85	0.37	250.00	Ba	0.29	0.04	0.00	0.3
Br	0.42	0.04	0.00	0.01	Be	0.00	0.00	0.00	
SO ₄	502.00	23.76	0.11	500.00	Cd	0.01	0.00	0.00	0.003
PO ₄	4.43	0.32	-0.03		Co	0.01	0.00	0.00	
NO ₂	8.86	0.32	0.00	3.00	Ti	0.01	0.00	0.00	
NO ₃	613.00	44.48	0.01	50.00	V	0.03	0.00	0.00	
Fe(II)	0.45	0.04	0.00		Zn	3.87	0.24	0.00	
Mn	0.74	0.05	0.00						

On remarque que les valeurs des concentrations en brome, nitrates, nitrites et aluminium dépassent les limites fixées par l'OMS sur certains ouvrages de suivi (Cf. Chapitre : Interprétations des résultats et cartographie des risques de pollution).

5 Interprétations des résultats et cartographie des risques de pollution

Au cours de son séjour dans les formations géologiques qui les contiennent, les eaux souterraines sont constamment soumises aux échanges ioniques avec leur milieu dont elles gardent la signature géochimique. L'exploitation des résultats des analyses permettent de comprendre le chimisme d'une eau et les interactions qui ont prévalu tout au long de son évolution.

5.1 Interprétations des résultats d'analyses

Le traitement des données issues des analyses a été fait à l'aide du logiciel « Diagrammes » développé par le laboratoire d'Hydrogéologie d'Avignon en France. Ce support de traitement des données d'analyses chimiques des eaux a l'avantage d'intégrer une large variété de données des constantes et d'équations de spéciation géochimique des éléments constitutifs de la minéralisation des eaux souterraines.

5.1.1 Dureté des eaux et échange de base avec l'encaissant

La dureté (ou titre hydrotimétrique TH) d'une eau se définit grâce sa concentration en ions calcium et magnésium. Cette variable s'exprime en mg/l de CaCO_3 ou plus couramment en degré hydrotimétrique français. Elle permet de distinguer quatre types d'eau :

- très douce, quand le TH est compris entre 0 et 7
- douce, lorsque le TH varie entre 7 et 15
- dure pour un TH entre 15 et 40
- très dure pour un TH supérieur à 40.

Les données sur la dureté des eaux échantillonnées sont indiquées dans le tableau ci-dessous (Tableau 4).

Tableau 4: Données d'usage domestiques des eaux sur les ouvrages de suivi à Niamey

Nom et numéro du site	Nappe captée	pH mesuré	Dureté (°THf)	Indices		
				Langelier	Ryznar	Echange de base
50_Kongou Mouché Koira 2	CT	5.29	0	-5.05	15.39	-2.21
52_Kongou Gongga	CT	7.26	1	-2.15	11.56	-7.82
49_Kongou Mouché Koira 1	CT	5.69	1	-4.37	14.43	-2.35
65_Saga Gourma	Socle	7.63	1	-2.17	11.97	-1.70
22_Saga Gassia 2	CT	7.13	2	-2.15	11.43	-6.39
48_Kongou Sabon Carré	CT	7.51	2	-1.90	11.31	-3.83
10.2_Goudel Gorou Ciminti	CT	6.94	2	-1.92	10.78	-7.97
104_Station Kollo	EDS	7.97	2	-1.02	10.00	-7.49
105_Mare Kongou	EDS	8.49	2	-0.75	9.99	-2.76
103_Tondi Koirey	EDS	8.45	2	-0.54	9.54	-8.73
102_Pont Chinois	EDS	8.28	2	-0.78	9.85	-9.19
101_Pont Kennedy	EDS	8.09	2	-0.91	9.91	-9.14
19_Timeré	CT	7.89	3	-1.05	10.00	-4.46
3.1_Tondibia Peulh	CT	7.54	3	-1.53	10.60	-4.60
4_Yawaré	CT	6.36	5	-2.05	10.46	-33.21
34_Boukoki Mairie Garage	Socle	6.11	7	-2.38	10.86	-0.92
45_Dan Gao	Socle	7.45	7	-0.39	8.21	-51.34
24_Talladjé	Socle	6.79	8	-1.53	9.84	-4.37
20_Saguia	Alluvions	7.26	9	-1.14	9.55	-0.97
13_Kariel	CT	7.55	9	-0.60	8.75	-40.92
3_Bougoum	CT	7.25	9	-1.48	10.19	-3.35
21_Saga Gassia 1	Socle	7.18	9	-0.71	8.58	-23.34
53_Goudel Tassiba	Socle	7.61	9	-0.52	8.66	-5.17
17_Ganguel	Alluvions	7.38	10	-0.54	8.46	-7.54
72_Kirkissoye Garage	Socle	7.61	10	-0.13	7.88	-6.88
33_Kouaramé	Alluvions	7.05	16	-0.42	7.88	-6.06
40_Gamkallé Sébangué	Socle	7.42	22	-0.09	7.61	0.07
26_Saga Gourou	CT	6.85	23	-0.68	8.22	-3.18
25_Eglise Garbado	Socle	7.42	24	0.30	6.83	-4.78
7_Kossey Djerma	Socle	8.21	30	1.40	5.42	-4.78
8_Gabou Goura	Socle	7.22	31	0.29	6.63	-8.30
16_Lamordé	Alluvions	7.87	34	1.12	5.63	-2.00
6_Losso Goungou	Alluvions	7.56	36	0.67	6.22	-1.88
70_CSI Gaweye	Socle	7.01	87	0.42	6.18	0.07
Echelle de dureté des eaux naturelles suivant le TH (°F)	Très douce	Douce	Plutôt dure	Dure	Très dure	
	0 à 7	7 à 15	15 à 30	30 à 40	> à 40	

On peut remarquer une prédominance des eaux douces à l'exception de quatre points (6_Losso Goungou ; 8_Gabou Goura ; 16_Lamordé et 70_CSI Gaweye) pour lesquels le titre hydrotimétrique varie de 31 à 87°F.

L'indice de Langelier (noté IL) est le plus couramment utilisé afin d'apprécier le caractère agressif ou incrustant d'une eau. Il est calculé à partir du pH réel et du pH de stabilisation (pHs*) selon la formule :

$$IL = pH - pHs$$

Si l'indice de Langelier est inférieur à 0, l'eau est dite agressive et dissout le carbonate de calcium. Quand l'IL est supérieur à 0 l'eau est dite incrustante et aura tendance à faire précipiter le carbonate de calcium et pourrait affecter les conduites et réservoirs de stockage en cas d'installation pérenne.

L'indice de Ryznar (IR) quant à lui, donne des indications sur la corrosivité de l'eau vis-à-vis de l'acier. Il est calculé par la formule :

$$IR = 2pHs - pH$$

Si l'IR est inférieur à 7, l'eau est dite entartrante et a tendance à déposer des couches d'oxydes sur les parois des canalisations en acier. Si en revanche l'IR est supérieur à 7, on assiste à une corrosion progressive de l'acier par l'eau.

Il ressort de ces analyses que 82% des eaux sont corrosives et agressives, à l'exception de trois points (6_Losso Goungou, 8_Gabou Goura et 70_CSI Gaweye).

L'indice d'échange de base (IEB) de Schöeller (1934) donne des indications sur le potentiel d'un échange ionique entre l'eau souterraine et la formation qui la contient. L'IEB est calculé par la formule ci-dessous avec les concentrations équivalentes des ions en milliéquivalents par litre:

$$IEB = \frac{Cl^- - (Na^+ + K^+)}{Cl^-}$$

Les échanges ioniques potentiels sont indiqués par l'IEB (Indice d'Echange de Base) en trois catégories :

- 1) IEB égal à 0 : pas d'échanges parce qu'il y a un équilibre entre la composition des eaux souterraines et les formations encaissantes.
- 2) IEB inférieur à 0 : les ions calcium et magnésium en solution sont échangés par le sodium et le potassium des formations encaissantes.
- 3) IEB : supérieur à 0 : les ions de sodium et de potassium en solution sont échangés par des ions de calcium et magnésium des formations encaissantes.

Les analyses montrent que la composition des eaux dans tous les ouvrages, à l'exception de 40_Gamkallé Sébangué et 70_CSI Gaweye, a le potentiel d'échanger le calcium et le magnésium en solution avec le sodium et le potassium de la formation encaissante. La composition des eaux à 40_Gamkallé Sébangué et 70_CSI Gaweye est influencée par des composantes d'eaux usées (voir Annexe IV.A) et donc ne représentent pas l'état naturel des eaux souterraines.

5.1.2 Faciès hydrogéochimiques et origine des eaux

Les faciès hydrogéochimiques des eaux des différents ouvrages ont été déterminés suivant l'aquifère capté:

- Alluvial
- Continental Terminal
- Socle fissuré et/ou altéré

La détermination des différents faciès géochimiques a été faite sur la base du diagramme de Piper qui prend en compte les cations et les anions majeurs issus des analyses.

Les ouvrages captant l'aquifère alluvial

Les quatre ouvrages captant les alluvions sont tous des puits cimentés ouverts et donc exposés aux intempéries et aux pollutions anthropiques. Les résultats des analyses chimiques et les paramètres physicochimiques in situ des échantillons prélevés entre 2012 et 2017, ont permis de déterminer les faciès hydrogéochimiques de ces eaux. La figure 5 ci-après présente les faciès de ces eaux déterminés grâce au diagramme de Piper, suivant deux cas de figures:

- A gauche on prend en compte les nitrates dans les anions majeurs. On remarque une prédominance d'eau de type bicarbonatée calcique et magnésienne à l'exception de l'eau du puits de 20_Sagua qui est de type chloruré nitraté et sulfaté calcique et magnésien.
- A droite, en supposant que les teneurs en nitrate sont le résultat d'une pollution anthropique, les nitrates ne sont pas pris en compte et toutes les eaux sont du même faciès bicarbonaté calcique et magnésien

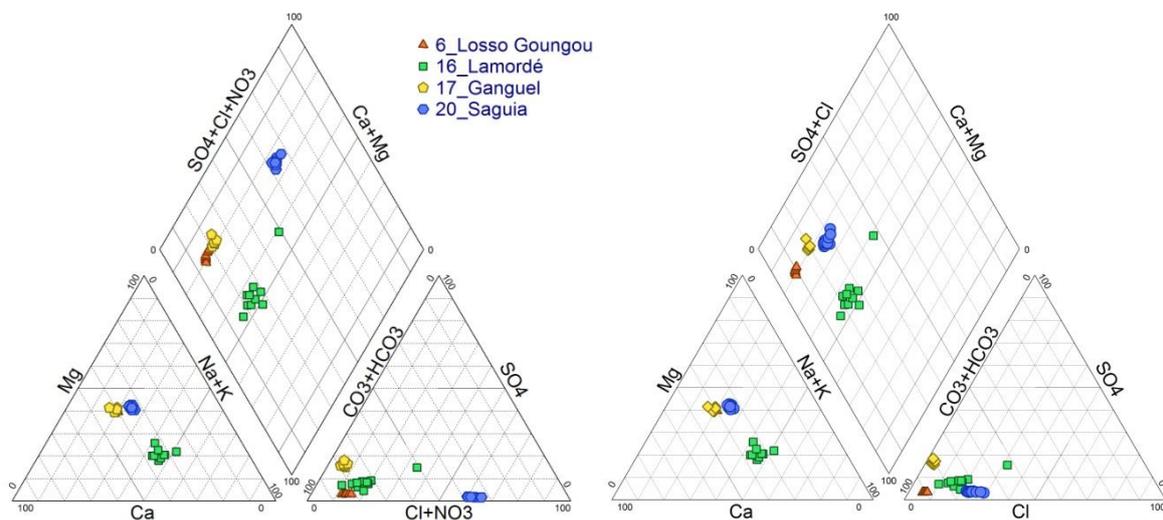


Figure 5: Faciès hydrogéochimiques des eaux des puits aux alluvions (avec les nitrates à gauche et sans les nitrates à droite)

Le triangle des cations dans les deux cas ci-dessus (Figure 5) garde la même configuration sur la distribution des éléments chimiques. Le triangle des anions met en relief l'influence considérable des nitrates sur le faciès de l'eau du puits de 20_Sagua. Les concentrations en nitrates dans ce puits dépassent la norme de 50 mg/L fixées par l'OMS (2011) pour les eaux de consommation humaine. La source de ces nitrates pourrait être liée aux pollutions ponctuelles (présence des fosses septiques non étanchéifiées, transformation des anciens puits d'eau en fosse et d'aires de défécation à l'air libre (DAL) dans les environs immédiats du puits) conjuguées à l'utilisation des engrais azotés dans l'agriculture le long du fleuve Niger. L'existence des zones de riziculture dans le secteur pourrait reconforter la deuxième hypothèse sur la source des nitrates dans ce puits.

Les ouvrages captant le Continental Terminal

Deux forages et dix puits cimentés captant le CT sont suivis dans le cadre du projet AGES. La détermination des faciès hydrogéochimiques des eaux issues de ces ouvrages (Figure 6) met en évidence trois types d'eau.

- Le faciès bicarbonaté calcique et magnésien qui représente 50% des échantillons analysés (26_Saga Gorou, 19_Timeré, 22_Saga Gassia 2, 10.2_Goudel Gorou Ciminti, 4_Yawaré et 48_Kongou Sabon Carré) (cf. Figure 3),
- Le faciès chloruré nitraté et sulfaté calcique et magnésien qui regroupe les ouvrages de 3.1_Tondibia Peulh, 3_Bougoum et 48_Kongou Sabon Carré.
- Le faciès chloruré sodique et potassique qui caractérise les eaux de 13_Kariel, 49_Kongou Mouché Koira 1, 50_Kongou Mouché Koira 2 et 52_Kongou Gonga.

Une influence considérable de nitrates sur la composition ionique de l'eau peut être observée pour les ouvrages de 3_Bougoum 48_Kongou Sabon Carré, 49_Kongou Mouché Koira et 52_Kongou Gonga.

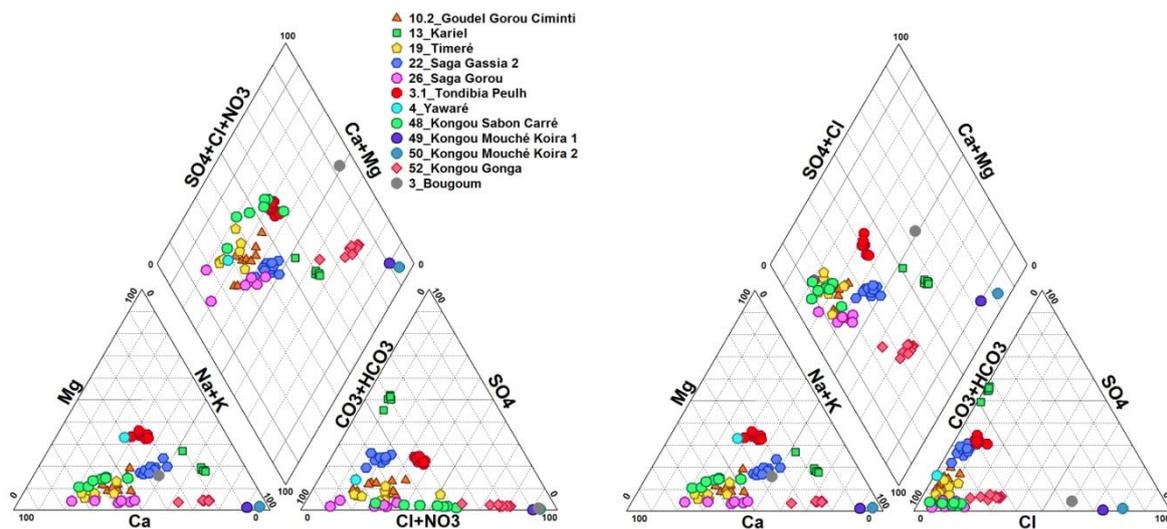


Figure 6: Diagramme de Piper des eaux du CT (à gauche avec les nitrates et à droite sans les nitrates)

Le Tableau 5 ci-dessous résume les indices de saturation des minéraux tels que la calcite, l'aragonite, la dolomite, le gypse et l'anhydrite. Les indices de saturation permettent de voir l'évolution de l'équilibre chimique des eaux vis-à-vis de minéraux primaires et/ou néoformés. Le calcul de l'indice de saturation a été fait selon la formule:

$$IS = \log \left(\frac{IAP}{K} \right)$$

Où **IAP** représente le produit de l'activité de l'ion et **K** la constante d'équilibre de la réaction qui régit l'équation. Pour un minéral donné, l'équilibre eau-roche est atteint quand son indice de saturation **IS** = 0. Un **IS** < 0 signifie une sous-saturation d'une solution par rapport à un minéral et un **IS** > 0 démontre une sursaturation d'une solution par rapport à un minéral.

Les valeurs de ces indices de saturation pour les eaux du CT témoignent d'une sous-saturation (valeurs négatives) vis-à-vis des minéraux tels que la calcite, l'aragonite, la dolomite, le gypse et l'anhydrite (Tableau 5). Les formations encaissantes carbonatées et sulfatées font donc l'objet de dissolution par les eaux souterraines.

Tableau 5 : Indices de saturation des minéraux dans les eaux du CT à Niamey

Nom et numéro d'ouvrage	Indice de saturation				
	Calcite	Aragonite	Dolomite	Gypse	Anhydrite
10.2_Goudel Gorou Ciminti	-1.90	-2.04	-4.30	-3.52	-3.72
13_Kariel	-1.10	-1.24	-1.97	-2.17	-2.37
19_Timeré	-1.41	-1.55	-3.56	-3.45	-3.65
22_Saga Gassia 2	-2.53	-2.67	-5.15	-3.55	-3.75
26_Saga Gorou	-3.12	-3.26	-7.21	-5.03	-5.22
3.1_Tondibia Peulh	-2.40	-2.54	-4.61	-3.29	-3.50
4_Yawaré	-2.05	-2.19	-3.96	-3.17	-3.35
48_Kongou Sabon Carré	-2.72	-2.86	-5.91	-4.60	-4.80
49_Kongou Mouché Koira 1	-4.37	-4.51	-9.35	-5.77	-5.97
50_Kongou Mouché Koira 2	-5.05	-4.51	-9.35	-5.53	-5.70
52_Kongou Gongga	-2.98	-3.12	-6.51	-4.31	-4.51
3_Bougoum	-1.47	-1.61	-3.10	-3.62	-3.82

La Figure 7 montre le rapport entre la somme des cations Ca^{2+} et Mg^{2+} et la somme des anions HCO_3^- et SO_4^{2-} . La majorité des points représentatifs des échantillons sont alignés autour de la droite de l'équilibre des charges, démontrant la prédominance de la dissolution des minéraux comme calcite, dolomite et gypse (Fisher and Mullican, 1997).

Seuls les points d'eau 3_Bougoum (excès en magnésium) et 13_Kariel (excès en sulfates) sont décalés de cette droite. L'échantillon de 3_Bougoum montre une haute concentration en nitrate (178 mg/l) mettant en évidence l'influence anthropique sur la chimie des eaux dans cet ouvrage. L'ouvrage n'est donc pas représentatif pour le chimisme entre les eaux et la roche dans la zone. Le puits de 13_Kariel est situé sur les flancs de la vallée du Niger où l'épaisseur du CT diminue par biseautage sur le socle altéré. Il est probable que l'ouvrage (prof. 12,10 m) ait été creusé jusqu'au socle altéré. Les eaux captées représentent donc un mélange entre les eaux souterraines du CT et du socle altéré. Cela s'exprime par la présence du Na^+ comme cation majeure, indiquant l'influence de la dissolution de roches silicatées. L'influence des eaux du socle altéré dans le puits de 13_Kariel s'exprime aussi par des valeurs élevées de F^- ($\bar{X}=0,46$ mg/l) et de Sr^{2+} ($\bar{X}=0,07$ mg/l) par rapport aux autres échantillons d'eau souterraines du CT.

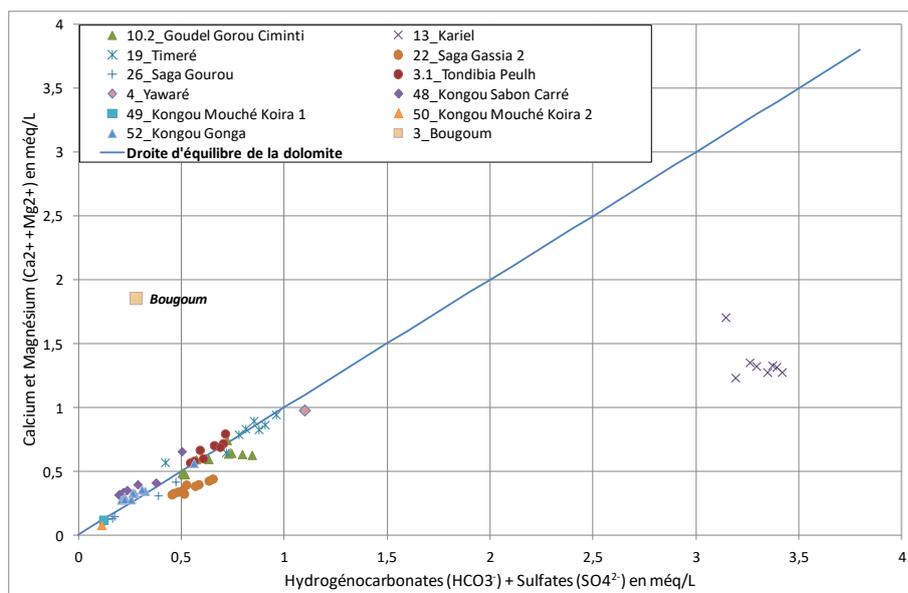


Figure 7: Relation (Ca²⁺ + Mg²⁺) vs. (HCO₃⁻ + SO₄²⁻) pour des eaux dans le CT

Les ouvrages captant les altérites et les fractures du socle

Un total de 13 forages captant le socle sont suivis dans le cadre du projet. L'étude des faciès hydrogéochimiques de ces eaux dans le diagramme de Piper a permis de distinguer deux types d'eau (Figure 8) :

- ✓ Le faciès bicarbonaté calcique et magnésien qui caractérise les eaux des ouvrages de 72_Kirkissoye Garage, 33_Kouaramé, 25_Eglise Garbado, 21_Saga Gassia 1, 45_Dan Gao et 7_Kossey Djerma.
- ✓ Le faciès des eaux chlorurées nitraté et sulfatées calciques et magnésiennes qui regroupe les ouvrages de 40_Gamkallé Sébangué, 24_Talladjé, 34_Boukoki Mairie Garage, 65_Saga Gourma, 53_Goudel Tassiba et 70_CSI Gaweye.

Les sources de concentrations en nitrate dans certains ouvrages pourraient éventuellement être liées aux effets anthropiques. Ce phénomène se remarque sur les ouvrages 40_Gamkallé Sébangué et 65_Saga Gourma qui basculent du faciès bicarbonaté calcique et magnésien (sans nitrates) au chloruré nitraté et sulfaté calcique et magnésien (avec nitrates).

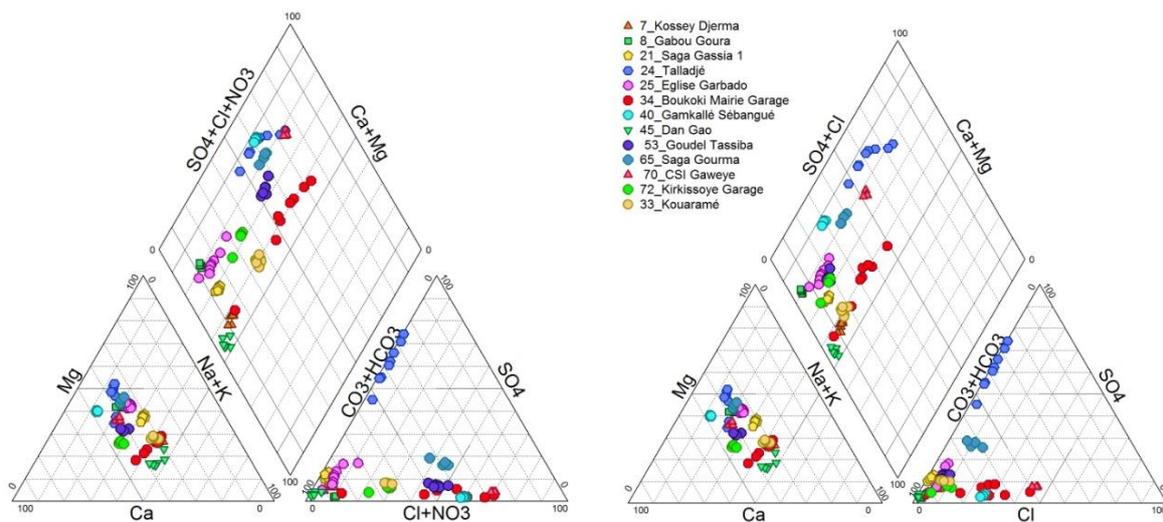


Figure 8: Diagrammes de Piper des eaux du socle avec les nitrates à gauche, et sans nitrates à droite)

Le triangle de cations ne montre pas une variation temporelle d'un échantillon par rapport aux autres. En revanche, le triangle des anions met en évidence une évolution des échantillons vers le pôle carbonaté entre 2012 et 2017, nettement visible pour les forages de 24_Talladjé et 25_Eglise Garbado (Figure 9) qui sont situés dans la même zone de la ville et captent le socle. Les eaux de 34_Boukouki Mairie Garage montrent une évolution vers le pôle chloruré en combinaison avec une montée de nitrite et des hausses de nitrates qui dépassent les normes OMS, indiquant l'influence croissante d'eaux usées sur ce site.

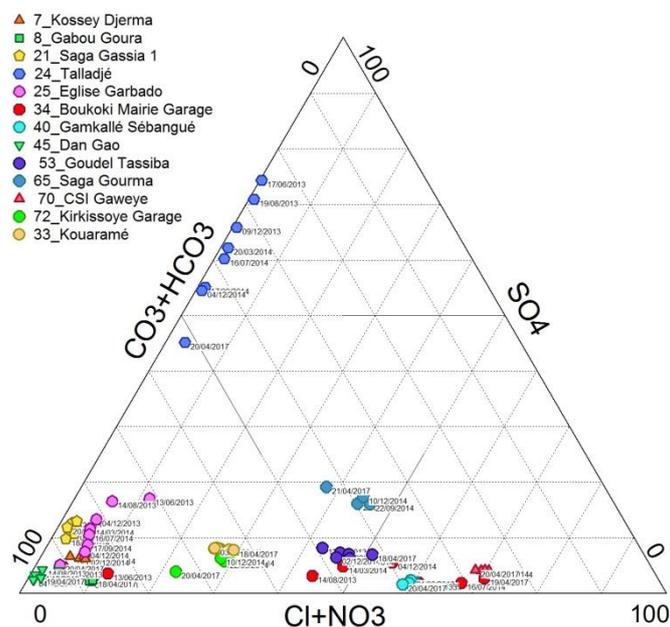


Figure 9: Diagramme ternaire des anions des ouvrages du socle

Le tableau ci-dessous donne le récapitulatif des indices de saturation.

Tableau 6: Indices de saturation des minéraux dans les eaux du socle à Niamey

Nom et numéro d'ouvrage	Indice de saturation				
	Calcite	Aragonite	Dolomite	Gypse	Anhydrite
21_Saga Gassia 1	-0.68	-0.82	-1.07	-2.86	-3.04
24_Talladjé	-1.11	-1.25	-1.92	-1.72	-1.90
25_Eglise Garbado	0.24	0.11	0.80	-2.18	-2.36
33_Kouaramé	-0.44	-0.58	-0.74	-2.45	-2.64
34_Boukoki Mairie Garage	-1.80	-1.93	-3.51	-3.43	-3.61
40_Gamkallé Sébangué	-0.04	-0.17	0.06	-2.90	-3.09
45_Dan Gao	-0.23	-0.37	-0.56	-3.43	-3.62
53_Goudel Tassiba	-1.08	-1.22	-2.07	-2.99	-3.18
65_Saga Gourma	-0.23	-0.37	-0.51	-2.28	-2.47
7_Kossey Djerma	0.93	0.79	2.01	-2.05	-2.23
70_CSI Gaweye	0.68	0.55	1.52	-1.52	-1.71
72_Kirkissoye Garage	0.09	-0.05	0.15	-2.81	-2.98
8_Gabou Goura	0.14	0.00	0.52	-2.64	-2.83

Les valeurs des indices de saturation pour les eaux du socle témoignent pour la majorité des analyses d'une sous-saturation (valeurs négatives) vis-à-vis des minéraux tels que la calcite, l'aragonite, la dolomite, le gypse et l'anhydrite (

Tableau 6). Pourtant, pour la calcite, l'aragonite et la dolomite plusieurs valeurs positifs, proche de l'équilibre, peuvent être retenues. Il est probable que cette saturation se réalise pendant le passage des eaux du CT au socle altéré/fracturé.

La Figure 10 montre le rapport entre la somme des cations Ca^{2+} et Mg^{2+} et la somme des anions HCO_3^- et SO_4^{2-} qui permet de déterminer les origines des minéraux ayant contribué à la minéralisation des eaux ainsi que l'évolution des faciès chimiques tout au long du séjour des eaux dans leur milieu encaissant. On remarque que la majorité des échantillons sont alignés sous la droite de l'équilibre des charges, démontrant l'influence élevée des cations sodium et potassium par rapport aux échantillons du CT, donc indiquant l'influence de l'altération des roches silicatées. Le forage de 7_Kossey Djerma montre la plus grande influence d'altération des minéraux silicatés. Le forage est situé dans la vallée du fleuve Niger et capte environ 40 m du socle qui sont couverts par 6 m de formations sédimentaires. L'évolution du forage de 24_Talladjé sur son pôle carbonaté et vers la droite l'équilibre est bien traduit par les points représentatifs de ses échantillons entre 2013 et 2017. Les forages de 40_Gamkallé Sébangué, de 65_Saga Gourma et de 70_CSI Gaweye qui se situent au dessus de la droite d'équilibre sont influencés par des composantes d'eaux usées (voir Annexe IV.A) et donc ne représentent pas l'état naturel des eaux souterraines.

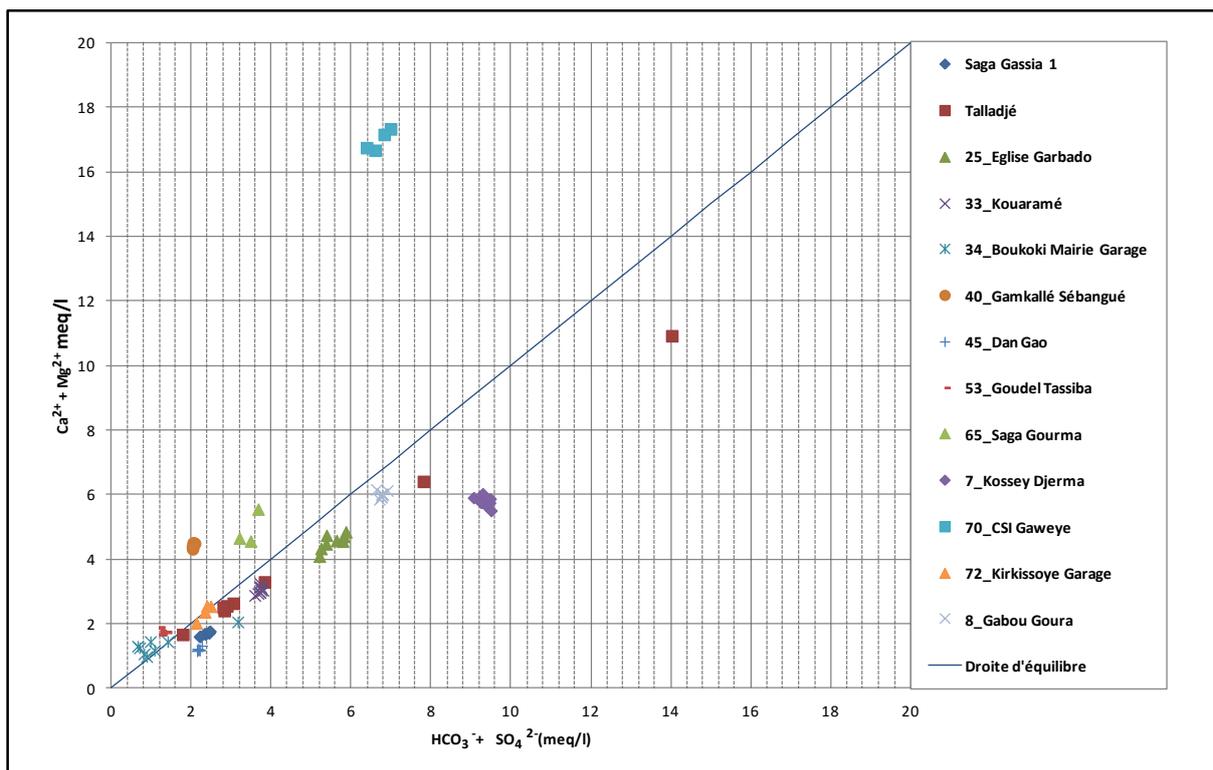


Figure 10: Graphe ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$) vs ($\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$) des ouvrages de socle

5.2 Cartographie des risques de pollution

La pollution des eaux souterraines peut provenir des sources naturelles ou artificielles liées aux activités humaines. Quelle qu'en soit sa nature (chimique, bactériologique ou radiologique); la pollution peut rendre une eau impropre à l'usage humain (boisson, agriculture ou industrie). Dans ce chapitre nous nous limiterons à la pollution chimique des

eaux sur la base des résultats des analyses des différents échantillons d'eau prélevés sur les ouvrages de suivi à Niamey.

Les éléments chimiques à effets polluants notables pour les eaux et qui ont été retenus par le projet pour faire l'objet d'une étude sont :

- Les composés azotés (nitrates, nitrites et ammonium)
- Les halogènes et composés halogénés (fluor et borate)
- Les métaux (arsenic, nickel, plomb, cadmium, baryum, aluminium et cuivre).

Dans la période de suivi entre 2013 à 2017 plusieurs ouvrages ont présentés des concentrations en polluants qui dépassent les normes fixées par l'OMS (2017), notamment les nitrates, les nitrites, le plomb, le cadmium, le nickel et l'arsenic. La distribution des polluants détectés entre 2013 et 2017 est montrée dans la carte ci-dessous (Figure 11).

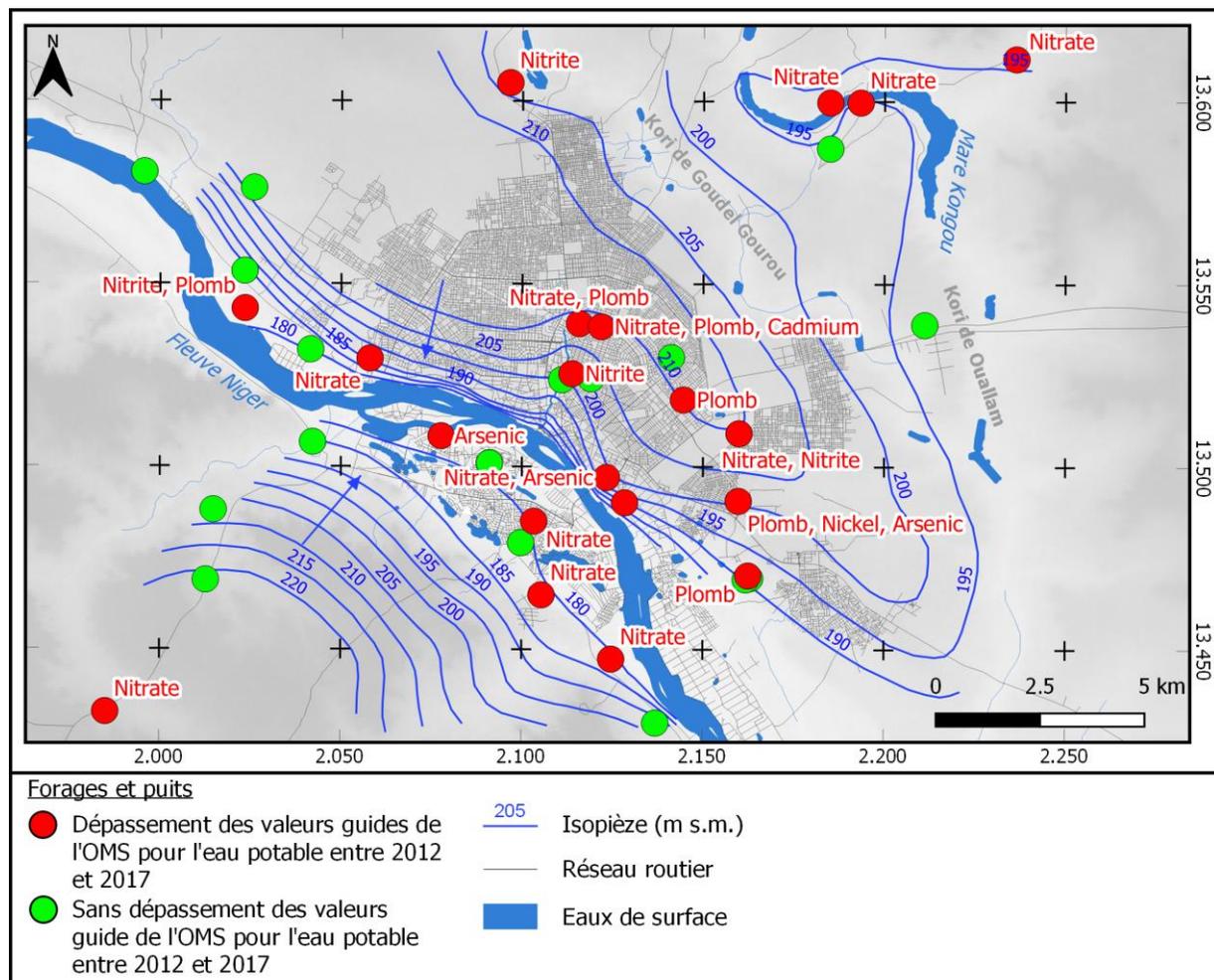


Figure 11: Répartition des polluants détectés entre 2012 et 2017 dans les ouvrages à Niamey. (Sources du fond de la carte : modèle numérique de terrain de la NASA (2012) ; réseau routier et cours d'eau (OpenStreetMap, 2016))

Les analyses des polluants dans les eaux échantillonnées de 2013 à 2017 sont résumées dans l'Annexe II. Des cartes de répartition des différents polluants en 2017 sont montrées en annexe IV.

5.2.1 Les composés azotés

Les composés azotés (nitrate, nitrite et ammonium) peuvent poser un problème de santé publique quand leurs concentrations dans les eaux de consommation humaine

dépassent les normes fixées par l'OMS (2017). Dans le réseau de suivi de Niamey, on trouve des ouvrages dont les teneurs dépassent de loin ces normes.

Les nitrates (NO_3) sont les macropolluants les plus couramment rencontrés dans les eaux souterraines en raison de leur étroite dépendance vis-à-vis activités humaines. Des concentrations en nitrates supérieures aux normes de 50 mg/l ont été détectées sur 10 des 29 points d'eau suivis, avec une concentration extrême de 608 mg/l sur le forage 70_CSI Gaweye.

La répartition des concentrations en nitrites (NO_2) sur le réseau de suivi de Niamey ne montre aucun point d'eau au-dessus de la concentration limite de 3 mg/l fixée par l'OMS. Les seuls ouvrages où les concentrations dépassent 1 mg/l sont les forages de 70_CSI Gaweye et 34_Boukoki Mairie Garage avec respectivement 1,6 mg/l et 1,13 mg/l.

L'ammonium se forme dans les conditions anoxiques et dans les milieux avec apport des composés azotés. Une présence d'ammonium avec des concentrations plutôt basses (maximum 5,02 mg/l à 26_Saga Gourou en décembre 2014) se rencontre dans quelques ouvrages.

La pollution des eaux souterraines par les nitrates dans la ville de Niamey doit interpeller les autorités sanitaires du domaine de l'eau dans les investigations de l'origine de cette pollution. Les différentes sources de nitrates peuvent être identifiées à partir d'analyses des isotopes de l'azote dans les eaux souterraines en combinaison avec l'inventaire et la localisation de toutes les sources de pollution possibles. Les fortes concentrations en nitrates dans les ouvrages riverains des zones de riziculture le long du fleuve pourraient, en partie, être liées à l'utilisation des engrais azotés. En revanche, les concentrations détectées dans les ouvrages de la ville ne peuvent avoir comme source que la multitude des fosses septiques non étanchéifiées au niveau des différents ménages, auxquelles on peut ajouter les déchets des décharges disposées sans études préalables pour la détermination des zones sensibles aux pollutions. La grande solubilité des nitrates les rend très mobilisables au gré des phénomènes de dissolution – infiltration – percolation, permettant ainsi la contamination des eaux souterraines.

5.2.2 Les halogènes et composés halogénés

Les polluants halogènes et leurs dérivés analysés sur les échantillons d'eau prélevés sont le fluor (F^-) et les borates (BO_2).

✓ Le fluor

Le fluor est un composé chimique dont la présence à des concentrations supérieures à la norme OMS de 1,5 mg/l dans l'eau, peut être un danger sanitaire surtout pour les enfants avec l'apparition de la malformation des os connue sous le nom populaire de la fluorose osseuse. Pour la ville de Niamey, les concentrations en fluor sur les échantillons issus des différents ouvrages de suivi ne montrent aucune valeur au-dessus de la norme OMS de 1,5 mg/l.

✓ Le bore

Les concentrations en bore analysé sur les différents échantillons varient entre 0,02 et 0,85 mg/l pour une valeur limite OMS de 2,4 mg/l. On peut donc affirmer que les eaux souterraines de la ville de Niamey sont exemptes de bore dans toute l'emprise du réseau de suivi piézométrique de Niamey. Selon l'OMS, pour l'aluminium aucune limite qui impliquerait des effets nuisibles sur la santé humaine ne peut être déduite.

5.2.3 Les métaux et les métalloïdes

Certains métaux peuvent poser un problème de santé publique quand leurs concentrations dans les eaux de consommation humaine atteignent un certain seuil. Les métaux les plus

couramment connus d'effets nuisibles sont l'arsenic, le nickel, le plomb, le cadmium, le baryum et le cuivre.

Les concentrations des différents composés en Avril 2017 sont résumées dans le tableau ci-après Tableau 7.

Tableau 7: Concentrations des métaux nuisibles dans les eaux de Niamey (analyses Avril 2017 - BGR)

Nom et numéro du site	Aquifère	Type d'ouvrage	Concentrations en µg/L des métaux analysés dans les eaux souterraines en 2017						
			Al	As	Ba	Cd	Cu	Ni	Pb
3_Bougoum	CT	Puits	14	0,06	213	0,027	0,56	0,6	0,05
3.1 Tondibia Peulh	CT	Puits	13	0,1	40,2	0,016	2,32	0,5	0,1
4_Yawaré	CT	Forage	8	0,3	21,5	0,037	30,8	0,7	0,45
6_Losso Goungou	Alluvial	Puits	8	0,74	14,6	0,018	1,2	0,8	0,19
7_Kossey Djerma	Socle	Forage	8	3,44	20,2	0,01	3,23	1,8	0,3
8_Gabou Goura	Socle	Forage	9	1,6	6,21	0,02	4,65	0,8	0,45
10.2_Goudel Gorou Ciminti	CT	Puits	19	0,08	69,8	0,027	0,87	0,6	0,36
13_Kariel	CT	Puits	15	0,02	8,96	0,007	1,17	0,3	0,07
16_Lamordé	Alluvial	Puits	9	9,75	297,00	0,005	0,42	1,00	0,06
17_Ganguel	Alluvial	Puits	12	0,1	30	0,003	0,72	0,3	0,03
19_Timiré	CT	Puits	10	0,16	45,1	0,012	0,76	1,1	0,05
20_Sagua	Alluvial	Puits	12	0,66	10,6	0,015	1,94	0,5	0,07
21_Saga Gassia 1	Socle	Forage	23	1,2	38,1	0,016	1,59	2,5	0,39
22_Saga Gassia 2	CT	Puits	16	0,1	19,9	0,089	1,65	2,2	0,08
24_Tallagué	Socle	Forage	14	1,65	21,6	0,025	2,35	70,9	1,3
25_Eglise Garbado	Socle	Forage	13	0,16	62,2	0,004	0,37	1,9	0,21
26_Saga Gourou	CT	Puits	19	0,44	2,3	0,009	5,52	0,6	0,25
33_Kouaramé	Alluvial	Forage	5	2,79	32,7	0,016	13,8	0,2	1,03
34_Boukoki Mairie Garage	Socle	Forage	7	0,26	126	0,759	5,86	10,4	0,36
40_Gamkallé Sébangué	Socle	Forage	14	9,33	3,33	0,007	0,74	3,3	0,26
45_Dan Gao	Socle	Forage	9	0,86	16,6	0,018	4,72	0,8	0,22
48_Kongou Sabon Carré	CT	Puits	16	0,03	98,7	0,273	2,85	13,1	0,59
49_Kongou Mouché Koira 1	CT	Puits	25	0,06	57,7	0,057	3,14	2,1	0,26
50_Kongou Mouché Koira 2	CT	Puits	15	0,07	49	0,083	28,1	5,1	0,64
52_Kongou Gongga	CT	Puits	15	0,05	55,5	0,041	0,59	1	0,05
53_Goudel Tassiba	CT	Forage	9	0,12	12,5	0,022	2,37	4	1,35
65_Saga Gourma	Socle	Forage	5	0,02	11,9	0,025	1,77	1	0,2
70_CSI Gaweye	Socle	Forage	5	0,67	4,09	0,033	5,71	3,1	0,69
72_Kirkissoye Garage	Socle	Forage	4	4,66	1,25	0,002	1,05	0,1	0,13
101_Pont Kennedy	Eau de surface		183	0,51	43,4	0,009	3,68	1,5	0,64
102_Pont Chinois	Eau de surface		192	0,52	49,6	0,012	2,96	1,3	0,55
103_Tondi Koirey	Eau de surface		289	0,52	38,7	0,006	3,34	1,2	0,71
104_Station Kollo	Eau de surface		137	0,57	50,8	0,002	3,08	1,2	0,32
105_Mare Kongou	Eau de surface		794	0,25	22,2	0,015	2,14	2	0,56
Normes limite OMS pour l'eau potable (en µg/L)				10	1300	3	2000	70	10

Les concentrations des différents métaux en 2017 sont, comme l'indique le tableau, pour la plupart en dessous de la limite de détection. Pour certains métaux les concentrations sont largement en dessous des valeurs limites fixées par l'OMS, exception faite de trois points de mesure:

- Les points de prélèvement des eaux du fleuve à 103_Tondi Koirey et de 105_Mare Kongou où les concentrations en aluminium sont respectivement de 0.289 et 0.794 mg/l pour une valeur guide OMS de 0.2 mg/l.
- Le point 24_Talladjé qui enregistre une concentration en nickel de 0.072 mg/l pour une limite OMS de 0.07 mg/l.

Pour les deux localités 103_Tondi Koirey et 105_Mare Kongou des activités industrielles peuvent être exclues comme source de l'aluminium. Le point de prélèvement 103_Tondi Koirey représente la composition chimique des eaux du fleuve Niger en amont de la ville de Niamey (Figure 4). La Mare de Kongou est située dans un environnement rural avec une agriculture à petit échelle. La position de ces points de prélèvement et la concentration en aluminium élevée dans toutes les eaux de surface en comparaison avec les eaux souterraines indiquent une source géogénique. L'occurrence de kaolinite et d'hydroxydes d'aluminium dans les latérites dans la zone de Niamey peut être une source possible. Pourtant les analyses faites dans cette étude ne sont pas suffisant pour identifier les chemins d'apport ou des processus de dissolution de ces minéraux. Aucune saisonnalité ou corrélation avec le pH ne peut être constatée par rapport aux concentrations en Al dans les eaux de surface.

La pollution ponctuelle en nickel observée sur le forage de 24_Talladjé ne peut, quant à elle, trouver son explication que dans les activités humaines qui ont jalonné le développement de la ville de Niamey dans ces dernières décennies. En effet le nickel entre beaucoup dans les alliages en raison de ses propriétés de dureté caractéristique et de résistance à la corrosion. Il participe aussi dans la fabrication des batteries. L'historique de la zone d'implantation du forage de 24_Talladjé pourrait en partie expliquer les sources éventuelles de cette concentration en nickel. Cette zone est réputée avoir abrité des décharges industrielles et des aires de stockage de batteries usées avant leur acheminement vers les pays limitrophes pour recyclage.

Pendant la période du suivi de 2013 jusqu'à 2017 plusieurs concentrations de métaux dépassent les limites de l'OMS pour le plomb, le cadmium, le nickel et l'arsenic (Figure 11 et Annexe III). Les ouvrages concernés sont listés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 8 : Concentrations maximales de polluants métalliques dans les ouvrages entre 2013 et 2017

	Métal avec la concentration maximale détectée entre 2013 et 2017 [mg/l]	Date de la concentration maximale
16_Lamordé	Arsenic (0,15)	12.2014
21_Saga Gassia 1	Plomb (0,04)	07.2014
24_Talladjé	Plomb (0,04), nickel (0,072), arsenic (0,02)	07.2014, 04.2017, 06.2013
25_Église Garbado	Plomb (0,06)	07.2014
33_Kouarame	Plomb (0,02)	08.2013
34_Boukoki Marie Garage	Plomb (0,12) cadmium (0,006)	07.2014, 08.2013
40_Gamkallé Sébangué	Arsenic (0,02)	03.2013
41_Gamkalley Gollé	Plomb (0,02)	07.2014

Les cartes thématiques de concentrations des différents éléments polluants analysés sont données en Annexe IV de ce document. Il est aussi présenté dans les Annexes III les graphes de la variation des concentrations des polluants dans les eaux souterraines, corrélées aux fluctuations des niveaux piézométriques des nappes et aux évènements pluvieux (précipitations).

6 Teneurs des eaux en isotopes stables oxygène-18 et deutérium

Les teneurs des eaux en isotopes stables oxygène-18 et deutérium sont utilisées pour différencier les sources de recharge de la nappe par les eaux de surface où par la pluie. La méthode se sert du fait que l'évaporation cause un enrichissement des isotopes lourds ^{18}O et ^2H par rapport aux isotopes ^{17}O et ^1H . Les eaux de surface, objet d'évaporation, ont donc une signature isotopique qui diffère des eaux météoriques (eaux de pluies).

Pour comparer la signature des échantillons avec la signature des pluies la droite météorologique locale a été construite avec les résultats d'analyses de l'Agence Internationale d'Énergie Atomique (AIEA) sur la composition isotopique des pluies à aéroport de Niamey. Les données sont disponibles dans une base de données (WISER) sur le site web de l'agence. Il s'agit de 77 mesures de $\delta^{18}\text{O}$ et de $\delta^2\text{H}$ obtenues dans la période 1992-2015. Les résultats de toutes les analyses isotopiques des échantillons du projet AGES sont donnés en annexe de ce rapport (Annexe I).

Les analyses isotopiques montrent que les ouvrages proches du fleuve 16_Lamordé (alluvions), 7_Kossey Djerma (socle) et de 70_CSI Gaweye (socle), respectivement distants de 250 m, 700 m et 1500 m, sont influencées par des eaux de surface car leur composition correspond à la droite d'évaporation construite à partir des mesures isotopiques dans les eaux du fleuve (Figure 12). Tous les trois ouvrages sont situés dans les rives convexes du fleuve qui, pendant les hautes eaux, peuvent faire l'objet de recharge par le fleuve (voir chapitre 5.2). La courbe piézométrique de 7_Kossey Djerma, équipé d'un enregistreur automatique confirme la possibilité d'une recharge par le fleuve pendant des crues accentuées (voir chapitre 5.1.1). Pourtant, la dynamique du niveau piézométrique à 70_CSI Gaweye est très basse et le niveau piézométrique ne réagit pas à la dynamique des crues (voir Annexe 1E). Il est probable que la recharge dans ce forage soit contrôlée par la pluie et par l'infiltration des eaux à partir des étangs dans les zones inondables à l'ouest et au sud du forage (voir Figure 13). Pour 16_Lamordé le niveau piézométrique n'est pas suivi avec un enregistreur automatique. Mais, sa position dans les alluvions proches du fleuve rend très probable une recharge par le fleuve.

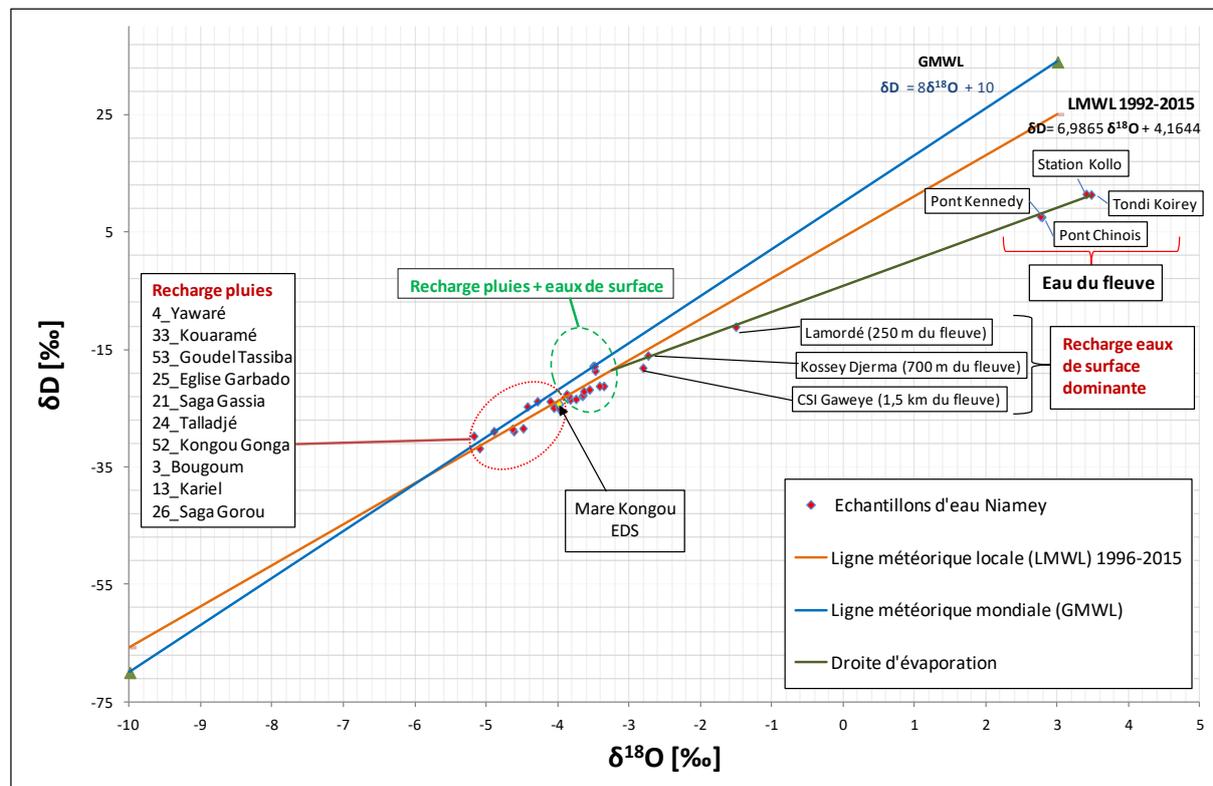


Figure 12 : Composition isotopique des échantillons d'eau des ouvrages de Niamey en Avril 2017

Les ouvrages implantés dans les zones où les nappes ont une recharge mixte (pluies et eaux de surface) présentent des eaux dont les concentrations en isotopes lourds sont modérées par rapport aux eaux des ouvrages rechargés par les eaux de surface. La présence de ces isotopes lourds peut être liée à l'existence des eaux de surface secondaires (mares, cours d'eau et marigots saisonniers) dans la zone de Niamey. En effet, ces eaux, bien que non pérennes, sont soumises à l'évaporation et une partie percole pour recharger les nappes.

Les ouvrages de suivi dont la recharge de la nappe captée dépend uniquement des eaux météoriques présentent des rapports isotopiques faibles. Ces ouvrages sont situés dans les zones topographiques non propices à l'accumulation des eaux de surface suite aux pluies.

Les résultats des analyses isotopiques ne montrent pas de différenciation caractéristique entre les différents aquifères suivis.

Cas particulier de la mare de Kongou

Les rapports isotopiques de l'oxygène 18 et du deutérium dans l'eau de la mare de Kongou (Point jaune sur le graphe de la Figure 12) sont très similaires à ceux des ouvrages captant les eaux souterraines et dont la recharge est d'origine météorique. La totale ressemblance isotopique de l'eau de cette mare avec celle du puits 48_Kongou Sabon Carré qui capte la nappe du CT révèle un mécanisme de recharge de la nappe vers la mare. En effet la mare constitue le point altimétrique le plus bas de la zone et se trouve en aval hydraulique de la nappe du CT dans cette partie de Niamey (voir chapitre 5.2).

L'hypothèse d'un échange hydraulique entre la nappe et la mare reste donc très probable. Les eaux de cette mare seraient donc constituées d'un mélange des eaux de surface issues des ruissellements vers la mare et des eaux de la nappe du CT qui viennent drainer le fond du plan d'eau.

7 Fluctuations des niveaux et esquisse piézométrique des nappes

Le suivi piézométrique a été fait entre 2014 et 2017 et les données traitées se trouvent à l'Annexe I E de ce document.

Les variations du niveau piézométrique ont été mesurées suivant deux méthodes :

- Les mesures manuelles : Elles se font à fréquence semestrielle lors des tournées piézométriques organisées par le projet avec la participation de la direction régionale de l'hydraulique de Niamey.
- Les mesures à l'aide des enregistreurs automatiques installés sur les ouvrages : Ces mesures sont continues et permettent de suivre la réaction des nappes en fonction des saisons. Elles sont validées avec des mesures manuelles chaque fois que le déchargement de données est fait. A Niamey, neuf ouvrages sont équipés de ce type d'enregistreurs. L'analyse des données qui en sont issues permet de comprendre la dynamique de ces nappes vis-à-vis de la recharge par les eaux météoriques.

Les neufs ouvrages équipés de dispositif d'acquisition automatique des données piézométriques sont matérialisés sur la carte ci-dessous (Figure 13). La profondeur de ces ouvrages varie entre 35 et 95 mètres captant les altérites ou les fractures du socle cristallin.

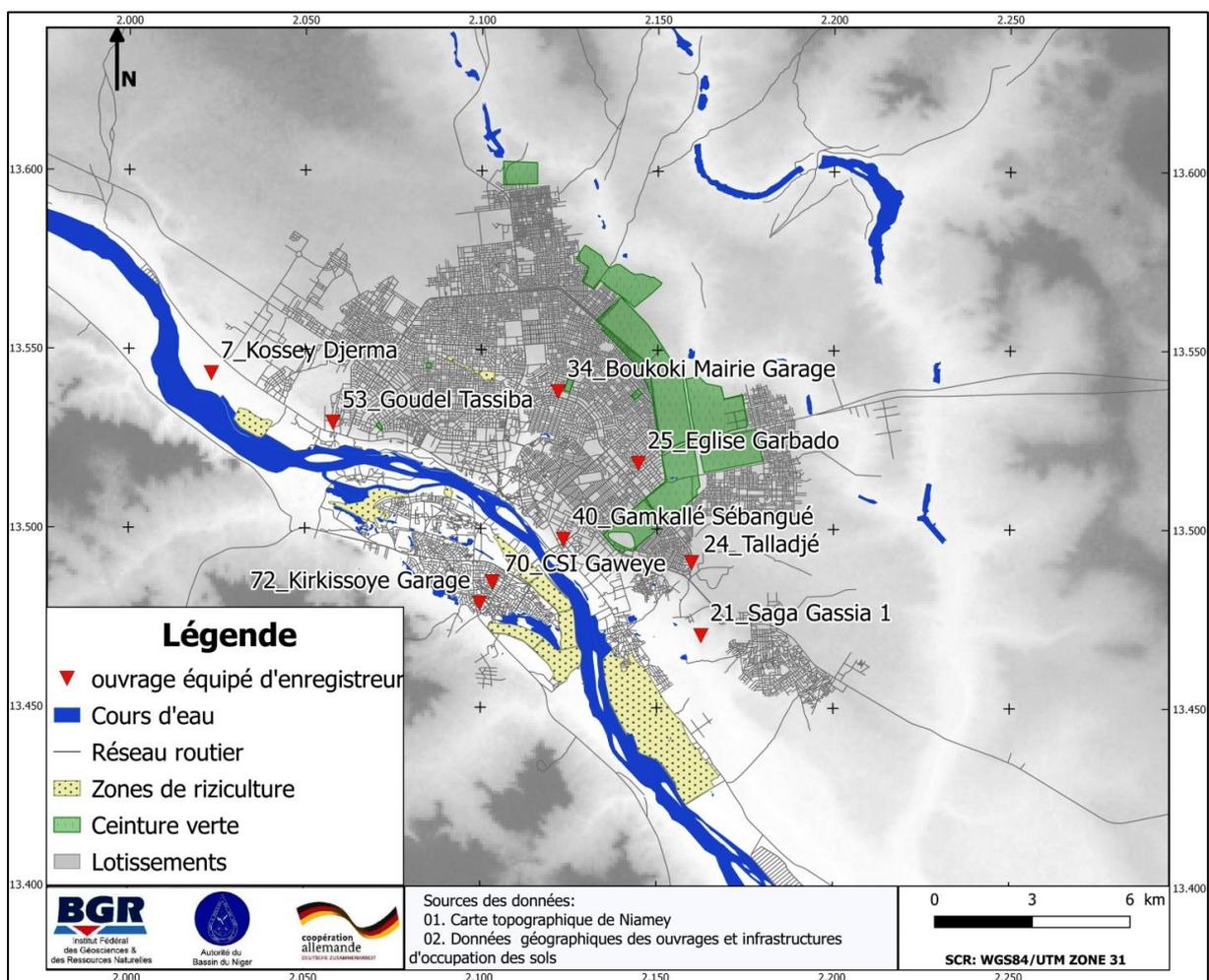


Figure 13: Localisation des ouvrages équipés d'enregistreurs automatiques du niveau d'eau (Sources du fond de la carte : modèle numérique de terrain de la NASA (2012) ; réseau routier et cours d'eau (OpenStreetMap, 2016) et occupation des sols (ABN-2018))

7.1 Fluctuations piézométriques

Tous les forages du socle suivis avec des enregistreurs automatiques, à part de 24_Talladjé, montrent une réaction instantanée aux précipitations (dans les 12 heures qui suivent l'évènement pluvieux). Cela indique une recharge directe d'une nappe libre qui est hydrauliquement bien connectée avec la surface de terrain. Les contaminants anthropogéniques détectés dans cette nappe confirment sa vulnérabilité et la nécessité de délimiter des zones de protection autour des structures d'approvisionnement en eau potable. Toutes les courbes de fluctuation du niveau piézométrique, sauf 21_Saga Gassia, indiquent une montée des nappes entre $\sim 0,1$ m et $\sim 0,8$ m depuis 2014. Plusieurs facteurs avec différentes échelles temporelles peuvent être à la base de ce phénomène :

1. La dégradation anthropique du couvert végétal favorise la recharge des nappes et la montée des eaux dans le CT depuis des décennies (Favreau et Leduc, 1998). Favreau et Leduc (1998) ont démontré une hausse générale à long terme dans le CT depuis 1956 près de Niamey. Dans leur zone d'étude qui représente l'amont hydraulique des aquifères de Niamey la hausse dans les nappes phréatiques varie entre quelques centimètres jusqu'à plus que 40 cm par an.
2. L'approvisionnement de la ville en eau se fait à partir du fleuve et le système décentralisé de fosses septiques favorise la recharge des nappes par les eaux usées. Cette recharge par les eaux usées est confirmée par l'occurrence répandue des composés azotés dans les nappes (voir chapitre 3). Néanmoins une étude supplémentaire serait nécessaire pour quantifier la recharge par les fosses septiques.

Un changement de la pluviosité ne semble pas être la cause de la montée des nappes. Pendant la période de suivi de 2014 jusqu'à 2017 la somme annuelle des pluies est relativement stable à l'exception de 2017. Sur le long terme, depuis les années 1940, une légère baisse de la pluviosité peut être observée à la station de Niamey (Figure 2). Après les sécheresses des années 1970 et 1980 la pluviosité ne montre aucune hausse continue qui pourrait être à la base de la montée des nappes.

Pour la ville de Niamey une hausse du niveau des nappes à long terme peut engendrer des menaces pour les constructions et autres infrastructures. Dans les dépressions topographiques de la ville et autour des surfaces d'eau un engorgement des sols serait probable. Le fonctionnement des fosses septiques et de drainage peut être restreint. Une étude sur les sites déjà concernées par des nappes peu profondes et des sols humides est recommandable.

Trois courbes piézométriques exemplaires avec différentes magnitudes de fluctuations sont discutées ci-dessous, afin de mettre en relief la diversité de la dynamique hydraulique dans les aquifères de Niamey.

7.1.1 Le forage de 7_Kossey Djerma

Le forage de 7_Kossey Djerma capte le socle à 700 m du fleuve (Figure 13). Il est situé sur une rive convexe du fleuve avec un gradient topographique bas. L'observation de la variation du niveau piézométrique sur cet ouvrage (Figure 14) montre une bonne corrélation entre les précipitations saisonnières et la recharge. La charge piézométrique de la nappe au droit du forage atteint son plus haut niveau vers la fin de la saison pluvieuse. Mais des pics piézométriques s'observent immédiatement après chaque pluie. Le niveau d'eau dans le forage monte de 2,85 mètres en moyenne pendant la saison hivernale. Le retour au niveau initial est observé avant les pluies de la saison suivante. Les données de l'enregistreur sont bien confirmées par les mesures manuelles (matérialisées par les points noirs).

La dynamique du niveau piézométrique sur cet ouvrage est dominée par la recharge de la nappe par les pluies. Une recharge par les eaux du fleuve ne peut pas être confirmée par la courbe d'évolution du niveau piézométrique pendant le période d'observation. Le niveau piézométrique commence à baisser avant que le niveau du fleuve atteigne son maximum. Pourtant, après la saison pluvieuse le niveau piézométrique montre une dépendance vis-à-

vis du niveau du fleuve. La baisse du niveau piézométrique est atténuée par la crue guinéenne entre novembre et janvier, suite à une chute du gradient entre la nappe et le fleuve. Après la crue guinéenne le niveau piézométrique continue à baisser plus rapidement, suivant la baisse des eaux du fleuve. Le niveau d'eau du fleuve représenté dans le diagramme correspond au niveau mesuré par l'ABN au niveau du pont Kennedy à ~10,3 km en aval de 07_Kossey Djerma (ABN Base de données, 2018).

En prenant en compte le gradient du fleuve, le niveau d'eau dans le fleuve à 07_Kossey Djerma est entre 2 et 3 m plus haut que le niveau au pont Kennedy. Pour les ouvrages plus proches du fleuve dans les environs de 7_Kossey Djerma une inversion du gradient et une recharge par les eaux de surface pendant les crues serait donc probable.

Même si pendant la période d'observation entre 2014 et 2017 la courbe piézométrique de 7_Kossey Djerma ne montre pas l'évidence d'une recharge par le fleuve, le niveau piézométrique en février 2015 arrête de baisser pendant la crue guinéenne. Pendant des crues plus accentuées une recharge de la nappe par le fleuve semble donc possible dans cette zone du socle à 700 m du fleuve. Les isotopes stables $\delta^{18}\text{O}$ et de $\delta^2\text{H}$ confirment une légère tendance vers la signature des eaux de surface dans ce forage (voir chapitre 4).

07_Kossey Djerma - Fluctuations piézométriques et précipitations 2014-2017

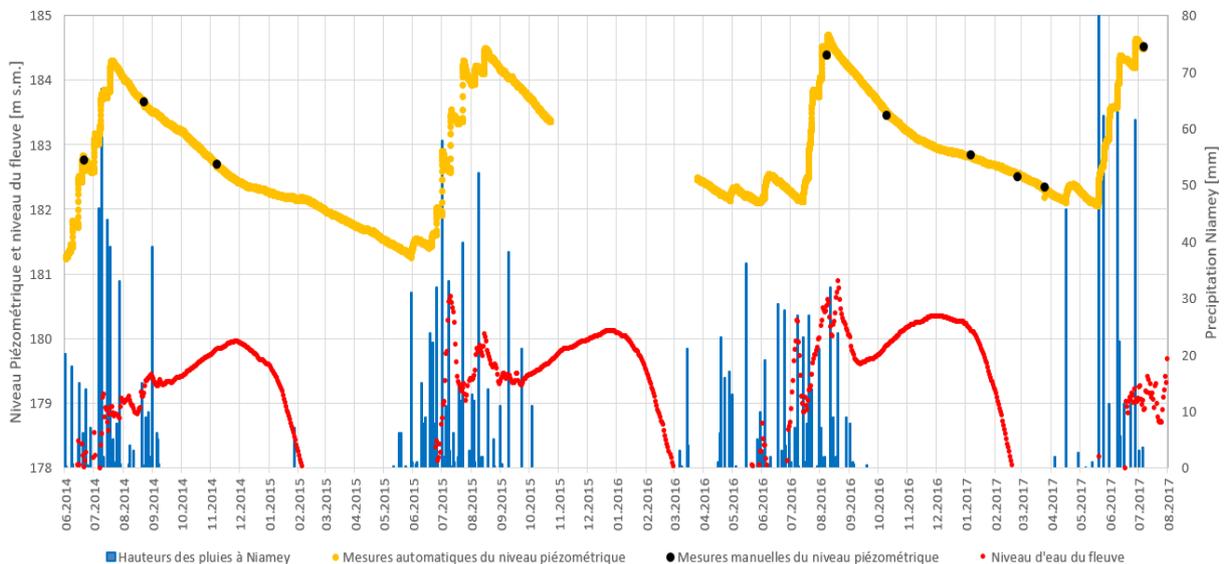


Figure 14: Comparaison des niveaux piézométriques avec les pluies pour le forage de 07_Kossey Djerma de 2014 à 2017. Le niveau d'eau du fleuve représenté dans le diagramme correspond au niveau mesuré par l'ABN au niveau du pont Kennedy à ~10,3 km en aval de 07_Kossey Djerma.

7.1.2 Le forage de 21_Saga Gassia

21_Saga Gassia représente le seul forage suivi dans lequel le niveau de la nappe ne reflète pas une montée générale depuis 2014. L'absence de la montée générale dans ce forage peut être liée à sa position à proximité d'une zone de décharge de la nappe avec des sources qui représentent une limite à charge constante (Figure 15).



Figure 15 : Zones de décharge de la nappe à proximité du forage 21_Saga Gassia sur l'image satellitaire (GOOGLE, 2018)

Pourtant, le phénomène de remontée de la charge piézométrique liée aux évènements pluvieux s'observe sur ce forage, mais de façon plus atténuée avec un maximum atteint en fin de saison hivernale (Figure 16). Le niveau piézométrique monte de $\sim 0,50$ mètres pour les saisons observées avant de redescendre suite aux phénomènes hydrauliques de l'équilibre naturel des nappes. Les données de l'enregistreur sont bien confirmées par les mesures manuelles (matérialisées par les points noirs).

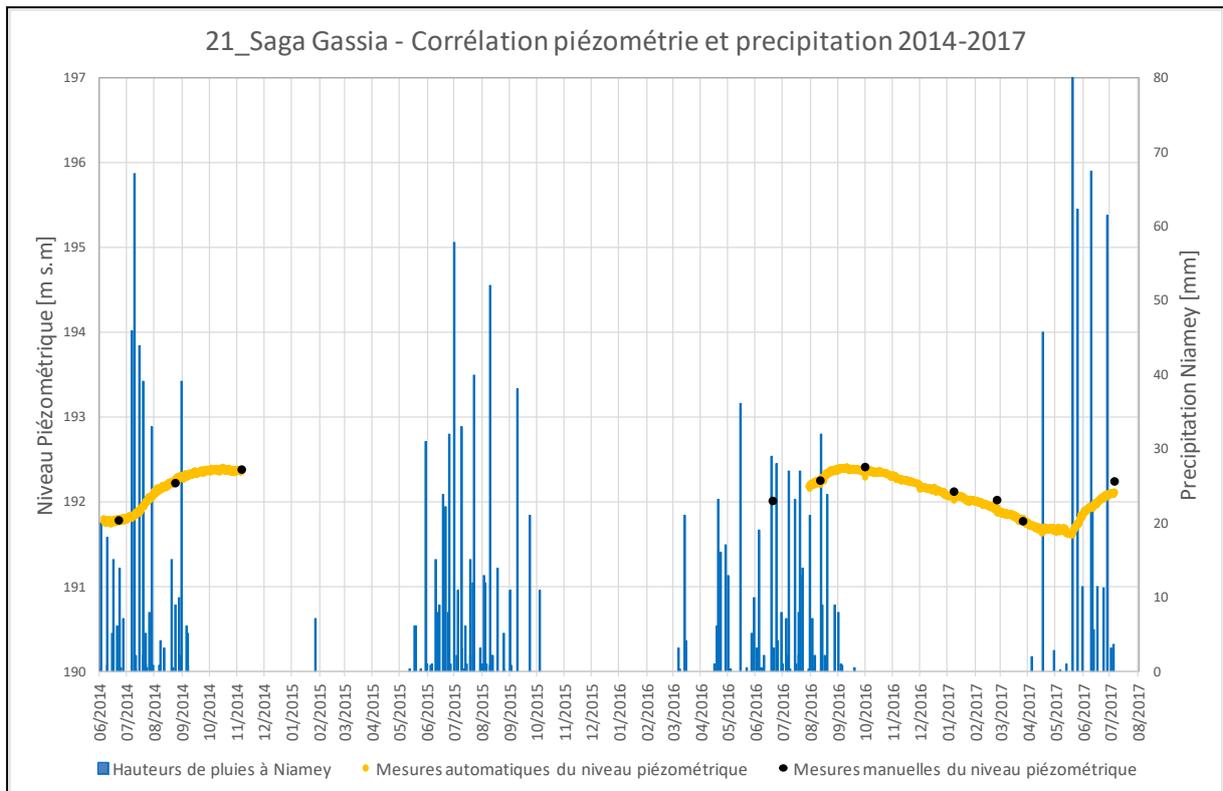


Figure 16: Comparaison des niveaux piézométriques avec les pluies pour le forage de 21_Saga Gassia de 2014 à 2017

7.1.3 Le forage de 24_Talladjé

24_Talladjé représente l'ouvrage avec une plus grande atténuation et un retard du signal de la recharge par les eaux météoriques (voir Annexe 1E). Le temps de réaction du niveau de la nappe dans cet ouvrage est beaucoup plus long (au bout de quelques semaines) et la montée de la charge n'intervient qu'en fin de saison des pluies pour atteindre son maximum annuel au milieu de la saison sèche.

L'explication de ce déphasage entre la dynamique hydraulique de l'aquifère et les événements météoriques pourrait se trouver dans la géologie de la zone d'implantation du forage. En effet une couche d'argilites de ~30 m couvre la zone (voir Annexe V) et le niveau statique monte jusqu'au nappes captives. Il s'agit donc d'un aquifère captif dont la zone de recharge est située en amont du forage; ce qui induit cette atténuation et le retard de la réaction de la nappe.

24_Talladjé représente le seul forage dans lequel les données de l'enregistreur ne sont pas bien confirmées par les mesures manuelles (matérialisées par les points noirs). Pourtant les mesures de l'enregistreur ne sont pas troublées. Il est possible que les mesures manuelles soient influencées par le câble d'un échantillonneur manuel (bailer) qui est tombé dans le forage en 2014 et qui n'a pas pu être récupéré jusqu'aujourd'hui. Comme il ne s'agit pas d'une erreur systématique (mesures toujours en dessus ou toujours de dessous du niveau piézométrique enregistré avec le même décalage) il n'est pas possible de déterminer incontestablement la source de cette erreur.

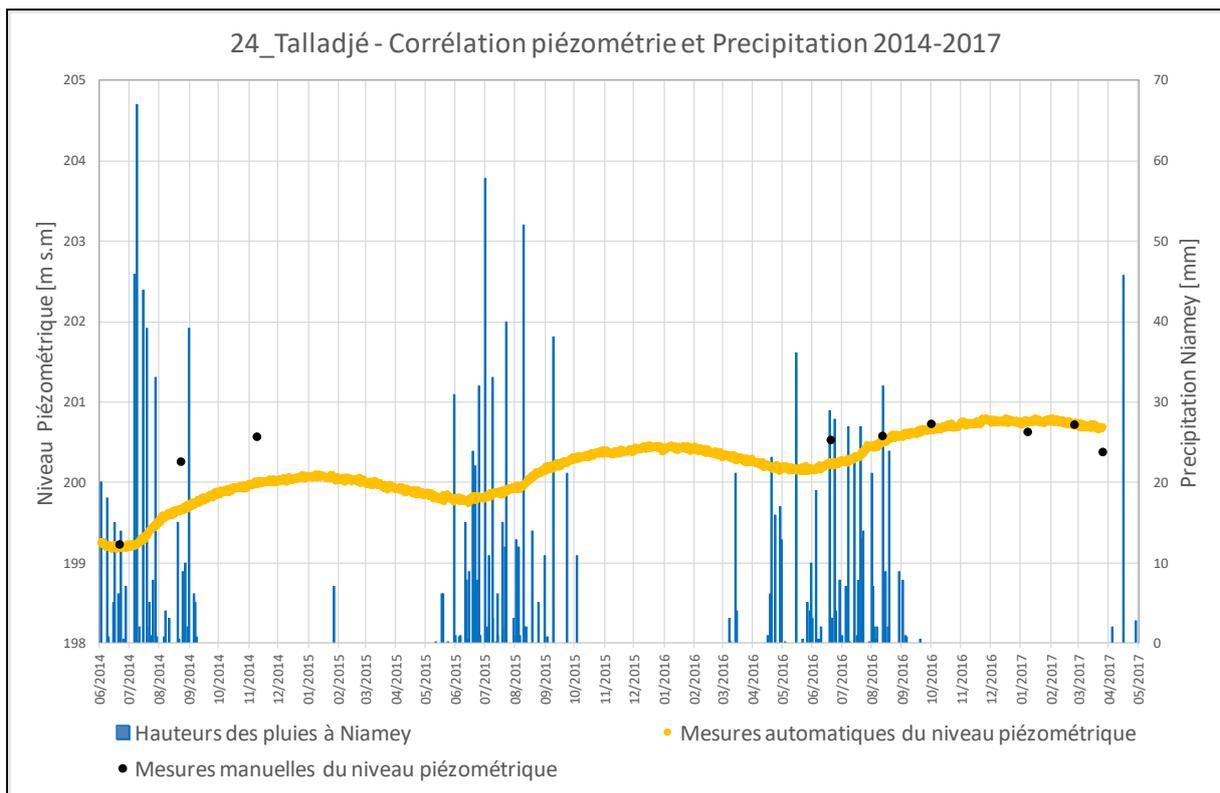


Figure 17 : Comparaison des niveaux piézométriques avec les pluies pour le forage de 24_Talladjé de 2014 à 2017

7.2 Esquisse piézométrique des nappes de Niamey

La majorité de la zone de Niamey est géologiquement caractérisée par le socle cristallin. Les ouvrages hydrauliques captent essentiellement les franges altérées du socle et quelques rares fractures productives dans le socle sain. La formation du CT constituée des aquifères continus et qui surplombe le socle, se présente sous forme d'argilites avec peu d'intérêt

hydrogéologique. Mais dans la périphérie de Niamey le CT est constitué de grès qui sont captés par des puits et quelques forages.

L'établissement de l'esquisse piézométrique des aquifères de Niamey se base sur l'hypothèse que l'aquifère du socle altéré/fissuré est en communication hydraulique avec l'aquifère du CT. Les observations faites sur le réseau de suivi à Niamey soutiennent cette hypothèse pour la majorité des sites. Pourtant le forage de 24_Talladjé montre qu'il existe des parties argileuses du CT qui atteignent plus que 30 m et qui reposent sur des altérites argileuses du socle, empêchant ainsi la communication hydraulique entre les deux aquifères. Cette observation a aussi été faite par Hassane (2010) pour un forage à Dan Gao (Figure 19).

Les constats suivants soutiennent l'hypothèse qu'il y a une communication hydraulique entre les aquifères du socle altéré/fissuré et le CT :

- 1) Tous les forages du socle suivis avec des enregistreurs automatiques, à part de 24_Talladjé, montrent une réaction instantanée aux précipitations (dans les 12 heures qui suivent l'évènement pluvieux) (voir chapitre 4.1).
- 2) La majorité des forages qui captent le socle (y compris le forage de 24_Talladjé) sont concernés par des contaminants anthropogéniques résultant de la pollution des nappes superficielles du CT (Figure 11).
- 3) Sur le plan chimique, le triangle des anions dans le diagramme de Piper montre une dominance du pôle carbonaté CO_3+HCO_3 aussi bien dans les ouvrages du socle que ceux du continental terminal. Les faciès hydrochimiques sont globalement les mêmes pour les deux aquifères.
- 4) D'un point de vue isotopique, le rapport Oxygène 18 – Deutérium pour les différents ouvrages ne montre pas une discrimination des eaux suivant leur appartenance à un aquifère.
- 5) Le doublet d'ouvrages de Saga Gassia (21_Saga Gassia 1 captant le socle et 22_Saga Gassia 2 qui est un puits au CT) est le seul point dans le réseau où le CT et les altérites du socle sont captés dans un même secteur. La Figure 18 présente les variations des côtes piézométriques au droit de ces deux ouvrages. On remarque globalement une évolution similaire des charges piézométriques dans les deux aquifères impliquant l'interaction des nappes.

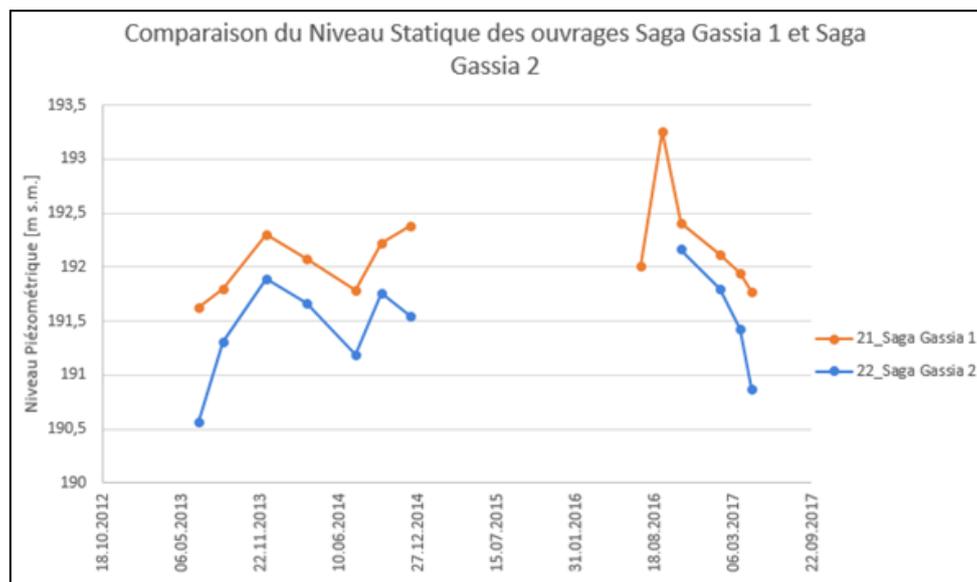


Figure 18: Comparaison de l'évolution du niveau piézométrique dans les altérites et le continental terminal à Saga Gassia

Au regard de ces constats, il serait difficile de distinguer les deux aquifères dans l'établissement d'une esquisse piézométriques qui puisse refléter la dynamique souterraine des eaux de Niamey et ses environs. C'est ainsi que les isopièzes ont été établies en

prenant en compte la continuité et les échanges hydrauliques qui pourraient avoir lieu entre les altérites du socle et le CT. Les isopièzes et le sens d'écoulement général des eaux souterraines de Niamey sont présentés dans la carte ci-après (Figure 19).

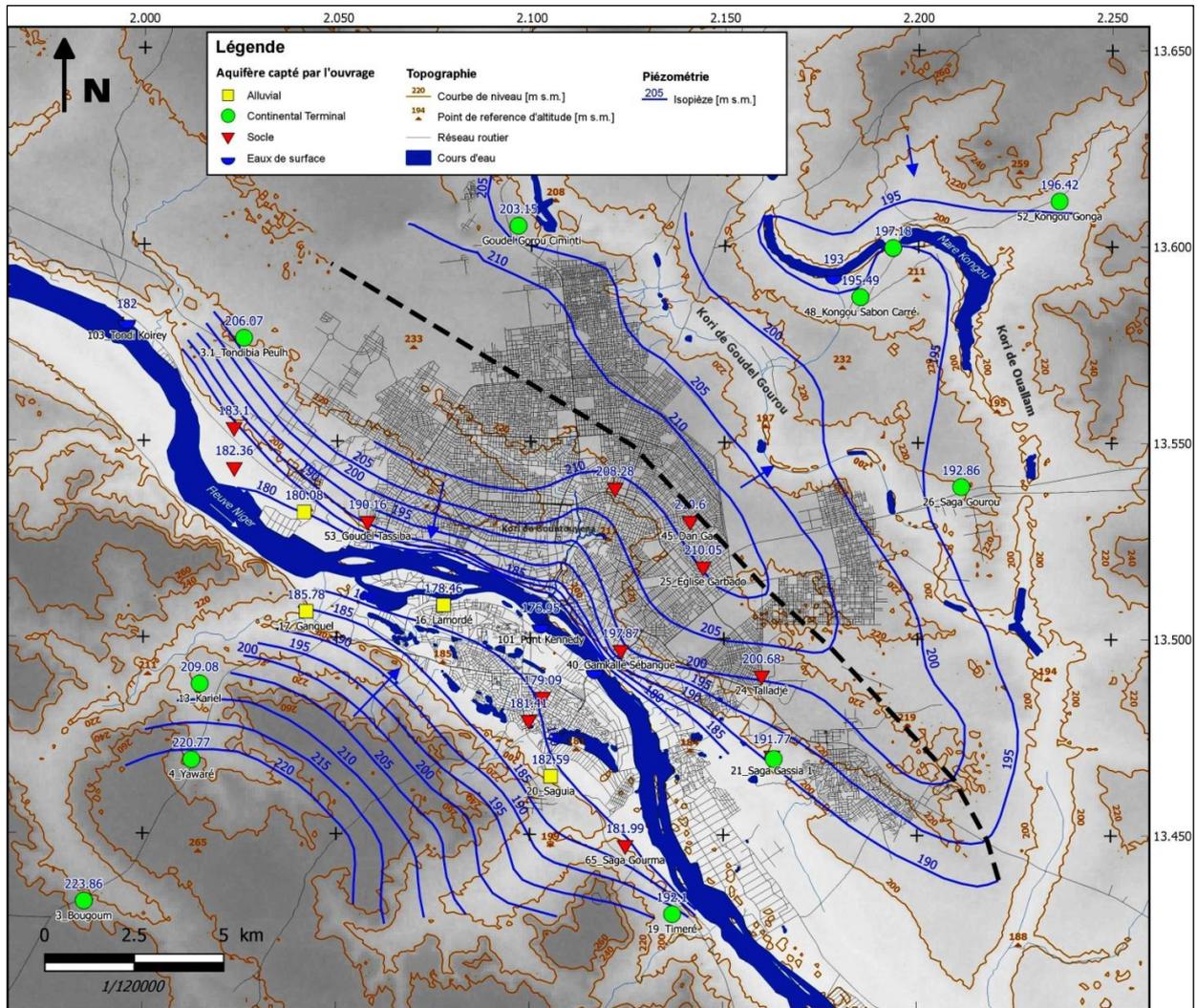


Figure 19: Carte piézométrique de Niamey en Avril 2017 (Sources du fond de la carte : modèle numérique de terrain de la NASA (2012) ; réseau routier et cours d'eau (OpenStreetMap, 2016))

Cette carte met en relief deux composantes d'écoulement :

1. Un écoulement convergent vers le lit du fleuve de part et d'autre des deux rives.
 - a. A la rive droite, un gradient SO – NE de 7‰ fait chuter la côte piézométrique de 223,86 m NN sur le plateau dans les environs du village de 3_Bougoum à 180 m NN aux abords du lit majeur du fleuve. A l'approche du fleuve ce gradient hydraulique diminue pour passer à 3‰.
 - b. Pour la rive gauche les eaux souterraines coulent vers le fleuve sur la moitié du plateau topographique de la ville. Une ligne de partage des eaux se dessine suivant un axe NO – SE entre le fleuve et les koris de Ouallam et de Goudel. Un gradient moyen de 4,6‰ en direction du fleuve a été calculé pour les écoulements souterrains dans cette partie.
2. Un écoulement de direction SO – NE à partir de la ligne de partage des eaux au centre de Niamey. Le gradient hydraulique est relativement faible (1‰) et les eaux souterraines s'écoulent vers le nord-est de Niamey suivant un couloir de drainage qui alimente la zone des bas-fonds où la mare de Kongou constitue le point altimétrique le plus bas.

Le dôme piézométrique sur le plateau topographique de Niamey est probablement lié à la recharge naturelle sur le plateau, mais soutenue par une recharge permanente de la nappe

par des eaux usées et des éventuelles fuites des canalisations d'alimentation en eau potable de la ville. Cette recharge contribue à l'écoulement permanent du koris de Gountouyena qui cause certains dégâts sur les habitations des quartiers riverains du cours d'eau (affaissement, effet de renard, inondations, résurgence des eaux souterraines dans les maisons, ...).

Sur les rives convexes du fleuve le gradient des eaux souterraines et le contraste topographique diminuent, ce qui favorise l'influence des eaux du fleuve sur les eaux souterraines environnantes. Les analyses isotopiques et piézométriques confirment l'influence des eaux de surface sur les ouvrages de 16_Lamordé et de 7_Kossey Djerma.

8 Conclusion et Recommandations

8.1 Conclusion

Les résultats des analyses physicochimiques et le suivi piézométrique sur les différents ouvrages de Niamey ont permis de comprendre la qualité des eaux souterraines et le fonctionnement hydrodynamique des aquifères de la zone. Un réseau constitué par 34 points de suivi (dont 2 forages au CT, 13 forages au socle, 5 puits aux alluvions, 9 puits au CT et 5 points de mesure pour les eaux de surface) a servi aux instrumentations et à la collecte des données.

Les données chimiques ont permis de caractériser les eaux et de mettre en évidence deux faciès hydrogéochimiques dominants : le faciès chloruré nitraté et sulfaté calcique magnésien et le faciès bicarbonaté calcique et magnésien. Seuls, quatre (4) ouvrages présentent des eaux de type chloruré nitraté sodique et potassique ou sulfaté (13_Kariel, 52_Kongou Gongga, 49_Kongou Mouché Koira 1 et 50_Kongou Mouché Koira 2).

Par ailleurs, les analyses montrent des concentrations excessives en nitrates et/ou nitrites sur certains ouvrages de la zone. Cet excès de polluants azotés dans les eaux peut être lié aux pratiques domestiques (fosses septiques non étanchéifiées, rejets ménagers divers,...) et à l'utilisation des engrais azotés dans l'agriculture le long du fleuve Niger. En outre, des concentrations élevées en plomb, arsenic, cadmium et nickel ont été détectées, dépassant les normes OMS pour l'eau potable. L'occurrence de ces polluants anthropiques même dans l'aquifère plus profond de Niamey met en évidence la vulnérabilité des eaux souterraines par rapport aux contaminations de la surface.

Les résultats isotopiques quant à eux, ont permis d'établir une relation entre les aquifères et leurs sources de recharge d'une part, et l'interaction eaux de surface – eaux souterraines d'autre part. En effet, une inversion du sens d'écoulement des eaux souterraines est constatée pendant les périodes des hautes eaux où le fleuve Niger alimente les alluvions et les altérites dans les zones convexes au lit principal, caractérisées par un gradient topographique et hydraulique modéré.

En fin, le suivi piézométrique à l'aide des enregistreurs automatiques a montré une corrélation entre les événements pluvieux et la recharge des aquifères sur la majorité des ouvrages de suivi dans la zone de Niamey. La réaction de la nappe vis-à-vis des précipitations est très souvent instantanée (pouvant intervenir dans les 24 heures suivant l'évènement pluvieux) ou légèrement différée compte tenu de la nature géologique des couches surplombant les réservoirs aquifères. La carte piézométrique de ces aquifères a permis de comprendre leur fonctionnement hydrodynamique et d'expliquer les variations du gradient hydraulique dans les zones d'influences du fleuve Niger.

Cette étude a mis un accent sur les risques de pollution des aquifères par les activités humaines avec comme objectif, une prise de conscience sur la vulnérabilité des ressources en eaux souterraines pour une gestion concertée et moins polluante.

8.2 Recommandations

Les résultats d'analyses des échantillons prélevés sur les différents ouvrages de suivi des eaux souterraines dans la zone de Niamey et les interprétations qui en sont issues, permettent de formuler, à l'endroit des autorités compétentes, les recommandations suivantes :

Recommandation N°1 : Les autorités en charge du suivi de la qualité des eaux de consommation humaine doivent identifier les sources de pollution qui menacent les nappes d'eau de Niamey et trouver un mécanisme d'atténuation de ces pollutions afin de préserver la santé des populations. Les ouvrages où il a été identifié des composés polluants (azotés, métaux lourds et autres) à des concentrations au-dessus des normes admissibles (OMS)

doivent être systématiquement fermés à l'utilisation pour l'alimentation en eau potable (voir annexes). Afin d'améliorer l'hygiène dans l'usage de l'eau, il est nécessaire de sensibiliser les populations de la zone de Niamey sur les bonnes pratiques dans la gestion des déchets et promouvoir la définition des zones de protection des eaux souterraines autour des ouvrages d'alimentation en eau potable.

Recommandation N°2 : La mise en place d'un système de suivi de qualité des eaux souterraines autour des zones d'activités sensibles (industries, décharges, zones d'activités agricoles utilisant les engrais et pesticides, ...) afin de surveiller l'évolution qualitative des nappes et prévenir les risques de pollution généralisée. Cette disposition permettra d'agir efficacement dans la gestion des risques pollution.

Recommandation N°3 : Mettre en place un réseau de collecte, d'évacuation et de traitement des eaux usées. Ce dispositif permet d'instaurer des mesures préventives sur le schéma de réalisation des fosses septiques dans les différents ménages. La définition des zones pilotes pour ces réseaux d'évacuation et de collecte des eaux usées pourrait constituer une première étape vers un système unique et uniformisé pour la gestion des eaux usées de la ville.

9 Références

- ABN, 2018.** Base de données de l'Autorité du Bassin du Niger, Accès : 17.07.2018
- Bonnot, H., 1998.** Carte Géologique du Niger 1/100.000. Feuille Say. Ministère des Mines de la République du Niger, Direction de la Recherche Géologique et Minière, Niamey.
- Boubakar Hassane, A., 2010.** Aquifères superficiels et profonds et pollution urbaine en Afrique : Cas de la communauté de Niamey (Niger). Thèse de Doctorat soutenue en 2010. Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger.
- Dehays, H., Garin, H. et Zunino, C., 1986.** Programme d'urgence pour le renforcement de l'alimentation en eau potable des quartiers périphériques de Niamey (Niger). Deuxième phase: exécution de 68 forages. Rapport BRGM/MHE. 30 pp.
- Deutscher Wetterdienst, 2018.** Klimadaten CDC FTP-Server (ftp://ftp-cdc.dwd.de/pub/CDC/observations_global/CLIMAT), Acces: 20.06.2018.
- Favreau, G. & Leduc, C. 1998.** Fluctuations a long terme de la nappe phreatique du Continental Terminal près de Niamey (Niger) entre 1956 et 1997. In Water Resources Variability in Africa during the XX Century, IAHS Publ. no. 252.
- GOOGLE (Édit.) 2018.** Google Maps. Screenshot – Niamey, Industrial zone. <http://maps.google.com/maps>. Accès: 13.07.2018.
- Fisher RS, Mullican WF 1997.** Hydrochemical evolution of sodium-sulfate and sodium-chloride groundwater beneath the northern Chihuahuan Desert, Trans-Pecos, Texas, USA. *Hydrogeol. J.* 5: 4-16.
- Greigert, J., 1966.** Description des formations crétaées et tertiaires du bassin des lullemeden (Afrique occidentale). Publ. Dir. Mines et Géologie Niger, Bur.Rech.Géol.Min.,p. 234.
- Greigert, J., 1978.** Atlas des eaux souterraines de la République du Niger. Etat des connaissances, Tome 1. Rapport BRGM, 79 AGE001, Orléans.
- Institut National de la Statistique du Niger INS, 2012.** <http://www.stat-niger.org/statistique/file/Population/population2012.pdf>. Accès 20.10.2017.
- Lang, J., Kogbe, C., Alidou, S., Alzouma, K.A., Bellion, G., Dubois, D., Durand, A., Guiraud, R., Houessou, A., de Klasz, I., Romann, E., Salard-Cheboldaeff, M., Trichet, J., 1990.** The continental terminal in West Africa. *Journal of African Earth Sciences (and the Middle East)*. Volume 10, Issues 1-2, pages 79-99.
- NASA Jet Propulsion Laboratory, 2013:** NASA Shuttle Radar Topography Mission Global (SRTMGL) 1 arc second. Version 3. 2.5-4.5°N. 10.5-13.5°W. NASA EOSDIS Land Processes DAAC, USGS Earth Resources Observation and Science (EROS) Center, Sioux Falls, South Dakota. doi: 10.5067/MEASURES/SRTM/SRTMGL1.003
- OpenStreetMap (OSM), 2016 : Téléchargement à partir de : <http://download.geofabrik.de/africa/niger.html>, Accès12.2016.
- Organisation Mondiale de la Santé (OMS), 2017.** Guidelines for Drinking-water Quality, Fourth edition.
- Schoeller, H. 1934.** Les échanges de bases dans les eaux souterraines; trois exemples en Tunisie. *Bull. Soc. Géol. Fr.*4, 389-420.
- Vassolo, S., Schuler, P., Guero, A., Sanoussi, R., 2015,** Caractérisation des eaux souterraines de la région de Niamey, Niger. Projet AGES – Appui à l'Autorité du Bassin du Fleuve Niger pour la Gestion des Eaux Souterraines, Rapport N°2.

Vicat, J.P., Leger, J.M., Ahmed, Y., Willems, L., 1994. Les indices de déformations plioquaternaire de la bordure occidentale du bassin des lullemeden dans la région de Niamey. Rev. Géographie Alpine, Au Contact Sahara-Sahel. Vol.1, 15-25.

Wright, J. B., Hastings, D. A., Jones, W. B. & Williams, H. R., 1985. Geology and mineral resources of West Africa. Allen & Unwin, London, 187 p.

Annexe I : Tableaux récapitulatifs des données sur les ouvrages et résultats d'analyses

Annexe I.A : Tableau récapitulatifs des données sur les ouvrages

Numéro et nom du site	Longitude (DEC)	Latitude (DEC)	Longitude (DEG)	Latitude (DEG)	Altitude NN (m)	Aquifère	Type d'ouvrage	Profondeur (m)
3_Bougoum	1,985	13,4327	01°59'06,0"	13°25'57,8"	224	CT	Puits	23,2
3.1_Tondibia Peulh	2,0258	13,5762	02°01'32,8"	13°34'34,1"	217,92	CT	Puits	13,8
4_Yawaré	2,0126	13,4688	02°00'45,5"	13°28'07,9"	217	CT	Forage	43
6_Losso Goungou	2,0415	13,5319	02°02'29,5"	13°31'54,9"	187,86	Alluvial	Puits	11,77
7_Kossey Djerma	2,0234	13,5432	02°01'24,3"	13°32'35,2"	186,77	Socle	Forage	34,4
8_Gabou Goura	2,0233	13,5534	02°01'24"	13°33'12,5"	191,44	Socle	Forage	45
10.2_Goudel Gorou Ciminti	2,0966	13,605	02°05'47,5"	13°36'18"	223,45	CT	Puits	23,5
13_Kariel	2,0147	13,4881	02°00'52,8"	13°29'17,2"	221,96	CT	Puits	11,95
16_Lamordé	2,0776	13,5083	02°04'39"	13°30'29,6"	182,66	Alluvial	Puits	14,8
17_Ganguel	2,0421	13,5066	02°02'24"	13°30'36"	196,63	Alluvial	Puits	10,7
19_Timeré	2,1369	13,4298	02°08'13"	13°25'47,7"	206,78	CT	Puits	15,66
20_Sagua	2,1054	13,4648	02°06'19,7"	13°27'53,6"	185,98	Alluvial	Puits	5,57
21_Saga Gassia 1	2,1625	13,4702	02°09'44,8"	13°28'12,5"	205,55	Socle	Forage	74,8
22_Saga Gassia 2	2,163	13,4694	02°09'46,9"	13°28'10"	204,96	CT	Puits	15,96
24_Talladjé	2,1598	13,4906	02°09'35,1"	13°29'26,2"	225,03	Socle	Forage	94,5
25_Eglise Garbado	2,1446	13,5183	02°08'40,5"	13°31'05,8"	221,65	Socle	Forage	85
26_Saga Gourou	2,2112	13,5388	02°12'41,1"	13°32'20,7"	218,98	CT	Puits	26,9
33_Kouaramé	2,1158	13,5391	02°14'11,3"	13°32'20,8"	211,58	Socle	Forage	72
34_Boukoki Mairie Garage	2,1218	13,5383	02°07'18,6"	13°32'17,6"	220,56	Socle	Forage	70,32
40_Gamkallé Sébangué	2,1234	13,497	02°07'24,1"	13°29'49,4"	209,89	Socle	Forage	57
45_Dan Gao	2,1412	13,5299	02°08'29,4"	13°31'50,5"	221,6	Socle	Forage	81
48_Kongou Sabon Carré	2,2185	13,5871	02°11'06"	13°35'13,5"	209,39	CT	Puits	14,7
49_Kongou Mouché Koira 1	2,1934	13,5996	02°11'36,3"	13°35'58,7"	203	CT	Puits	9,5
50_Kongou Mouché Koira 2	2,1934	13,5996	02°11'36,3"	13°35'58,7"	199	CT	Forage	9,5
52_Kongou Gongga	2,2364	13,6116	02°14'11,3"	13°36'43,3"	211,29	CT	Puits	18,25
53_Goudel Tassiba	2,0579	13,5296	02°03'28,6"	13°31'46,2"	212,21	Socle	Forage	67,52
65_Saga Gourma	2,1247	13,4473	02°07'29"	13°26'50,4"	194,19	Socle	Forage	25,98
70_CSI Gaweye	2,1033	13,485	02°06'11,8"	13°29'05,9"	188,27	Socle	Forage	40
72_Kirkissoye Garage	2,0997	13,4791	02°05'58,9"	13°28'44,9"	184,05	Socle	Forage	45
101_Pont Kennedy	2,1027	13,5034	02°6'9,72"	13°30'12,24"	179	EDS	EDS	
102_Pont Chinois	2,1167	13,4918	02°7'0,12"	13°29'30,48"	179	EDS	EDS	
103_Tondi Koirey	1,9955	13,5805	01°59'43,8"	13°34'49,8"	182	EDS	EDS	
104_Station Kollo	2,3284	13,2966	02°19'42,564"	13°17'48,084"	174	EDS	EDS	
105_Mare Kongou	2,1780	13,5925	02°10'40,908"	13°35'33,072"	193	EDS	EDS	

NB: DEC: décimal; DEG: degré; NN: Zéro normal - Par rapport au niveau de la mer; CT: Continental Terminal; EDS: Eau de surface

Annexe I.B : Résultats d'analyse sur les ouvrages captant le continental terminal – Période 2012 – 2017

Numéro et Nom du site	Date d'analyse	Paramètres in situ			Cations majeurs (mg/l)				Anions majeurs (mg/l)				Autres éléments chimiques (mg/l)			
		T (°C)	pH	C.E (µS/cm)	Ca	Mg	Na	K	HCO ₃	Cl	SO ₄	NO ₃	PO ₄	SiO ₂	Fe(II)	Mn
3.1_Tondibia Peulh	04/12/2012	27,9	6,5	200	6,75	4,29	7	0,4	27,2	2,03	11,6	17,7	0,03	16,5	0,015	0,005
3.1_Tondibia Peulh	14/03/2013	28,6	7,03	147	7,2	4,37	7,6	0,5	27,6	2,42	12	16,7	-0,03	17,3	0,019	0,012
3.1_Tondibia Peulh	20/06/2013	30,9	5,87	111	6,75	4,45	7	0,4	25,3	1,88	11,7	17,7	0,03	16,46	0,014	0,006
3.1_Tondibia Peulh	21/08/2013	30,1	6,16	127	8,38	4,57	7,4	0,4	28,2	3,91	12	16,5	0,03	15,6	0,023	0,011
3.1_Tondibia Peulh	10/12/2013	27,9	6,55	100	5,69	3,61	7,4	0,3	22,4	1,97	9,32	17	0,04	13,3	0,006	0,003
3.1_Tondibia Peulh	24/03/2014	29,3	6,62	117	6	3,65	7,1	0,6	24,5	2,23	9,78	16,1	0,04	13,9	0,013	0,012
3.1_Tondibia Peulh	02/12/2014	28,8	6,95	98	5,36	3,64	6,9	0,3	22	1,99	8,72	16,8	0,08	16,9	0,007	0,006
3.1_Tondibia Peulh	18/04/2017	30,1	7,54	63,1	6,51	4,15	6,8	0,3	23,1	1,92	10,1	18,2	-0,03	16,3	0,011	0,006
10.2_Goudel Gorou Ciminti	03/12/2012	31,8	6,98	185	12,5	1,45	6,6	0,6	37,5	1,43	5,09	9,08	0,32	17,1	0,026	0,739
10.2_Goudel Gorou Ciminti	14/03/2013	30,9	7,01	93	6,7	1,7	6	0,2	28	0,7	2,46	12,3	0,08	19,9	0,01	0,061
10.2_Goudel Gorou Ciminti	19/06/2013	31,5	6,41	85	7,37	1,44	6,2	0,4	26,8	0,749	3	13,2	0,11	18,41	0,022	0,068
10.2_Goudel Gorou Ciminti	20/08/2013	31	6,74	97	9,78	1,29	7	0,4	31,4	2,36	5,6	11,9	0,25	18	0,034	0,009
10.2_Goudel Gorou Ciminti	06/12/2013	29,5	6,58	97	9,9	1,2	6,7	0,4	27,6	0,971	5,69	16,6	0,06	13	0,007	0,005
10.2_Goudel Gorou Ciminti	19/03/2014	29,8	7,05	131	10,8	1,19	7	0,7	37,2	1,1	5,64	11,7	0,07	13,9	0,017	0,012
10.2_Goudel Gorou Ciminti	13/07/2014	29,1	6,92	101	11,2	1,01	6,8	0,4	38,2	1,77	5,57	9,45	0,1	17,4	0,021	0,004
10.2_Goudel Gorou Ciminti	03/09/2014	25	6,88	100	10,7	1,13	7,4	0,6	45,8	1,21	4,4	7,58	0,09	17,9	0,056	0,019
10.2_Goudel Gorou Ciminti	09/12/2014	30,1	6,83	112	10,9	1,09	7,8	0,9	43,49	1,4	3,93	8,31	0,17	18,4	0,019	0,005
10.2_Goudel Gorou Ciminti	18/04/2017	31,2	6,944	85,4	8,16	0,845	7,5	0,4	28,2	1,33	2,59	13,8	-0,03	15,9	0,023	0,008
13_Kariel	04/12/2012	29,8	6,9	380	11,8	7,82	52,8	0,2	86	1,56	85,6	19	0,03	19,8	0,014	0,003
13_Kariel	12/03/2013	30,8	7	399	12,4	7,98	56,6	0,3	88,5	1,76	91,1	18	0,04	19,7	0,015	0,006
13_Kariel	14/06/2013	32,2	7,03	379	12,8	8,67	53,5	0,2	88,1	2,15	87,3	19	0,05	20,50	0,021	0,008
13_Kariel	15/08/2013	30,2	7,17	389	12,7	8,3	57,9	0,3	88,8	1,54	93	17,4	0,07	20,6	0,039	0,012

13_Kariel	03/12/2013	29,8	6,89	394	12,8	8,32	55,1	0,4	88,9	1,66	88,2	18,6	0,06	16	0,04	0,005
13_Kariel	18/03/2014	30,8	7,4	429	12,5	7,93	54,1	0,2	90,4	1,97	93	17,7	0,05	16,5	0,021	0,003
13_Kariel	03/12/2014	30	7,25	383	13	8,27	54,1	0,3	92	1,63	89,5	17,8	0,08	19,8	0,015	0,005
13_Kariel	21/04/2017	31,2	7,546	357	14,9	11,7	43,1	0,2	95,7	1,59	75,7	18,3	0,03	21,5	0,013	0,006
19_Timeré	05/12/2012	29	7,1	185	16,1	1,11	3,8	3,7	44,2	1,54	6,09	17,5	0,11	36,4	0,02	0,004
19_Timeré	12/03/2013	30,8	7,03	122	14,1	1,03	3,9	5,3	41,6	2,44	4,62	14,9	0,2	34,8	0,025	0,003
19_Timeré	20/06/2013	31,1	6,7	117	14,6	1,2	3,6	4,2	48,7	1,98	3,7	7,83	0,11	33,29	0,019	0,022
19_Timeré	21/08/2013	30,2	6,58	113	15,4	1,16	4	3,8	50,7	3,67	3,56	6,28	0,09	31,6	0,033	0,009
19_Timeré	10/12/2013	28,1	7,14	140	17,5	0,857	4,7	4,3	53,9	1,75	3,64	12,5	0,11	27,3	0,019	0,004
19_Timeré	24/03/2014	30	7,22	139	15,4	0,777	4,3	6,2	46,3	3,31	2,51	16,3	0,11	28,5	0,059	0,012
19_Timeré	03/12/2014	25	7,02	115	11,45	0,92	4,2	6,7	41,1	2,01	2,06	14,3	0,13	32,1	0,044	0,012
19_Timeré	21/04/2017	29,9	7,887	101,5	9,17	1,35	3	6,1	22	1,86	2,88	23,9	0,08	30	0,007	0,002
22_Saga Gassia 2	05/12/2012	31,4	6,4	105	5,29	1,46	6,1	0,6	25,1	0,794	7,44	6,18	-0,03	37,9	0,02	0,005
22_Saga Gassia 2	13/03/2013	32,4	7	314	3,92	1,55	7	0,7	21,7	1,49	7,53	5,84	0,05	35,9	0,02	0,009
22_Saga Gassia 2	07/06/2013	32,4	6,09	79	4,46	2,12	7,4	0,9	25,9	1,54	7,61	6,93	0,06	38,61	0,034	0,01
22_Saga Gassia 2	19/08/2013	31,3	6,33	94	5,75	1,87	7,3	0,8	27,7	0,818	9,5	5,45	0,11	39,8	0,048	0,012
22_Saga Gassia 2	09/12/2013	31	6,43	90	5,67	1,35	6,2	0,8	22,9	0,945	7,09	6,65	0,07	28,6	0,037	0,007
22_Saga Gassia 2	20/03/2014	31,2	6,7	74	4,75	1,24	5,8	0,8	20,5	1,25	7,07	5,75	0,08	29,9	0,025	0,008
22_Saga Gassia 2	13/07/2014	31,2	7,25	73	4,51	1,51	6,3	0,7	21,7	0,91	7,13	5,76	0,06	38	0,024	0,008
22_Saga Gassia 2	03/09/2014	31,1	6,84	95	6,07	1,49	6,3	0,8	29,8	0,865	6,92	5,97	0,06	37,4	0,013	0,006
22_Saga Gassia 2	01/12/2014	32	6,2	72	4,27	1,27	5,9	0,8	18,6	1	7,09	6,48	0,06	35,2	0,026	0,007
22_Saga Gassia 2	20/04/2017	31	7,131	63,8	4,36	1,35	5,9	0,8	20	1,33	6,47	5,61	0,04	35,8	0,023	0,02
26_Saga Gorou	13/03/2012	32,2	6,98	49	2,77	0,102	1,7	0,8	10,3	0,76	0,206	2,79	-0,03	14,9	0,014	0,007
26_Saga Gorou	19/06/2013	31,6	5,4	24	1,97	0,108	1,6	0,7	7,14	0,733	0,32	2,98	0,04	14,72	0,019	0,009
26_Saga Gorou	20/08/2013	31	6,27	64	7,91	0,271	1,9	1	27,2	1,6	1,2	1,62	0,06	16,8	0,141	0,025
26_Saga Gorou	06/12/2013	29,8	6,07	61	5,82	0,23	2,2	1,3	23,1	0,902	0,375	1,3	0,05	12,4	0,076	0,039
26_Saga Gorou	19/03/2014	31,6	6,35	76	2,34	0,111	1,5	0,7	8,3	0,76	0,234	2,64	0,04	12,4	0,035	0,008
26_Saga Gorou	19/04/2017	32,2	7,627	28,7	2,47	0,107	1,7	1,1	9,7	1,34	0,19	2,54	0,05	14,9	0,041	0,013
52_Kongou Gongga	03/12/2012	30,9	5,9	226	6,04	0,67	14,5	11,4	17,1	4,64	1,28	54,5	-0,03	16,7	0,03	0,03
52_Kongou Gongga	13/03/2013	31,5	6,98	227	5,01	0,624	13,4	10,2	12,4	3,49	0,92	51	-0,03	17,3	0,042	0,057

52_Kongou Gongga	19/06/2013	31,7	5,88	142	5,55	0,608	13	10	15,4	3,46	0,912	49,7	-0,03	16,93	0,105	0,061
52_Kongou Gongga	20/08/2013	30,8	6,25	172	10,2	0,668	15,2	10,8	31,6	4,71	2	46,9	0,07	18,6	0,036	0,028
52_Kongou Gongga	06/12/2013	30,1	5,87	147	5,82	0,66	13,8	10,9	18	3,4	1,28	46,8	0,03	13,2	0,029	0,033
52_Kongou Gongga	19/03/2014	31,1	6,26	151	4,58	0,578	12,5	9,8	11,4	3,25	0,957	48,7	-0,03	13,8	0,092	0,056
52_Kongou Gongga	13/07/2014	29	6,02	141	5,55	0,64	13,1	10,3	14,6	3,82	1,09	50	-0,03	17,2	0,057	0,053
52_Kongou Gongga	03/09/2014	31,1	6,33	148	6,89	0,657	13,3	10,9	25,6	3,2	1,08	49,1	0,04	17,4	0,015	0,033
52_Kongou Gongga	09/12/2014	29,7	6,45	135	4,68	0,582	12,5	10,2	12,28	3,14	1,02	47,8	0,02	16,5	0,045	0,042
52_Kongou Gongga	19/04/2017	31,4	7,259	125,6	4,7	0,535	12,2	10,1	13,9	3,17	1,28	43,7	-0,03	16,6	0,041	0,037
48_Kongou Sabon Carré	13/03/2013	31,5	7	59	5,16	0,75	1,8	1,6	11,7	1,09	0,331	13,1	0,03	17,2	0,029	0,018
48_Kongou Sabon Carré	19/06/2013	30,3	5,73	60	4,99	0,804	1,9	1,7	11,4	1,39	0,379	13	-0,03	17,61	0,02	0,029
48_Kongou Sabon Carré	20/08/2013	30,5	6,18	90	11,4	1,05	2,7	1,9	29,4	1,74	0,95	16,9	0,06	16,4	0,037	0,014
48_Kongou Sabon Carré	06/12/2013	29	6,07	65	7,06	0,7	1,9	1,8	21,9	0,567	0,8	7,86	0,05	12,5	0,019	0,019
48_Kongou Sabon Carré	19/03/2014	29,7	6,41	99	5,62	0,862	2,2	1,8	13,7	1,34	0,492	13,6	0,05	13,6	0,032	0,012
48_Kongou Sabon Carré	09/12/2014	29,5	6,68	63	6,53	0,853	1,9	1,8	16,8	1,04	0,546	12,9	0,08	15,6	0,031	0,016
48_Kongou Sabon Carré	19/04/2017	29,8	7,506	61,7	5,17	0,94	3,4	2	12,8	1,46	0,291	17,5	0,03	15,9	0,034	0,021
49_Kongou Mouché Koira 1	19/04/2017	31,4	5,687	149	2,05	0,194	25	0,7	7,2	11,7	0,109	50,1	-0,03	15	0,041	0,099
50_Kongou Mouché Koira 2	19/04/2017	35,9	5,293	188,3	1,08	0,283	33,5	1	6,3	16,4	0,364	62,2	0,04	16,8	0,025	0,064
4_Yawaré	21/04/2017	34,9	6,363	133,5	10,8	5,34	7,7	0,9	56,1	0,371	8,55	10,9	0,07	30,2	0,011	0,008
3_Bougoum	21/04/2017	30,6	7,245	419	25,7	6,98	39	2,7	15	14,4	1,51	178	-0,03	13,4	0,056	0,031

Annexe I.C : Résultats d'analyse sur les ouvrages captant le socle – Période 2012 – 2017

Numéro et Nom du site	Date d'analyse	Paramètres in situ			Cations majeurs (mg/l)				Anions majeurs (mg/l)				Autres éléments chimiques (mg/l)			
		T (°C)	pH	C.E (µS/cm)	Ca	Mg	Na	K	HCO ₃	Cl	SO ₄	NO ₃	PO ₄	SiO ₂	Fe(II)	Mn
7_Kossey Djerma	12/06/2013	33,4	7,04	911	60,2	32,7	98,3	1,4	530	19,2	32,1	9,63	0,14	67,25	0,012	0,089
7_Kossey Djerma	13/08/2013	32,4	7,16	871	57,7	32	101	1,4	539	15,8	32	0,084	0,38	70	0,073	0,125
7_Kossey Djerma	02/12/2013	32,6	7,83	935	63,2	33,1	101	2,6	550	17,2	22,3	0,16	2,25	52,3	0,054	0,2
7_Kossey Djerma	13/03/2014	32,5	7,82	895	63,2	31,6	94,5	1,9	539	21	30,4	1,67	0,91	55,3	0,008	0,162
7_Kossey Djerma	15/07/2014	32,5	7,8	866	62,5	32,3	95,8	3	524	23,2	31,7	0,28	2,09	67,3	0,043	0,222
7_Kossey Djerma	16/09/2014	31,9	8,29	910	64,4	32,8	98,1	3,9	514	27,2	30,7	0,59	3,06	65,3	0,037	0,168
7_Kossey Djerma	02/12/2014	32,3	8,02	888	62,2	32,3	95,9	4	527	24,5	29,6	1,22	3,1	62,7	0,029	0,094
7_Kossey Djerma	18/04/2017	33,9	8,21	886	65,2	33,8	102	5,6	524	28,1	33,7	0,05	4,43	59,2	0,007	0,003
8_Gabou Goura	06/12/2012	33,5	7,17	870	55,1	37,8	33	0,4	399	6,12	7,99	38,3	0,03	64,2	0,011	0,004
8_Gabou Goura	11/03/2013	34	7,11	680	56,7	37,7	35,1	0,5	402	6,04	7,98	37,7	0,03	63,9	0,004	0,004
8_Gabou Goura	12/06/2013	31,4	7,25	817	57,3	38,6	34,7	0,6	403	6,2	8	38,2	-0,03	63,4	0,004	0,006
8_Gabou Goura	13/08/2013	31,1	7,15	992	57	38,4	35	0,5	404	5,55	7,69	37,9	0,06	67,9	0,007	0,005
8_Gabou Goura	02/12/2013	31,9	7,24	877	57,6	39,6	33,5	0,7	411	6,04	7,96	37,7	0,04	49,3	0,003	0,007
8_Gabou Goura	13/03/2014	NR	NR	NR	56,6	37,8	32,2	0,5	402	5,99	7,86	36,9	0,05	50,7	-0,003	0,005
8_Gabou Goura	02/12/2014	NR	NR	NR	56	39	32,1	0,5	402,7	5,21	7,96	36,1	0,05	61	0,006	0,005
8_Gabou Goura	18/04/2017	35,2	7,22	650	60,1	38,5	31,8	0,8	394	5,35	8,46	37,2	0,09	60,9	0,008	0,051
21_Saga Gassia 1	17/06/2013	35,1	6,85	245	16	11,6	15,4	4,7	131	1,76	14,9	1,45	0,21	60,3	0,018	0,118
21_Saga Gassia 1	19/08/2013	35,6	7,09	246	15,8	11,7	16,2	4,9	130	1,29	14,7	0,51	0,27	60,7	0,03	0,104
21_Saga Gassia 1	09/12/2013	32,1	7,02	245	16,4	11,6	15,4	5,1	131	1,42	15,3	0,30	0,46	45	0,026	0,115
21_Saga Gassia 1	20/03/2014	33,7	7,4	246	16,1	11,1	15,2	5,1	129	1,62	15,6	0,80	0,54	48,3	0,012	0,069
21_Saga Gassia 1	17/07/2014	32,6	7,36	227	14,2	11	14,2	4,1	121	0,81	11,2	2,38	0,48	68,9	0,008	0,023
21_Saga Gassia 1	18/09/2014	32,7	7,87	243	15,2	11,2	14,6	4,2	129	0,67	11,4	2,27	0,44	64,2	0,003	0,01
21_Saga Gassia 1	01/12/2014	35,1	7,28	231	14,7	10,6	14,1	4,2	119,6	0,83	11,7	3,03	0,55	61,1	0,008	0,003

21_Saga Gassia 1	20/04/2017	36,9	7,175	230	16,6	10,6	14,7	5,6	125	1,14	13,5	0,12	0,81	59,7	0,014	0,02
24_Talladjé	17/06/2013	33,7	7,29	1228	122	58,9	67,7	4,3	218	1,54	502	0,05	0,06	40,5	0,047	0,269
24_Talladjé	19/08/2013	32,8	6,76	760	67,9	36,8	36,7	3,4	136	2,36	268	0,2	0,24	42,3	0,031	0,177
24_Talladjé	09/12/2013	32,8	6,53	389	29,4	22,3	12,8	2,9	78,8	0,91	122	0,19	0,3	33,7	0,008	0,061
24_Talladjé	20/03/2014	31,1	6,54	315	22,7	18,3	8	2,6	69,1	1,22	92,1	0,16	0,36	35,9	0,048	0,07
24_Talladjé	16/07/2014	33,1	6,77	296	20,8	18	7,1	2,9	66,2	1,21	82,2	0,81	0,54	42,9	0,238	0,062
24_Talladjé	17/09/2014	33,2	6,88	324	21,1	18,3	7,1	2,8	78,1	0,90	77,3	0,56	0,41	43,8	0,317	0,087
24_Talladjé	04/12/2014	32,6	6,6	291	19,3	17,6	6,7	2,8	77,5	0,99	74,5	0,02	0,75	42,2	0,214	0,054
24_Talladjé	20/04/2017	33,1	6,785	197,1	14,7	11,4	4,4	2,7	58,2	1,72	39,9	0,465	0,23	42,8	0,125	0,076
25_Eglise Garbado	13/06/2013	35	7,06	563	41,5	32,5	29,8	4,1	265	10	49,9	26,2	0,09	47,8	0,058	0,017
25_Eglise Garbado	14/08/2013	33,3	7,5	559	40,4	31,2	30,8	4,8	283	9,19	47,8	6,5	0,52	47,9	0,03	0,183
25_Eglise Garbado	04/12/2013	34,5	7,3	560	41,1	32,3	30,3	4,6	305	11,2	39,2	0,333	0,64	36,9	0,044	0,505
25_Eglise Garbado	14/03/2014	33,6	7,9	563	40,3	31	29	4,4	310	10,7	34	0,892	0,7	42	0,026	0,257
25_Eglise Garbado	16/07/2014	32,8	7,04	525	41,6	29,2	28,1	5,3	291	10,3	28,9	1,23	0,95	46,5	0,029	0,472
25_Eglise Garbado	17/09/2014	33,1	7,85	542	39,5	28,7	27,8	5,6	290	11,2	23,6	1,61	1,4	45	0,048	0,527
25_Eglise Garbado	04/12/2014	32,9	7,65	512	37,1	27,3	27,3	5,8	292	10,9	20,1	2,98	2,03	43,1	0,041	0,469
25_Eglise Garbado	20/04/2017	35	7,42	554	43	32,9	27,8	4,7	339	8,16	14,9	0,098	2,06	50,7	0,12	0,226
34_Boukoki Mairie Garage	13/06/2013	34,8	6,6	341	20,5	12,6	33,9	1,8	185	3,82	6,22	19,8	0,17	56,5	0,186	0,011
34_Boukoki Mairie Garage	14/08/2013	33,5	6,19	282	14,9	8,58	23,4	2,2	81	9,8	3,8	50,5	0,16	55,2	0,018	0,004
34_Boukoki Mairie Garage	04/12/2013	33,6	6	267	15,2	8,41	21	2,3	56,4	13,6	2,4	69,4	0,16	43,4	0,01	0,013
34_Boukoki Mairie Garage	14/03/2014	32,4	6,92	235	14,6	5,47	16,4	2,6	59,5	11,7	4,82	40,1	0,31	32,2	0,015	0,027
34_Boukoki Mairie Garage	16/07/2014	31,9	6,3	254	13,9	6,85	19,1	2,4	40,4	13,1	1,9	67,3	0,28	55,5	0,006	0,016
34_Boukoki Mairie Garage	17/09/2014	32,5	7,24	192	13,9	3,56	12,4	2,7	47,6	10,8	4,85	29,1	0,52	25,7	0,003	0,033
34_Boukoki Mairie Garage	04/12/2014	31,5	6,6	203	13,9	4,58	14,6	2,6	43,66	11,3	4,81	41,6	0,48	34,8	0,009	0,028
34_Boukoki Mairie Garage	19/04/2017	35,7	6,112	257	14,4	7,18	20,4	3,7	36,3	18,1	2,9	65,5	0,48	52,6	0,012	0,023
40_Gamkallé Sébangué	06/12/2012	32	7,5	549	47,1	24	13,2	1	118	26	4,64	145	-0,03	38,6	0,021	-0,001
40_Gamkallé Sébangué	11/03/2013	33	7,58	536	48,2	24,2	13,7	1	118	25,9	4,5	143	-0,03	38,5	0,024	-0,001
40_Gamkallé Sébangué	17/06/2013	33,3	7,58	536	49,2	25	14,1	1,2	119	26,2	4,51	144	0,03	38,8	0,006	0,002
40_Gamkallé Sébangué	21/08/2013	31,6	7,47	536	49	24,8	14,6	1,1	118	26	5,8	140	0,03	37,9	0,007	0,001

40_Gamkallé Sébangué	10/12/2013	29,6	7,55	539	48,9	25,1	13,8	1,1	120	25,8	4,59	141	0,02	30,7	0,007	0,001
40_Gamkallé Sébangué	20/04/2017	33,7	7,416	530	49	24,9	14	1,3	122	24,6	3,93	138	0,09	37,9	0,012	0,003
45_Dan Gao	13/06/2013	33,2	7,71	215	14	6,4	22,4	3	126	1,09	4,38	3,69	0,19	50,3	0,068	0,005
45_Dan Gao	14/08/2013	33,6	8,02	209	14,9	5,1	23,7	3,1	125	0,38	4,5	1,22	0,3	46,9	0,036	0,004
45_Dan Gao	04/12/2013	31,9	7,94	221	16,3	4,65	22,2	3,4	128	0,57	3,47	0,113	0,39	33,8	0,017	0,002
45_Dan Gao	14/03/2014	32,1	7,54	218	16,6	4,3	21,9	3,3	131	0,73	2,71	0,059	0,36	35,2	0,018	0,015
45_Dan Gao	04/12/2014	31,2	7,5	215	16,9	4,36	21,2	3,3	131	0,57	2,66	0,25	0,41	39,6	0,008	0,001
45_Dan Gao	19/04/2017	34,4	7,445	221	18,6	4,81	21,8	3,5	134	0,70	3,12	1,51	0,33	39,9	0,009	0,003
53_Goudel Tassiba	12/06/2013	33,5	7	252	19,9	9,2	12,7	3,9	70,9	3,02	9,3	57,4	0,27	63,4	0,012	0,022
53_Goudel Tassiba	13/08/2013	31,5	7,02	255	18,5	9,15	13,3	3,6	64,8	2,6	8	60,1	0,37	70	0,014	0,01
53_Goudel Tassiba	02/12/2013	32,3	6,79	254	20,4	9,32	12,7	3,7	64,6	2,54	7,9	63,8	0,42	49,3	0,003	0,004
53_Goudel Tassiba	13/03/2014	32,6	7,14	252	19,3	8,66	11,9	3,5	63,8	2,81	6,95	63	0,42	51,8	0,003	0,005
53_Goudel Tassiba	02/12/2014	32,6	6,84	251	19,5	8,89	12,2	3,9	66,38	3,03	7,08	59,2	0,08	16,9	0,008	0,006
53_Goudel Tassiba	18/04/2017	32,5	7,611	271	21,6	9,93	12,5	3,9	61,9	3,7	8,17	69,9	0,44	62,3	0,031	0,01
65_Saga Gourma	23/07/2014	31,3	7,54	582	43,4	30,3	25,3	1,3	139	12,6	44,4	135	0,27	84,4	0,003	0,001
65_Saga Gourma	22/09/2014	32,2	7,43	673	51,2	36,5	30,1	1,4	157	22,5	52,7	156	0,27	83,7	-0,003	0,002
65_Saga Gourma	10/12/2014	32,5	7,25	607	44,3	34,1	26,6	1,2	143	14,3	50,9	144	0,3	79,8	0,003	0,002
65_Saga Gourma	21/04/2017	34,3	6,853	562	39,1	31,8	24,7	1	147	9,34	51,5	115	0,32	80	0,006	0,003
70_CSI Gaweye	23/07/2014	32,2	7,37	2140	183	92,7	105	3	335	189	43	613	0,12	68,6	0,003	0,064
70_CSI Gaweye	22/09/2014	33,1	7,53	2160	186	95,9	116	2,9	361	201	43,7	603	0,1	68,6	-0,003	0,03
70_CSI Gaweye	10/12/2014	32,5	7,35	2140	179	94,1	115	2,8	345,9	191	44,5	613	0,1	66,4	0,005	0,019
70_CSI Gaweye	20/04/2017	34,9	7,005	2190	181	101	113	2,6	369	189	45	608	0,08	69,2	0,006	0,02
72_Kirkissoye Garage	23/07/2014	32,8	7,9	340	32,9	11,1	21,9	1,4	133	10,4	10	43,8	0,05	52	-0,003	0,003
72_Kirkissoye Garage	22/09/2014	33,6	7,72	333	32,2	11,4	21,7	1,5	139	11,8	9,83	41,3	0,05	47,6	-0,003	0,002
72_Kirkissoye Garage	10/12/2014	33,9	7,77	320	29,8	10,7	20,5	1,4	130	8,71	9,91	41,1	0,04	47,8	-0,003	0,001
72_Kirkissoye Garage	20/04/2017	34	7,608	272	25,8	8,96	19	1,3	123	3,87	5,14	31	0,04	49,1	0,003	0,001
33_Kouaramé	06/12/2012	31,8	6,9	500	30,4	16,6	44,6	1,5	195	8,52	18,8	75,5	0,1	53,3	0,256	0,006
33_Kouaramé	11/03/2013	33,5	7,06	495	31,1	16,9	47,6	1,6	199	8,46	19,5	69,3	0,08	52,2	0,201	0,007
33_Kouaramé	13/06/2013	32,8	7,05	497	31,8	17,1	48	1,7	201	14,2	19,6	66,7	-0,03	50,6	0,406	0,026

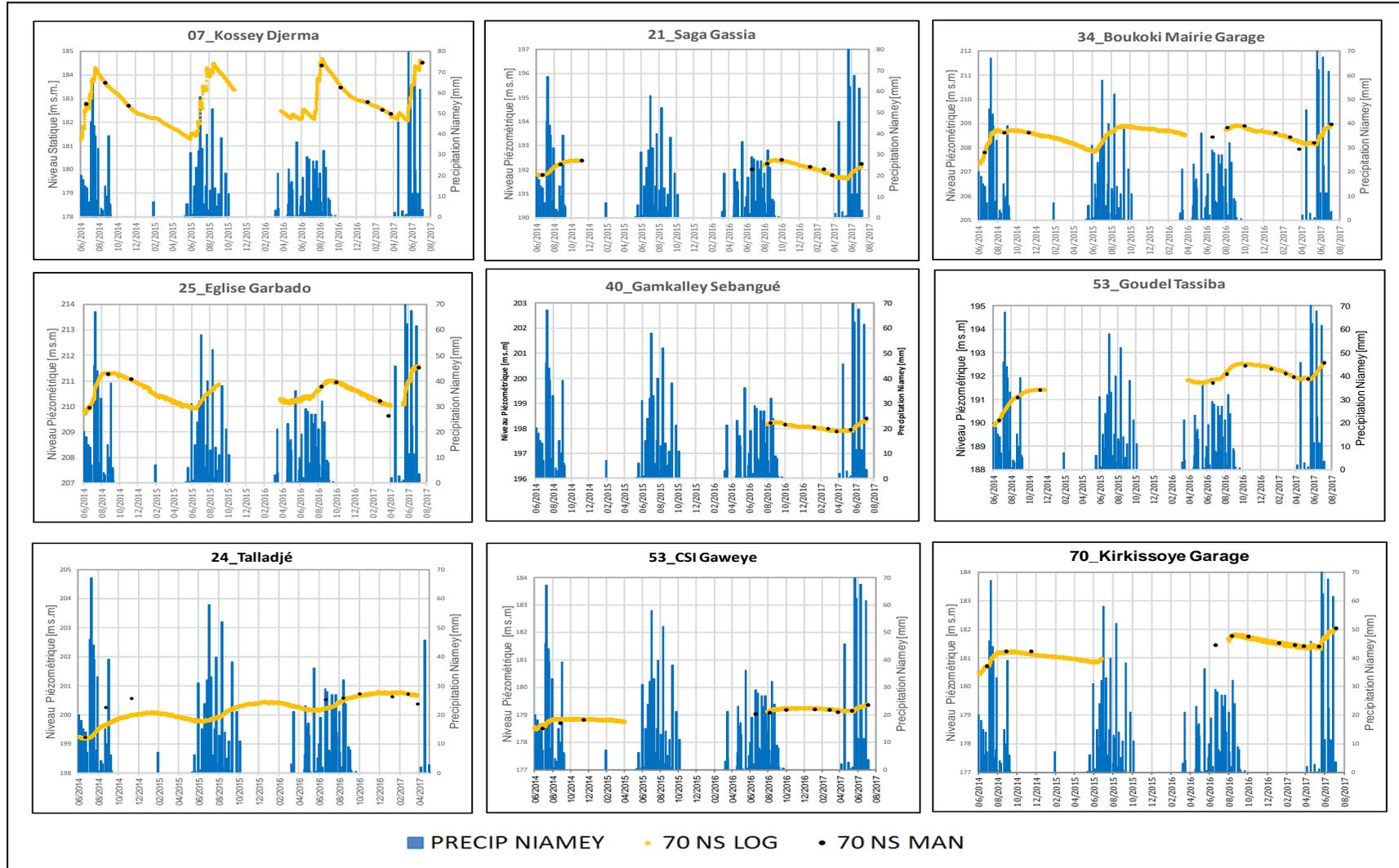
33_Kouaramé	14/08/2013	31,4	6,91	528	31	17,3	48,8	1,5	202	7,63	19,6	68,3	0,2	53,3	0,023	0,005
33_Kouaramé	04/12/2013	31,5	6,96	506	32,5	17,7	46,1	1,7	203	8,44	19,5	69,5	0,22	40	0,009	0,005
33_Kouaramé	14/03/2014	31,2	7,14	504	33,2	16,9	44,4	1,8	203	8,62	20	68,1	0,22	43,8	0,01	0,003
33_Kouaramé	13/07/2014	31,6	7,04	504	34,2	17,4	45,6	1,6	203	8,42	19,8	69,1	0,24	53,5	0,005	0,002
33_Kouaramé	13/09/2014	32,3	7,35	521	33,2	18	46,7	1,7	201	8,41	19,8	68,6	0,24	51,1	0,005	0,003
33_Kouaramé	03/12/2014	29,5	7,1	502	32,1	17,5	45,5	1,7	206	8,57	20	68,2	0,24	48,3	0,009	0,003
33_Kouaramé	18/04/2017	32,8	7,05	524	34	18,9	47,6	1,6	202	10,6	19,6	77,2	0,23	51,7	0,009	0,002

Annexe I.D : Résultats d'analyse sur les ouvrages captant les alluvions – Période 2012 – 2017

Numéro et Nom du site	Date d'analyse	Paramètres in situ			Cations majeurs (mg/l)				Anions majeurs (mg/l)				Autres éléments chimiques (mg/l)			
		T (°C)	pH	C.E (µS/cm)	Ca	Mg	Na	K	HCO ₃	Cl	SO ₄	NO ₃	PO ₄	SiO ₂	Fe(II)	Mn
6_Losso Goungou	04/12/2012	28,9	7,6	770	63,8	39,3	35,1	1	412	15,4	11,9	34,2	0,1	63,9	0,014	0,002
6_Losso Goungou	12/03/2013	29,6	7,53	742	66,3	40,2	36,7	1	429	14,6	12,1	34,9	0,08	67,6	0,003	0,005
6_Losso Goungou	14/06/2013	31,5	7,45	741	66	40	36	1,1	424	14,8	12,3	36	0,05	66,67	0,006	0,004
6_Losso Goungou	18/08/2013	29,9	7,65	792	64,4	38,8	37	1,4	419	14,1	12,2	32,9	0,14	66,3	0,014	0,005
6_Losso Goungou	03/12/2013	29,7	7,51	755	68,7	42,3	36,5	1,2	430	16,3	12,3	36,7	0,11	51,1	-0,003	0,007
6_Losso Goungou	18/03/2014	29,1	7,56	759	67,1	39,7	34,4	1,6	428	17,2	12,5	37,9	0,1	53,7	0,005	0,006
6_Losso Goungou	02/12/2014	29,3	7,5	756	68,4	42	35,4	1,2	429	19,2	12,6	41,9	0,1	64,2	0,006	0,003
6_Losso Goungou	18/04/2017	30,4	7,56	787	72,1	44,7	37,7	1,3	437	20,6	13,2	46,5	0,09	65,1	0,006	0,004
16_Lamordé	04/12/2012	28,9	7,5	1145	70,9	33,4	95,9	9,3	344	120	79,1	24,3	0,61	46,7	0,009	0,003
16_Lamordé	12/03/2013	30	7,25	827	60,5	18,5	85,7	8,9	424	28,7	28,1	0,41	0,77	68,3	0,147	0,245
16_Lamordé	14/06/2013	33,3	7,76	850	64,6	22,2	90,4	11,4	445	42,5	33,1	1,97	0,99	62,85	0,013	0,088
16_Lamordé	18/08/2013	30,8	7,66	871	65,7	22	97,6	9,8	438	52,5	26,9	0,66	1,05	56,8	0,032	0,227
16_Lamordé	03/12/2013	31,5	7,55	1018	70,5	27,1	114	10,3	469	75,6	47,3	0,53	0,82	43,3	0,02	0,322
16_Lamordé	18/03/2014	30,5	7,83	958	63,9	24,5	101	9,9	453	58,6	40,9	0,26	0,75	47	0,004	0,045
16_Lamordé	13/07/2014	32,3	8,09	639	49,6	16,3	61,5	8,3	316	32,3	26,2	5,24	0,68	50,7	0,004	0,029
16_Lamordé	13/09/2014	31,6	8,08	748	59,1	19,9	76,4	9,1	358	51,8	29,5	6,77	0,84	48,1	-0,003	0,049
16_Lamordé	03/12/2014	30,4	7,47	807	57,6	23,7	82,7	8,1	407	59,6	19,2	0,66	1,06	46,4	0,012	0,642
16_Lamordé	20/04/2017	31,7	7,872	1235	74,2	36,6	150	20,8	601	83,4	54,1	9,85	1,07	65,8	0,034	0,527
17_Ganguel	04/12/2012	30,8	6,92	250	16,3	9,53	8,1	1,5	97	2,56	14,8	4,36	0,03	32,1	0,012	0,003
17_Ganguel	12/03/2013	31,8	6,98	200	16,5	9,91	8,2	1,4	98,1	1,97	15,3	4,19	-0,03	33	0,011	0,005
17_Ganguel	14/06/2013	31,7	6,75	199	16,4	10,4	8,3	1,3	96,4	1,68	15,5	2,97	-0,03	32,54	0,017	0,005
17_Ganguel	15/08/2013	30,6	6,9	203	16,6	10,2	8,4	1,3	96,3	1,66	15,2	3,09	0,04	33,2	0,032	0,003
17_Ganguel	03/12/2013	30,7	7	218	17	10,1	8,4	1,4	94,6	2,04	15,2	4,11	0,02	26,2	0,012	0,003
17_Ganguel	18/03/2014	32	7,32	219	17,5	10,1	8,3	1,5	100	2,36	16,7	3,1	0,04	27,2	0,024	0,007

17_Ganguel	03/12/2014	31	7,28	214	17,1	10,6	8,8	1,2	97,1	2,4	16,6	4,83	0,05	32,7	0,007	0,009
17_Ganguel	21/04/2017	31,3	7,38	229	20,8	12,3	8,5	0,9	110	1,63	20,2	4,32	-0,03	32,7	0,007	0,002
20_Sagua	05/12/2012	31	7,1	302	14,4	11	11	0,9	47	8,86	1,95	67,8	0,47	76,2	0,015	0,003
20_Sagua	12/03/2013	31,7	7	238	14,2	11	11,6	1	46,7	8,03	1,9	65,7	0,46	76,9	0,013	0,003
20_Sagua	14/06/2013	31,5	7,05	232	14,2	11	11,2	1	45,3	8,02	1,69	66	0,44	76,85	0,027	0,004
20_Sagua	15/08/2013	30,2	7,3	258	15,9	11,8	13,9	1,1	53,4	10,7	2,27	66,7	0,48	78,6	0,028	0,009
20_Sagua	03/12/2013	31,5	7,06	236	15,1	11,4	11,6	1	45,8	8,35	1,66	68,1	0,51	58,6	0,01	0,002
20_Sagua	18/03/2014	30,1	7,8	310	14,7	10,6	11,3	1	47	8,9	1,75	65,6	0,46	61,1	0,01	0,003
20_Sagua	13/07/2014	31,3	7,6	256	15,9	11,3	12,7	1,3	50,4	9,79	2	66,7	0,53	76,3	0,014	0,006
20_Sagua	13/09/2014	31,8	7,51	267	17,6	13	12,9	1,1	59,8	14,8	2,16	69,4	0,51	76	0,017	0,005
20_Sagua	03/12/2014	30	7,49	258	16,3	12	12,8	1,1	52,8	11,2	2,09	69	0,51	72,8	0,009	0,004
20_Sagua	21/04/2017	31,1	7,26	255	16,3	12,1	12,8	1,3	45,7	10,6	1,78	73,5	0,49	74,5	0,013	0,007

Annexe I.E: Evolution piézométrique sur les ouvrages équipés d'enregistreurs – Période 2014 – 2017



Annexe II : Résultats des concentrations des eaux en éléments chimiques polluants

Annexe II.A : Résultats d'analyse des nitrates sur les ouvrages de Niamey entre 2012 et 2017

Numéro et Nom du site	Coordonnées décimales		Type d'ouvrage	Concentrations en nitrates NO3 (mg/l)										
	Longitude	Latitude		déc-12	mars-13	juin-13	août-13	déc-14	mars-14	juil-14	sept-14	déc-14	avr-17	
3_Bougoum	1,9850	13,4327	Puits											178
3.1_Tondidia Peul	2,0258	13,5762	Puits	17,7	16,7	17,7	16,5	17	16,1			16,8	18,2	
4_Yawaré	2,0126	13,4689	Forage											10,9
6_Losso Goungou	2,0415	13,5319	Puits	34,2	34,9	36	32,9	36,7	37,9	36,7	37,9		46,5	
7_Kossey Djerma	2,0234	13,5432	Forage			9,6	0,1	0,2	1,7	0,28	0,59	1,22	0,05	
8_Gabou Goura	2,0233	13,5534	Forage	38,3	37,7	38,2	37,9	37,7	36,9			36,1	37,2	
10.2_Goudel Gorou Cimenti	2,0966	13,6050	Puits	9,1	12,3	13,2	11,9	16,6	11,7	9,45	7,58	8,31	13,8	
13_Kariel	2,0147	13,4881	Puits	19	18	19	17,4	18,6	17,7			17,8	18,3	
16_Lamorde	2,0776	13,5083	Puits	24,3	0,4	2	0,7	0,5	0,3	5,24	6,77	0,663	9,85	
17_Ganguel	2,0421	13,5066	Puits	4,4	4,2	3	3,1	4,1	3,1			4,83	4,32	
19_Timeré	2,1369	13,4298	Puits	17,5	14,9	7,8	6,3	12,5	16,3			14,3	23,9	
20_Saguaia	2,1054	13,4648	Puits	67,8	65,7	66	66,7	68,1	65,6	66,7	69,4	69	73,5	
21_Saga Gassia 1	2,1625	13,4702	Forage			1,5	0,5	0,3	0,8	0,008	0,006	0,006	0,123	
22_Saga Gassia 2	2,1630	13,4694	Puits	6,2	5,8	6,9	5,5	6,7	5,8	5,76	5,97	6,48	5,61	
24_Talladjé	2,1598	13,4906	Forage			-0,003	0,2	0,2	0,2	0,81	0,557	0,02	0,465	
25_Eglise Garbado	2,1446	13,5183	Forage			26,2	6,5	0,3	0,9	1,23	1,61	2,98	0,098	
26_Saga Gorou	2,2112	13,539	Puits		2,8	3	1,6	1,3	2,6			0,015	115	
33_Kouarame	2,1158	13,539	Forage	75,5	69,3	66,7	68,3	69,5	68,1				77,2	
34_Boukoki Mairie Garage	2,1218	13,538	Forage			19,8	50,5	69,4	40,1	67,3	29,1	41,6	65,5	
40_Gamkalley Sébangué	2,1234	13,497	Forage	145	143	144	140	141	65,3				138	
45_Dan Gao	2,1412	13,53	Forage			3,7	1,2	0,1	13,6			0,25	1,51	
48_Kongou Sabon carré	2,1850	13,587	Puits		13,1	13	16,9	7,9	48,7			12,9	17,5	
49_Kongou Mouché Koira 1	2,18503	13,599	Puits	69,8									50,1	

50_Kongou Mouché Koira 2	2,19340	13,599	Forage											62,2
52_Kongou Gongga	2,2364	13,6116	Puits	54,5	51	49,7	46,9	46,8	63	50	49,1	47,8	43,7	
53_Goudel Tassiba	2,05794	13,529	Forage			57,4	60,1	63,8						69,9
65_Saga Gourma	2,1247	13,4473	Forage							135	156	144	2,54	
70_CSI Gaweye	2,1033	13,4850	Forage							613	603	613	608	
72_Kirkissoye Garage	2,0997	13,4791	Forage							43,8	41,3	41,1	31	
101_Pont Kennedy	21027	13,5034	EdS	0,8	-0,003	0,8	2,1	-0,003	0,1	3,5	1,19	0,039	0,012	
102_Pont Chinois	2,1167	13,4918	EdS	0,2	0,1	0,8	2,1	-0,003	-0,003	3,29	1,08	0,028	0,009	
103_Tondi Koirey	1,9955	13,5805	EdS		0,1	0,9	2,1	0,2	-0,003			0,047	0,007	
104_Station Kollo	2,32849	13,296	EdS		0,1	0,4	2,9	-0,003				0,018	0,033	
105_Mare Kongou	2,17803	13,592	EdS										0.89	
NB: Valeur limite OMS pour les eaux de consommation = 50 mg/l														

Annexe II.B : Résultats d'analyse des nitrites sur les ouvrages de Niamey entre 2012 et 2017

Numéro et Nom du site	Coordonnées décimales		Type d'ouvrage	Concentrations en nitrites NO2 (mg/l)									
	Longitude	Latitude		déc-12	mars-13	juin-13	août-13	déc-14	mars-14	juil-14	sept-14	déc-14	avr-17
3_Bougoum	1,9850	13,4327	Puits										0,075
3.1_Tondidia Peul	2,0258	13,5762	Puits	0,018	0,009	0,013	0,046	-0,003	0,005			0,004	0,004
4_Yawaré	2,0126	13,4689	Forage										-0,003
6_Losso Goungou	2,0415	13,5319	Puits	0,003	-0,003	-0,003	-0,003	0,005	0,012			-0,003	-0,003
7_Kossey Dgerma	2,0234	13,5432	Forage			3392	0,005	5,87	1,52	2,19	8,86	4,81	-0,003
8_Gabou Goura	2,0233	13,5534	Forage	0,015	0,012	0,009	-0,003	0,008	-0,003			0,015	0,511
10.2_Goudel Gorou ciment	2,0966	13,6050	Puits	7,73	0,024	0,024	-0,003	0,009	0,016	0,023	0,097	0,835	0,057
13_Kariel	2,0147	13,4881	Puits	0,02	0,017	0,031	0,048	0,015	-0,003			0,018	0,098
16_Lamorde	2,0776	13,5083	Puits	0,005	0,422	-0,003	0,028	0,003	-0,003	-0,003	-0,003	0,336	-0,003
17_Ganguel	2,0421	13,5066	Puits	0,003	0,017	0,004	0,005	0,007	0,003			0,006	0,004
19_Timeré	2,1369	13,4298	Puits	0,016	0,019	0,075	0,087	0,02	0,07			0,23	0,29
20_Sagua	2,1054	13,4648	Puits	0,13	0,11	0,174	0,647	0,087	0,099	0,297	0,041	0,213	0,953
21_Saga Gassia 1	2,1625	13,4702	Forage			0,11	-0,003	0,003	-0,003	0,003	-0,003	-0,003	-0,003
22_Saga Gassia 2	2,1630	13,4694	Puits	0,005	0,003	0,019	0,008	0,006	0,003	0,005	-0,003	0,005	0,008
24_Talladjé	2,1598	13,4906	Forage			-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	0,214	0,114	0,031	0,319
25_Eglise Garbado	2,1446	13,5183	Forage			0,002	0,34	0,032	0,295	0,753	1,64	1,34	0,37
26_Saga Gorou	2,2112	13,539	Puits		-0,003	0,003	0,068	0,012	-0,003			0,005	-0,003
33_Kouarame	2,1158	13,539	Forage										0,004
34_Boukoki Mairie Garage	2,1218	13,538	Forage				0,005	0,076	0,016	0,005	0,238	0,229	1,13
40_Gamkalley Sébangué	2,1234	13,497	Forage	0,007	-0,003	0,008	-0,003	-0,003					-0,003
45_Dan Gao	2,1412	13,53	Forage			0,003	-0,003	-0,003	-0,003			-0,003	-0,003
48_Kongou Sabon carré	2,1850	13,587	Puits		0,009	0,014	0,015	0,011	0,005			0,022	0,012
49_Kongou Mouché Koira 1	2,18503	13,599	Puits	0,084									0,181
50_Kongou Mouché Koira 2	2,19340	13,599	Forage										-0,003

52_Kongou Gonga	2,2364	13,6116	Puits	0,081	0,039	0,085	0,097	0,042	0,011	0,052	0,044	0,055	0,015
53_Goudel Tassiba	2,05794	13,529	Forage										-0,003
65_Saga Gourma	2,1247	13,4473	Forage										0,003
70_CSI Gaweye	2,1033	13,4850	Forage							0,913	0,115	0,19	1,6
72_Kirkissoye Garage	2,0997	13,4791	Forage							0,007	-0,003	0,006	0,004
101_Pont Kennedy	21027	13,5034	EdS	0,005	0,004	0,035	0,022	0,003	-0,003	0,006	-0,003	-0,003	0,115
102_Pont Chinois	2,1167	13,4918	EdS	-0,003	0,178	0,118	0,019	-0,003	-0,003	0,005	-0,003	-0,003	0,178
103_Tondi Koirey	1,9955	13,5805	EdS		0,003	0,059	-0,003	-0,003	-0,003			-0,003	0,145
104_Station Kollo	2,32849	13,296	EdS		0,044	0,08	-0,003	0,004	-0,003			-0,003	0,331
105_Mare Kongou	2,17803	13,592	EdS										0,003
NB: Valeur limite OMS pour les eaux de consommation = 3 mg/l													

Annexe II.D : Résultats d'analyse de l'arsenic sur les ouvrages de Niamey entre 2012 et 2017

Numéro et Nom du site	Coordonnées décimales		Type d'ouvrage	Concentrations en arsenic (mg/l)										
	Longitude	Latitude		déc-12	mars-13	juin-13	août-13	déc-14	mars-14	juil-14	sept-14	déc-14	avr-17	
3_Bougoum	1,9850	13,4327	Puits											-0,02
3.1_Tondidia Peul	2,0258	13,5762	Puits	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02			-0,02	-0,02
4_Yawaré	2,0126	13,4689	Forage											-0,02
6_Losso Goungou	2,0415	13,5319	Puits	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02			-0,02	-0,02
7_Kossey Djerma	2,0234	13,5432	Forage			-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
8_Gabou Goura	2,0233	13,5534	Forage	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02			-0,02	-0,02
10.2_Goudel Gorou Cimenti	2,0966	13,6050	Puits	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
13_Kariel	2,0147	13,4881	Puits	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02			-0,02	-0,02
16_Lamorde	2,0776	13,5083	Puits	0,03	0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	0,05	0,02	0,04	0,15	-0,02
17_Ganguel	2,0421	13,5066	Puits	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02			-0,02	-0,02
19_Timeré	2,1369	13,4298	Puits	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02			-0,02	-0,02
20_Sagua	2,1054	13,4648	Puits	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
21_Saga Gassia 1	2,1625	13,4702	Forage			-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
22_Saga Gassia 2	2,1630	13,4694	Puits	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
24_Talladjé	2,1598	13,4906	Forage			0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
25_Eglise Garbado	2,1446	13,5183	Forage			-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
26_Saga Gorou	2,2112	13,539	Puits		-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02			-0,02	-0,02
33_Kouarame	2,1158	13,539	Forage											-0,02
34_Boukoki Mairie Garage	2,1218	13,538	Forage				-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
40_Gamkalley Sébangué	2,1234	13,497	Forage	-0,02	0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02					-0,02
45_Dan Gao	2,1412	13,53	Forage			-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02			-0,02	-0,02
48_Kongou Sabon carré	2,1850	13,587	Puits		-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02			-0,02	-0,02
49_Kongou Mouché Koira 1	2,18503	13,599	Puits	-0,02										-0,02
50_Kongou Mouché Koira 2	2,19340	13,599	Forage											-0,02

52_Kongou Gongga	2,2364	13,6116	Puits	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
53_Goudel Tassiba	2,05794	13,529	Forage										-0,02
65_Saga Gourma	2,1247	13,4473	Forage							-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
70_CSI Gaweye	2,1033	13,4850	Forage							-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
72_Kirkissoye Garage	2,0997	13,4791	Forage							-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
101_Pont Kennedy	21027	13,5034	EdS	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
102_Pont Chinois	2,1167	13,4918	EdS	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
103_Tondi Koirey	1,9955	13,5805	EdS		-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02			-0,02	-0,02
104_Station Kollo	2,32849	13,296	EdS		-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02			-0,02	-0,02
105_Mare Kongou	2,17803	13,592	EdS										-0,02
NB: Valeur limite OMS pour les eaux de consommation = 0,01 mg/l [La valeur de -0,002 indique la limite de détection de la méthode et de l'appareillage d'analyse au labo]													

Annexe II.E : Résultats d'analyse du plomb sur les ouvrages de Niamey entre 2012 et 2017

Numéro et Nom du site	Coordonnées décimales		Type d'ouvrage	Concentrations en plomb (mg/l)										
	Longitude	Latitude		déc-12	mars-13	juin-13	août-13	déc-14	mars-14	juil-14	sept-14	déc-14	avr-17	
3_Bougoum	1,985	13,432722	Puits											-0,02
3.1_Tondidia Peul	2,025833	13,576167	Puits	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02			-0,02	-0,02
4_Yawaré	2,012639	13,468861	Forage											-0,02
6_Losso Goungou	2,041528	13,531944	Puits	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02			-0,02	-0,02
7_Kossey Djerma	2,02339	13,54315	Forage			-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	0,05	-0,02	-0,02	-0,02
8_Gabou Goura	2,0233	13,5534	Forage	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02			-0,02	-0,02
10.2_Goudel Gorou ciment	2,096556	13,604972	Puits	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
13_Kariel	2,014722	13,488056	Puits	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02			-0,02	-0,02
16_Lamorde	2,07764	13,5083	Puits	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
17_Ganguel	2,042139	13,506639	Puits	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02			-0,02	-0,02
19_Timeré	2,136944	13,429833	Puits	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02			-0,02	-0,02
20_Sagua	2,105389	13,464833	Puits	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
21_Saga Gassia 1	2,162472	13,470167	Forage			-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	0,04	-0,02	0,02	-0,02
22_Saga Gassia 2	2,163	13,469444	Puits	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
24_Talladjé	2,15978	13,49059	Forage			-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	0,04	-0,02	-0,02	-0,02
25_Eglise Garbado	2,144583	13,518278	Forage			0,034	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	0,06	-0,02	-0,02	-0,02
26_Saga Gorou	2,211167	13,538833	Puits		-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02			-0,02	-0,02
33_Kouarame	2,11575	13,539083	Forage											-0,02
34_Boukoki Mairie Garage	2,121833	13,53825	Forage				0,023	-0,02	-0,02	-0,02	0,12	-0,02	-0,02	-0,02
40_Gamkalley Sébangué	2,123361	13,497	Forage	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02					-0,02
45_Dan Gao	2,141194	13,529861	Forage			-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02			-0,02	-0,02
48_Kongou Sabon carré	2,185028	13,587083	Puits		-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02			-0,02	-0,02
49_Kongou Mouché Koira 1	2,185028	13,599694	Puits	-0,02										-0,02
50_Kongou Mouché Koira 2	2,1934	13,5997	Forage											-0,02

52_Kongou Gongga	2,236417	13,611639	Puits	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
53_Goudel Tassiba	2,05794	13,5295	Forage										-0,02
65_Saga Gourma	2,1247	13,4473	Forage							-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
70_CSI Gaweye	2,1033	13,485	Forage							-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
72_Kirkissoye Garage	2,0997	13,4791	Forage							-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
101_Pont Kennedy	2,1027	13,5034	EdS	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
102_Pont Chinois	2,1167	13,4918	EdS	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
103_Tondi Koirey	1,9955	13,5805	EdS		-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02			-0,02	-0,02
104_Station Kollo	2,32849	13,29669	EdS		-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02			-0,02	-0,02
105_Mare Kongou	2,17803	13,59252	EdS										-0,02
NB: Valeur limite OMS pour les eaux de consommation = 0,01 mg/l [-0,02 indique la limite de détection de la méthode et de l'appareillage d'analyse au labo]													

Annexe II.F : Résultats d'analyse du cadmium sur les ouvrages de Niamey entre 2012 et 2017

Numéro et Nom du site	Coordonnées décimales		Type d'ouvrage	Concentrations en cadmium (mg/l)									
	Longitude	Latitude		déc-12	mars-13	juin-13	août-13	déc-14	mars-14	juil-14	sept-14	déc-14	avr-17
3_Bougoum	1,985	13,432722	Puits	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002
3.1_Tondidia Peul	2,025833	13,576167	Puits	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002
4_Yawaré	2,012639	13,468861	Forage	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002
6_Losso Goungou	2,041528	13,531944	Puits	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002
7_Kossey Djerma	2,02339	13,54315	Forage	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002
8_Gabou Goura	2,0233	13,5534	Forage	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002
10.2_Goudel Gorou ciment	2,096556	13,604972	Puits	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002
13_Kariel	2,014722	13,488056	Puits	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002
16_Lamorde	2,07764	13,5083	Puits	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002
17_Ganguel	2,042139	13,506639	Puits	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002
19_Timeré	2,136944	13,429833	Puits	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002
20_Sagua	2,105389	13,464833	Puits	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002
21_Saga Gassia 1	2,162472	13,470167	Forage	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002
22_Saga Gassia 2	2,163	13,469444	Puits	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002
24_Talladjé	2,15978	13,49059	Forage	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002
25_Eglise Garbado	2,144583	13,518278	Forage	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002
26_Saga Gorou	2,211167	13,538833	Puits	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002
33_Kouarame	2,11575	13,539083	Forage	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002
34_Boukoki Mairie Garage	2,121833	13,53825	Forage	-0,002	-0,002	-0,002	0,006	-0,002	0,005	0,002	0,003	0,003	-0,002
40_Gamkalley Sebangue	2,123361	13,497	Forage	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002
45_Dan Gao	2,141194	13,529861	Forage	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002
48_Kongou Sabon carré	2,185028	13,587083	Puits	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002
49_Kongou Mouché Koira 1	2,185028	13,599694	Puits	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002
50_Kongou Mouché Koira 2	2,1934	13,5997	Forage										-0,002
52_Kongou Gongga	2,236417	13,611639	Puits	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002
53_Goudel Tassiba	2,05794	13,5295	Forage	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002
65_Saga Gourma	2,1247	13,4473	Forage										-0,002

70_CSI Gaweye	2,1033	13,485	Forage								-0,002	-0,002	-0,002	-0,002
72_Kirkissoye Garage	2,0997	13,4791	Forage								-0,002	-0,002	-0,002	-0,002
101_Pont Kennedy	2,1027	13,5034	EdS	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002
102_Pont Chinois	2,1167	13,4918	EdS	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002
103_Tondi Koirey	1,9955	13,5805	EdS	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002
104_Station Kollo	2,32849	13,29669	EdS	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002
105_Mare Kongou	2,17803	13,59252	EdS											-0,002
NB: Valeur limite OMS pour les eaux de consommation = 0.005 mg/l (Valeur de -0.002 implique que le cadmium est en dessous de la limite de détection)														

Annexe II.G: Résultats d'analyse du fluor sur les ouvrages de Niamey entre 2012 et 2017

Numéro et Nom du site	Coordonnées décimales		Type d'ouvrage	Concentrations en fluor F (mg/l)										
	Longitude	Latitude		déc-12	mars-13	juin-13	août-13	déc-14	mars-14	juil-14	sept-14	déc-14	avr-17	
3_Bougoum	1,985	13,432722	Puits											0,034
3.1_Tondidia Peul	2,025833	13,576167	Puits	0,122	0,113	0,113	0,103	0,101	0,045				0,084	0,102
4_Yawaré	2,012639	13,468861	Forage											0,111
6_Losso Goungou	2,041528	13,531944	Puits	0,302	0,274	0,296	0,268	0,314	0,209				0,289	0,298
7_Kossey Djerma	2,02339	13,54315	Forage			0,891	0,815	0,894	0,678	0,796	0,847	0,823	0,795	
8_Gabou Goura	2,0233	13,5534	Forage	0,355	0,355	0,336	0,317	0,375	0,257			0,355	0,366	
10.2_Goudel Gorou ciment	2,096556	13,604972	Puits	0,128	0,09	0,12	0,112	0,161	0,118	0,129	0,14	0,126	0,135	
13_Kariel	2,014722	13,488056	Puits	0,507	0,474	0,51	0,457	0,495	0,344			0,466	0,445	
16_Lamorde	2,07764	13,5083	Puits	0,401	0,48	0,449	0,397	0,503	0,348	0,368	0,363	0,445	0,598	
17_Ganguel	2,042139	13,506639	Puits	0,417	0,387	0,434	0,39	0,42	0,286			0,402	0,411	
19_Timeré	2,136944	13,429833	Puits	0,064	0,036	0,041	0,041	0,067	0,01			0,029	0,03	
20_Sagua	2,105389	13,464833	Puits	0,23	0,215	0,231	0,219	0,232	0,136	0,233	0,208	0,217	0,218	
21_Saga Gassia 1	2,162472	13,470167	Forage			0,495	0,45	0,509	0,362	0,509	0,488	0,492	0,485	
22_Saga Gassia 2	2,163	13,469444	Puits	0,185	0,189	0,259	0,19	0,162	0,077	0,189	0,156	0,141	0,161	
24_Talladjé	2,15978	13,49059	Forage			0,286	0,199	0,193	0,099	0,18	0,171	0,175	0,188	
25_Eglise Garbado	2,144583	13,518278	Forage			0,235	0,202	0,221	0,126	0,203	0,179	0,191	0,201	
26_Saga Gorou	2,211167	13,538833	Puits		0,053	0,05	0,063	0,04	0,019			0,207	0,345	
33_Kouarame	2,11575	13,539083	Forage	0,24	0,228	0,251	0,221	0,246	0,144	0,248	0,217	0,223	0,238	
34_Boukoki Mairie Garage	2,121833	13,53825	Forage				0,174	0,11	0,043	0,101	0,061	0,08	0,09	
40_Gamkalley Sebangue	2,123361	13,497	Forage	0,19	0,182	0,186	0,162	0,192					0,188	
45_Dan Gao	2,141194	13,529861	Forage			0,226	0,203	0,22	0,121			0,192	0,21	
48_Kongou Sabon carré	2,185028	13,587083	Puits		0,027	0,03	0,04	0,025	0,011			0,03	0,022	
49_Kongou Mouché Koira 1	2,185028	13,599694	Puits	0,041									0,023	
50_Kongou Mouché Koira 2	2,1934	13,5997	Forage											
52_Kongou Gongga	2,236417	13,611639	Puits	0,039	0,035	0,04	0,046	0,035	0,012	0,113	0,034	0,034	0,039	
53_Goudel Tassiba	2,05794	13,5295	Forage			0,193	0,166	0,175	0,106			0,17	0,173	
65_Saga Gourma	2,1247	13,4473	Forage										0,038	

70_CSI Gaweye	2,1033	13,485	Forage							0,049	0,104	0,197	0,28
72_Kirkissoye Garage	2,0997	13,4791	Forage							0,477	0,473	0,46	0,505
101_Pont Kennedy	2,1027	13,5034	EdS	0,07	0,079	0,157	0,125	0,053	0,04	0,134	0,111	0,06	0,104
102_Pont Chinois	2,1167	13,4918	EdS	0,07	0,078	0,154	0,124	0,031	0,042	0,135	0,111	0,058	0,105
103_Tondi Koirey	1,9955	13,5805	EdS		0,08	0,159	0,16	0,066	0,037			0,059	0,109
104_Station Kollo	2,32849	13,29669	EdS		0,084	0,161	0,147	0,063	0,036			0,06	0,115
105_Mare Kongou	2,17803	13,59252	EdS										0,189
NB: Valeur limite OMS pour les eaux de consommation = 1.5 mg/l													

Annexe II.H: Résultats d'analyse du baryum sur les ouvrages de Niamey entre 2012 et 2017

Numéro et Nom du site	Coordonnées décimales		Type d'ouvrage	Concentrations en fluor F (mg/l)									
	Longitude	Latitude		déc-12	mars-13	juin-13	août-13	déc-14	mars-14	juil-14	sept-14	déc-14	avr-17
3_Bougoum	1,985	13,432722	Puits										0,203
3.1_Tondidia Peul	2,025833	13,576167	Puits	0,042	0,043	0,042	0,04	0,034	0,035			0,035	0,039
4_Yawaré	2,012639	13,468861	Forage										0,02
6_Losso Goungou	2,041528	13,531944	Puits	0,007	0,006	0,007	0,011	0,007	0,012			0,012	0,015
7_Kossey Djerma	2,02339	13,54315	Forage			0,01	0,016	0,029	0,021	0,024	0,025	0,021	0,02
8_Gabou Goura	2,0233	13,5534	Forage	0,004	0,003	0,007	0,007	0,006	0,012			0,006	0,007
10.2_Goudel Gorou cimenté	2,096556	13,604972	Puits	0,173	0,056	0,097	0,111	0,071	0,036	0,036	0,032	0,033	0,071
13_Kariel	2,014722	13,488056	Puits	0,005	0,005	0,004	0,008	0,012	0,008			0,009	0,009
16_Lamorde	2,07764	13,5083	Puits	0,246	0,168	0,167	0,179	0,237	0,203	0,123	0,158	0,234	0,287
17_Ganguel	2,042139	13,506639	Puits	0,032	0,029	0,026	0,028	0,027	0,029			0,029	0,029
19_Timeré	2,136944	13,429833	Puits	0,031	0,028	0,035	0,03	0,03	0,035			0,027	0,045
20_Sagua	2,105389	13,464833	Puits	0,008	0,007	0,008	0,016	0,008	0,01	0,012	0,01	0,011	0,01
21_Saga Gassia 1	2,162472	13,470167	Forage			0,035	0,031	0,035	0,028	0,031	0,035	0,035	0,04
22_Saga Gassia 2	2,163	13,469444	Puits	0,027	0,026	0,032	0,028	0,029	0,022	0,027	0,025	0,023	0,021
24_Talladjé	2,15978	13,49059	Forage			0,01	0,021	0,017	0,017	0,013	0,014	0,014	0,022
25_Eglise Garbado	2,144583	13,518278	Forage			0,076	0,074	0,101	0,088	0,098	0,093	0,086	0,065
26_Saga Gorou	2,211167	13,538833	Puits		0,01	0,011	0,02	0,02	0,009			0,059	0,002
33_Kouarame	2,11575	13,539083	Forage	0,021	0,021	0,02	0,023	0,027	0,024	0,025	0,026	0,025	0,034
34_Boukoki Mairie Garage	2,121833	13,53825	Forage				0,043	0,127	0,075	0,121	0,06	0,079	0,122
40_Gamkalley Sébangué	2,123361	13,497	Forage	0,001	0,001	0,003	0,006	0,004					0,003
45_Dan Gao	2,141194	13,529861	Forage			0,007	0,009	0,015	0,018			0,016	0,018
48_Kongou Sabon carré	2,185028	13,587083	Puits		0,116	0,101	0,132	0,101	0,101			0,103	0,095
49_Kongou Mouché Koira 1	2,185028	13,599694	Puits	0,049									0,059
50_Kongou Mouché Koira 2	2,1934	13,5997	Forage										
52_Kongou Gongga	2,236417	13,611639	Puits	0,064	0,065	0,062	0,062	0,069	0,062	0,065	0,063	0,064	0,057

53_Goudel Tassiba	2,05794	13,5295	Forage			0,005	0,005	0,005	0,006			0,035	0,013
65_Saga Gourma	2,1247	13,4473	Forage							0,004	0,006	0,003	0,012
70_CSI Gaweye	2,1033	13,485	Forage							0,016	0,01	0,008	0,004
72_Kirkissoye Garage	2,0997	13,4791	Forage							0,003	0,003	0,002	0,001
101_Pont Kennedy	2,1027	13,5034	EdS	0,039	0,047	0,049	0,032	0,046	0,046	0,046	0,043	0,041	0,042
102_Pont Chinois	2,1167	13,4918	EdS	0,041	0,047	0,05	0,032	0,044	0,049	0,031	0,043	0,044	0,049
103_Tondi Koirey	1,9955	13,5805	EdS		0,046	0,046	0,034	0,044	0,051			0,044	0,038
104_Station Kollo	2,32849	13,29669	EdS		0,046	0,057	0,029	0,043	0,049			0,045	0,051
105_Mare Kongou	2,17803	13,59252	EdS										0,022
NB: Valeur limite OMS pour les eaux de consommation = 0,7 mg/l													

Annexe II.I: Résultats d'analyse du chrome sur les ouvrages de Niamey entre 2012 et 2017

Numéro et Nom du site	Coordonnées décimales		Type d'ouvrage	Concentrations en chrome (mg/l)										
	Longitude	Latitude		déc-12	mars-13	juin-13	août-13	déc-14	mars-14	juil-14	sept-14	déc-14	avr-17	
3_Bougoum	1,985	13,432722	Puits											-0,02
3.1_Tondidia Peul	2,025833	13,576167	Puits	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02				-0,02	-0,02
4_Yawaré	2,012639	13,468861	Forage											-0,02
6_Losso Goungou	2,041528	13,531944	Puits	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02				-0,02	-0,02
7_Kossey Djerma	2,02339	13,54315	Forage			-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
8_Gabou Goura	2,0233	13,5534	Forage	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02				-0,02	-0,02
10.2_Goudel Gorou cimenté	2,096556	13,604972	Puits	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
13_Kariel	2,014722	13,488056	Puits	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02				-0,02	-0,02
16_Lamorde	2,07764	13,5083	Puits	0,03	0,02	-0,02	-0,02	-0,02	0,05	0,02	0,04	0,15		-0,02
17_Ganguel	2,042139	13,506639	Puits	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02				-0,02	-0,02
19_Timeré	2,136944	13,429833	Puits	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02				-0,02	-0,02
20_Sagua	2,105389	13,464833	Puits	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
21_Saga Gassia 1	2,162472	13,470167	Forage			-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
22_Saga Gassia 2	2,163	13,469444	Puits	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
24_Talladjé	2,15978	13,49059	Forage			0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
25_Eglise Garbado	2,144583	13,518278	Forage			-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
26_Saga Gorou	2,211167	13,538833	Puits		-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02				-0,02	-0,02
33_Kouarame	2,11575	13,539083	Forage											-0,02
34_Boukoki Mairie Garage	2,121833	13,53825	Forage				-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
40_Gamkalley Sebangue	2,123361	13,497	Forage	-0,02	0,02	-0,02	-0,02	-0,02						-0,02
45_Dan Gao	2,141194	13,529861	Forage			-0,02	-0,02	-0,02	-0,02				-0,02	-0,02
48_Kongou Sabon carré	2,185028	13,587083	Puits		-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02				-0,02	-0,02
49_Kongou Mouché Koira 1	2,185028	13,599694	Puits	-0,02										-0,02
50_Kongou Mouché Koira 2	2,1934	13,5997	Forage											-0,02
52_Kongou Gongga	2,236417	13,611639	Puits	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02

53_Goudel Tassiba	2,05794	13,5295	Forage										-0,02
65_Saga Gourma	2,1247	13,4473	Forage							-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
70_CSI Gaweye	2,1033	13,485	Forage							-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
72_Kirkissoye Garage	2,0997	13,4791	Forage							-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
101_Pont Kennedy	2,1027	13,5034	EdS	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
102_Pont Chinois	2,1167	13,4918	EdS	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
103_Tondi Koirey	1,9955	13,5805	EdS		-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02			-0,02	-0,02
104_Station Kollo	2,32849	13,29669	EdS		-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02			-0,02	-0,02
105_Mare Kongou	2,17803	13,59252	EdS										-0,02
NB: Valeur limite OMS pour les eaux de consommation = 0,05 mg/l													

Annexe II.J: Résultats d'analyse des borates sur les ouvrages de Niamey entre 2012 et 2017

Numéro et Nom du site	Longitude	Latitude	Aquifère	Type d'ouvrage	Concentrations en borates BO ₂ (mg/l)										
					déc-12	mars-13	juin-13	août-13	déc-13	mars-14	juil-14	sept-14	déc-14	avr-17	
3_Bougoum	1.9850	13.4327	CT	Puits											-0.010
3.1_Tondidia Peul	2.0258	13.5762	CT	Puits	0.07	0.02	-0.01	-0.01	-0.01	0.01				-0.01	-0.010
4_Yawaré	2.0126	13.4689	CT	Forage											-0.010
6_Losso Goungou	2.0415	13.5319	Alluvial	Puits	0.11	0.08	0.07	0.08	0.03	0.06				0.02	-0.010
7_Kossey Dgerma	2.0234	13.5432	Socle	Forage			0.14	0.11	0.07	0.08	0.04	0.04		0.04	0.020
8_Gabou Goura	2.0233	13.5534	Socle	Forage	0.85	0.84	0.81	0.85	0.73	0.76				0.75	0.71
10.2_Goudel Gourou ciment	2.0966	13.6050	CT	Puits	0.07	0.01	-0.01	0.01	-0.01	0.01	-0.01	-0.01		-0.01	-0.01
13_Kariel	2.0147	13.4881	CT	Puits	0.06	0.02	-0.01	-0.01	-0.01	0.01				-0.01	-0.01
16_Lamorde	2.0776	13.5083	Alluvial	Puits	0.13	0.13	0.11	0.10	0.08	0.10	0.06	0.07		0.06	0.07
17_Ganguel	2.0421	13.5066	Alluvial	Puits	0.09	0.03	0.01	0.02	-0.01	0.03				-0.01	-0.01
19_Timeré	2.1369	13.4298	CT	Puits	-0.01			0.05	0.02	0.02	0.02	0.04		0.09	-0.01
20_Sagua	2.1054	13.4648	Alluvial	Puits	-0.01	-0.01	-0.01	0.03	-0.01	0.01	0.01	0.03		0.08	-0.01
21_Saga Gassia 1	2.1625	13.4702	Socle	Forage	-0.01	-0.01	-0.01	0.05	0.03	-0.01	0.05				-0.01
22_Saga Gassia 2	2.1630	13.4694	CT	Puits	-0.01	-0.01	-0.01	0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.02		0.07	-0.01
24_Talladjé	2.1598	13.4906	Socle	Forage	-0.01	-0.01	-0.01	0.02	-0.01	0.09	0.18				-0.01
25_Eglise Garbado	2.1446	13.5183	Socle	Forage			0.05	0.05	0.03	0.05	0.02	0.02		0.02	-0.01
26_Saga Gorou	2.2112	13.5388	CT	Puits		0.01	-0.01	0.01	-0.01	-0.01				0.03	-0.01
33_Kouarame	2.1158	13.5391	Socle	Forage	0.11	0.05	0.03	0.03	0.01	0.04	-0.01	-0.01		-0.01	-0.01
34_Boukoki Mairie Garage	2.1218	13.5383	Socle	Forage			0.02	0.02	-0.01	0.03	-0.01	-0.01		-0.01	-0.01
46_Gamkalley Sebangue	2.1234	13.4970	Socle	Forage	0.08	0.04	0.01	0.01	-0.01	0.03					-0.01
45_Dan Gao	2.1412	13.5299	Socle	Forage			0.02	0.04	0.01	0.04				-0.01	-0.01
48_Kongou Sabon carré	2.1850	13.5871	CT	Puits		0.02	-0.01	-0.01	-0.01	0.01				-0.01	-0.01
49_Kongou Mouché Koira 1	2.18503	13.59969	CT	Puits	0.070										-0.010
50_Kongou Mouché Koira 2	2.19340	13.59970	CT	Forage											-0.01
52_Kongou Gonga	2.2364	13.6116	CT	Puits	0.06	0.02	-0.01	-0.01	-0.01	0.01	-0.01	-0.01		-0.01	-0.01
53_Goudel Tassiba	2.05794	13.52950	Socle	Forage			0.06	0.010	-0.01	0.02				-0.01	-0.01
65_Saga Gourma	2.1247	13.4473	Socle	Forage							-0.01	-0.01		-0.01	-0.01
70_CSI Gaweye	2.1033	13.4850	Socle	Forage							0.04	0.04		0.04	0.02
72_Kirkissoye Garage	2.0997	13.4791	Socle	Forage							0.01	0.01		0.01	-0.01
101_Pont Kennedy	2.1027	13.5034	EdS	EdS	-0.003	0.012	0.008	-0.003	-0.003	-0.003	0.009	0.003		-0.003	0.003
102_Pont Chinois	2.1167	13.4918	EdS	EdS	0.074	-0.003	0.008	0.003	-0.003	-0.003	0.007	0.003		-0.003	0.003
103_Tondi Koirey	1.9955	13.5805	EdS	EdS		-0.003	0.008	-0.003	0.004	-0.003				-0.003	0.003
104_Station Kollo	2.32849	13.29669	EdS	EdS		-0.003	0.009	-0.003	-0.003	-0.003				-0.003	-0.003
105_Mare Kongou	2.17803	13.59252	EdS	EdS											0.014

La valeur négative implique un résultat nul et la limite de détection de l'appareillage et de la méthode d'analyse du laboratoire

Annexe II.K: Résultats d'analyse de l'aluminium sur les ouvrages de Niamey entre 2012 et 2017

Numéro et Nom du site	Longitude	Latitude	Aquifere	Type d'ouvrage	Concentrations en aluminium Al (mg/l)										
					déc-12	mars-13	juin-13	août-13	déc-13	mars-14	juil-14	sept-14	déc-14	avr-17	
3_Bougoum	1.9850	13.4327	CT	Puits											0.014
3.1_Tondidia Peul	2.0258	13.5762	CT	Puits	0.022	0.025	0.048	0.034	0.011	0.022				0.014	0.013
4_Yawaré	2.0126	13.4689	CT	Forage											0.008
6_Losso Gougou	2.0415	13.5319	Alluvial	Puits	0.063	0.003	0.015	0.043	0.003	0.009				0.007	0.008
7_Kossey Dgerma	2.0234	13.5432	Socle	Forage			0.026	0.037	0.004	0.007	0.006	0.004	0.016	0.008	
8_Gabou Goura	2.0233	13.5534	Socle	Forage	0.025	-0.003	0.006	0.011	0.003	0.004			0.008	0.009	
10.2_Goudel Gourou ciment	2.0966	13.6050	CT	Puits	0.022	0.016	0.049	0.146	0.011	0.036	0.027	0.035	0.038	0.019	
13_Kariel	2.0147	13.4881	CT	Puits	0.016	0.025	0.026	0.094	0.038	0.046			0.032	0.015	
16_Lamorde	2.0776	13.5083	Alluvial	Puits	0.009	0.013	0.016	0.113	0.012	0.006	0.01	0.005	0.006	0.009	
17_Ganguel	2.0421	13.5066	Alluvial	Puits	0.02	0.026	0.029	0.103	0.013	0.035			0.017	0.012	
19_Timeré	2.1369	13.4298	CT	Puits	0.032	0.035	0.072	0.064	0.042	0.172			0.05	0.01	
20_Saguia	2.1054	13.4648	Alluvial	Puits	0.019	0.02	0.042	0.109	0.012	0.012	0.015	0.008	0.017	0.012	
21_Saga Gassia 1	2.1625	13.4702	Socle	Forage			0.015	0.118	-0.003	0.013	0.003	0.004	0.016	0.023	
22_Saga Gassia 2	2.1630	13.4694	CT	Puits	0.024	0.037	0.048	0.089	0.041	0.022	0.022	0.012	0.029	0.016	
24_Talladjé	2.1598	13.4906	Socle	Forage			0.017	0.081	0.006	0.007	0.003	0.003	0.011	0.014	
25_Eglise Garbado	2.1446	13.5183	Socle	Forage			0.023	0.079	0.028	0.007	0.008	0.006	0.009	0.013	
26_Saga Gorou	2.2112	13.5388	CT	Puits		0.029	0.042	0.105	0.031	0.014			0.019	0.019	
33_Kouarame	2.1158	13.5391	Socle	Forage	0.012	0.004	0.008	0.053	-0.003	0.004	-0.003	0.003	0.012	0.005	
34_Boukoki Mairie Garage	2.1218	13.5383	Socle	Forage			0.097	0.097	0.008	0.004	-0.003	0.005	0.01	0.007	
46_Gamkalley Sebangue	2.1234	13.4970	Socle	Forage	0.016	0.011	0.013	0.013	0.012	0.009				0.014	
45_Dan Gao	2.1412	13.5299	Socle	Forage			0.028	0.06	0.012	0.005			0.006	0.009	
48_Kongou Sabon carré	2.1850	13.5871	CT	Puits		0.017	0.047	0.108	0.019	0.055			0.015	0.016	
49_Kongou Mouché Koira 1	2.18503	13.59969	CT	Puits	0.022									0.025	
50_Kongou Mouché Koira 2	2.19340	13.59970	CT	Forage										0.015	
52_Kongou Gongga	2.2364	13.6116	CT	Puits	0.017	0.023	0.051	0.078	0.022	0.037	0.015	0.01	0.018	0.014	
53_Goudel Tassiba	2.05794	13.52950	Socle	Forage			0.014	0.012	0.003	0.006			0.014	0.009	
65_Saga Gourma	2.1247	13.4473	Socle	Forage							0.005	0.004	0.005	0.015	
70_CSI Gaweye	2.1033	13.4850	Socle	Forage							-0.003	-0.003	0.003	0.005	
72_Kirkissoye Garage	2.0997	13.4791	Socle	Forage							0.008	0.011	0.006	0.004	
101_Pont Kennedy	2.1027	13.5034	EdS		-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	0.183
102_Pont Chinois	2.1167	13.4918	EdS		0.08	0.048	0.116	0.148	0.047	0.055	0.152	0.202	0.075	0.192	
103_Tondi Koirey	1.9955	13.5805	EdS			0.069	0.063	0.157	0.049	0.06			0.081	0.289	
104_Station Kollo	2.32849	13.29669	EdS			0.087	0.086	0.125	0.056	0.064			0.082	0.137	
105_Mare Kongou	2.17803	13.59252	EdS											0.794	
Valeur limite - Guideline value OMS 2017					0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
NB:					La valeur négative implique un résultat nul et la limite de détection de l'appareillage et de la méthode d'analyse du laboratoire										

Annexe II.L: Résultats d'analyse du cuivre sur les ouvrages de Niamey entre 2012 et 2017

Numéro et Nom du site	Longitude	Latitude	Aquifère	Type d'ouvrage	Concentrations en cuivre Cu (mg/l)										
					déc-12	mars-13	juin-13	août-13	déc-13	mars-14	juil-14	sept-14	déc-14	avr-17	
3_Bougoum	1.9850	13.4327	CT	Puits											-0.003
3.1_Tondidia Peul	2.0258	13.5762	CT	Puits	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	0.004				-0.003	-0.003
4_Yawaré	2.0126	13.4689	CT	Forage											0.029
6_Losso Goungou	2.0415	13.5319	Alluvial	Puits	0.004	-0.003	-0.003	-0.003	0.003	0.004				-0.003	-0.003
7_Kossey Dgerma	2.0234	13.5432	Socle	Forage			-0.003	-0.003	-0.003	0.004	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	0.003
8_Gabou Goura	2.0233	13.5534	Socle	Forage	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	0.004				-0.003	0.005
10.2_Goudel Gourou ciment	2.0966	13.6050	CT	Puits	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003
13_Kariel	2.0147	13.4881	CT	Puits	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	0.003				-0.003	-0.003
16_Lamorde	2.0776	13.5083	Alluvial	Puits	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003
17_Ganguel	2.0421	13.5066	Alluvial	Puits	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	0.003				-0.003	-0.003
19_Timeré	2.1369	13.4298	CT	Puits	0.005			0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003
20_Saguia	2.1054	13.4648	Alluvial	Puits	-0.003	-0.003	-0.003	0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003
21_Saga Gassia 1	2.1625	13.4702	Socle	Forage	0.003	-0.003	-0.003	0.003	-0.003	0.003	-0.003	-0.003			-0.003
22_Saga Gassia 2	2.1630	13.4694	CT	Puits	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003
24_Talladjé	2.1598	13.4906	Socle	Forage	-0.003	-0.003	-0.003	0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003			0.003
25_Eglise Garbado	2.1446	13.5183	Socle	Forage			-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003
26_Saga Gorou	2.2112	13.5388	CT	Puits				0.003	0.008	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003
33_Kouarame	2.1158	13.5391	Socle	Forage	0.008	0.006	0.004	-0.003	0.006	0.008	0.007	0.005	0.005	0.005	0.014
34_Boukoki Mairie Garage	2.1218	13.5383	Socle	Forage			0.003	0.003	0.003	0.006	0.004	0.007	0.007	0.007	0.006
46_Gamkalley Sebangue	2.1234	13.4970	Socle	Forage	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	0.003					-0.003
45_Dan Gao	2.1412	13.5299	Socle	Forage			0.004	0.003	0.006	0.009				0.003	0.005
48_Kongou Sabon carré	2.1850	13.5871	CT	Puits		-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	0.003				-0.003	0.003
49_Kongou Mouché Koira 1	2.18503	13.59969	CT	Puits	-0.003										0.003
50_Kongou Mouché Koira 2	2.19340	13.59970	CT	Forage											0.029
52_Kongou Gonga	2.2364	13.6116	CT	Puits	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003
53_Goudel Tassiba	2.05794	13.52950	Socle	Forage			0.004	-0.003	-0.003	0.004				-0.003	0.004
65_Saga Gourma	2.1247	13.4473	Socle	Forage							-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	0.006
70_CSI Gaweye	2.1033	13.4850	Socle	Forage							0.004	0.003	0.003	0.003	0.006
72_Kirkissoye Garage	2.0997	13.4791	Socle	Forage							-0.003	0.003	-0.003	-0.003	-0.003
101_Pont Kennedy	2.1027	13.5034	EdS												0.004
102_Pont Chinois	2.1167	13.4918	EdS												0.003
103_Tondi Koirey	1.9955	13.5805	EdS												0.003
104_Station Kollo	2.32849	13.29669	EdS												0.003
105_Mare Kongou	2.17803	13.59252	EdS												-0.003
Valeur limite - Guideline value OMS 2017					2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
NB:					La valeur négative implique un résultat nul et la limite de détection de l'appareillage et de la méthode d'analyse du laboratoire										

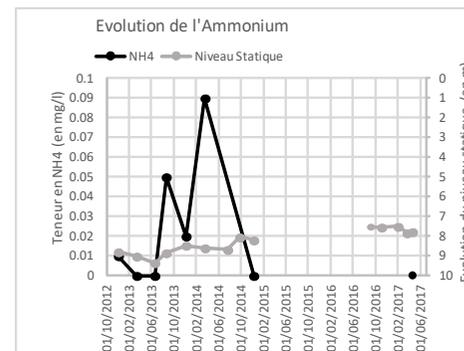
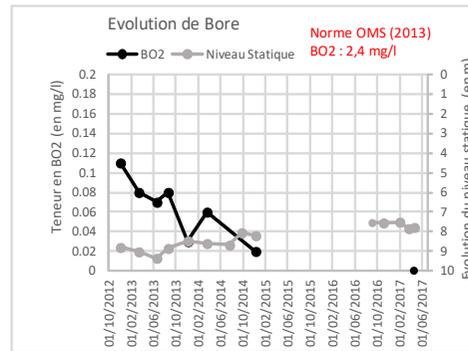
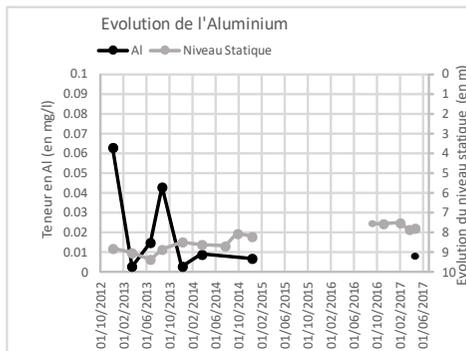
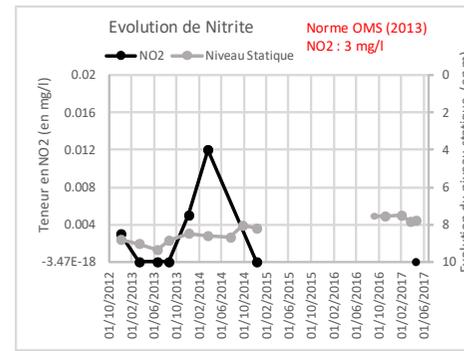
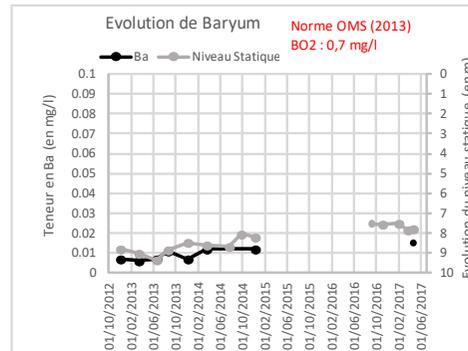
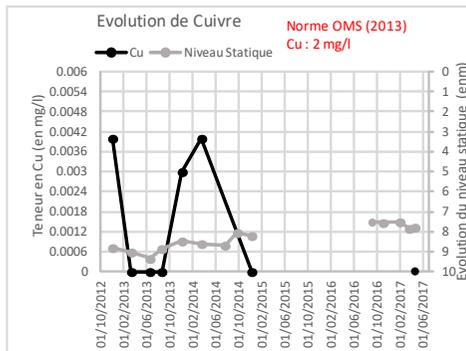
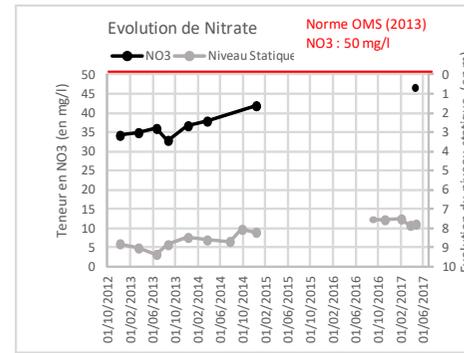
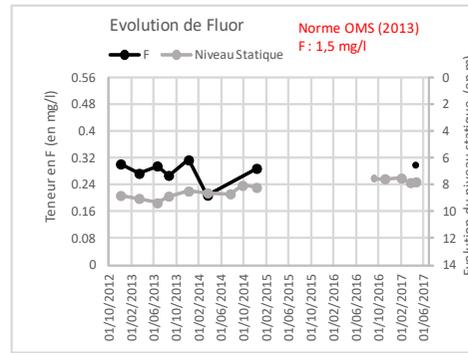
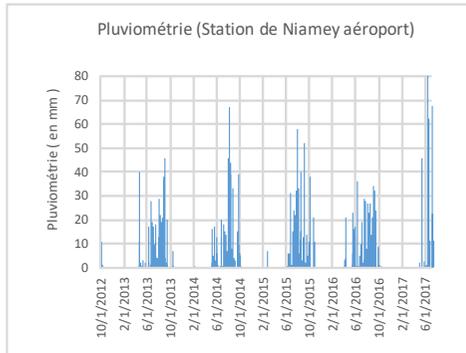
Annexe II.M: Résultats d'analyse du nickel sur les ouvrages de Niamey entre 2012 et 2017

Numéro et Nom du site	Coordonnées décimales		Type d'ouvrage	Concentrations en nickel (mg/l)									
	Longitude	Latitude		déc-12	mars-13	juin-13	août-13	déc-14	mars-14	juil-14	sept-14	déc-14	avr-17
3_Bougoum	1,985	13,432722	Puits										-0,003
3.1_Tondidia Peul	2,025833	13,576167	Puits	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003			-0,003	-0,003
4_Yawaré	2,012639	13,468861	Forage										-0,003
6_Losso Goungou	2,041528	13,531944	Puits	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003			-0,003	-0,003
7_Kossey Djerma	2,02339	13,54315	Forage			-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	0,003	-0,003	-0,003	-0,003
8_Gabou Goura	2,0233	13,5534	Forage	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003			-0,003	-0,003
10.2_Goudel Gorou ciment	2,096556	13,604972	Puits	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003
13_Kariel	2,014722	13,488056	Puits	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003			-0,003	0,005
16_Lamorde	2,07764	13,5083	Puits	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003
17_Ganguel	2,042139	13,506639	Puits	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003			-0,003	-0,003
19_Timeré	2,136944	13,429833	Puits	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003			-0,003	0,003
20_Sagua	2,105389	13,464833	Puits	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003
21_Saga Gassia 1	2,162472	13,470167	Forage			0,006	0,004	-0,003	-0,003	0,005	0,003	-0,003	0,003
22_Saga Gassia 2	2,163	13,469444	Puits	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003
24_Talladjé	2,15978	13,49059	Forage			-0,003	-0,003	0,003	0,003	0,007	0,003	-0,003	0,072
25_Eglise Garbado	2,144583	13,518278	Forage			0,015	0,017	-0,003	-0,003	0,003	-0,003	-0,003	-0,003
26_Saga Gorou	2,211167	13,538833	Puits		-0,003	-0,003	-0,003	0,003	-0,003			-0,003	-0,003
33_Kouarame	2,11575	13,539083	Forage	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003
34_Boukoki Mairie Garage	2,121833	13,53825	Forage				0,004	0,008	0,006	0,018	0,009	0,012	0,01
40_Gamkalley Sebangue	2,123361	13,497	Forage	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003					0,004
45_Dan Gao	2,141194	13,529861	Forage			-0,003	-0,003	-0,003	-0,003			-0,003	-0,003
48_Kongou Sabon carré	2,185028	13,587083	Puits		0,019	0,017	0,011	0,01	0,016			0,01	0,013
49_Kongou Mouché Koira 1	2,185028	13,599694	Puits	-0,003									-0,003
50_Kongou Mouché Koira 2	2,1934	13,5997	Forage										
52_Kongou Gonga	2,236417	13,611639	Puits	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003
53_Goudel Tassiba	2,05794	13,5295	Forage			0,003	-0,003	-0,003	-0,003			-0,003	0,004

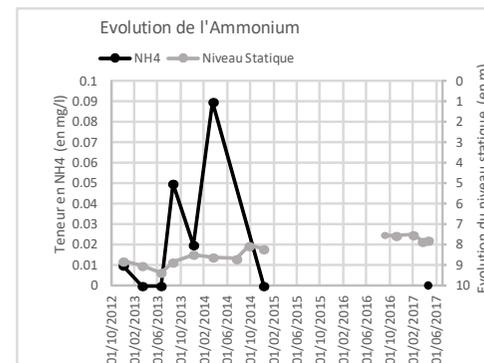
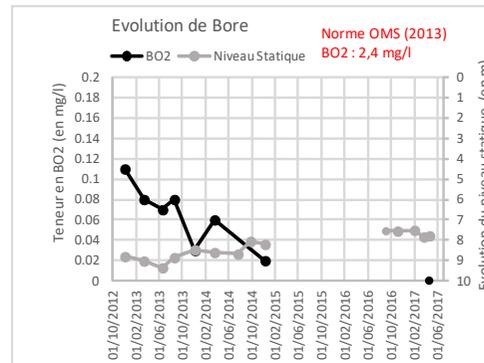
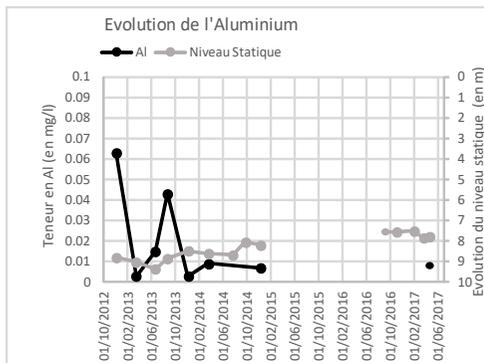
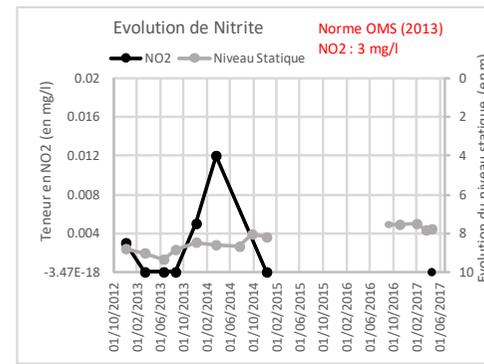
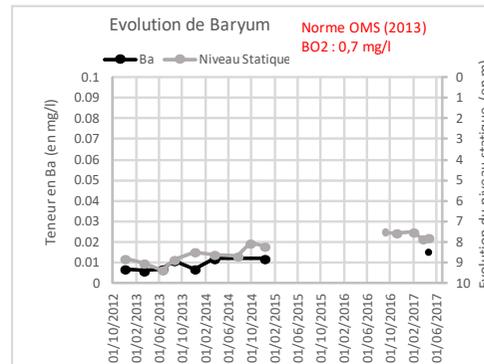
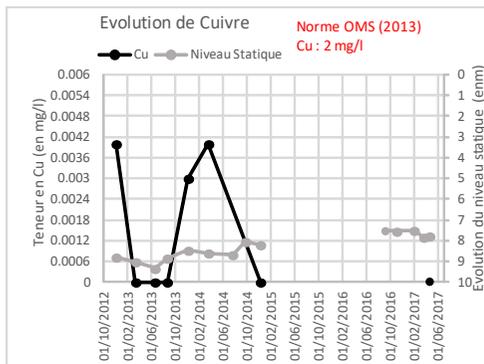
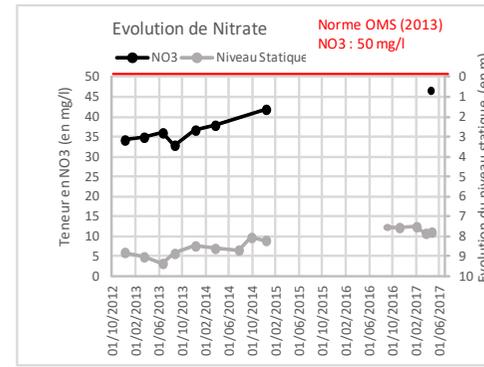
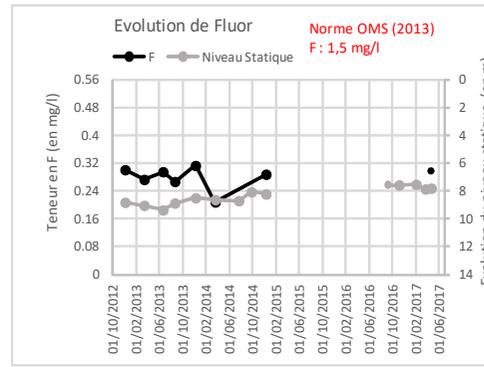
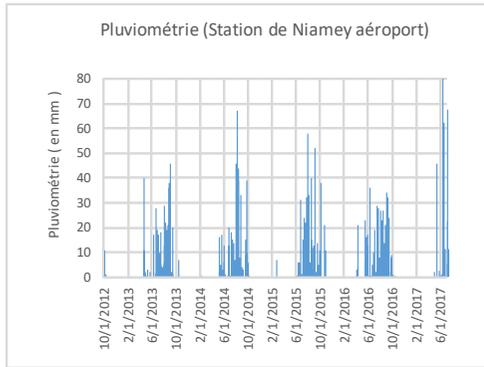
65_Saga Gourma	2,1247	13,4473	Forage											-0,003
70_CSI Gaweye	2,1033	13,485	Forage							0,003	-0,003	0,003	0,003	
72_Kirkissoye Garage	2,0997	13,4791	Forage							-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	
101_Pont Kennedy	2,1027	13,5034	EdS	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003
102_Pont Chinois	2,1167	13,4918	EdS	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003
103_Tondi Koirey	1,9955	13,5805	EdS		-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003				-0,003	-0,003
104_Station Kollo	2,32849	13,29669	EdS		-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003				-0,003	-0,003
105_Mare Kongou	2,17803	13,59252	EdS											-0,003
NB: Valeur limite OMS pour les eaux de consommation = 0.07 mg/l (Valeur de -0.003 implique que le nickel est en dessous de la limite de détection)														

Annexe III : Graphes de suivi de l'évolution des polluants

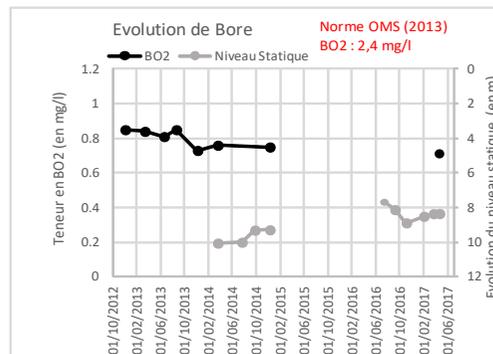
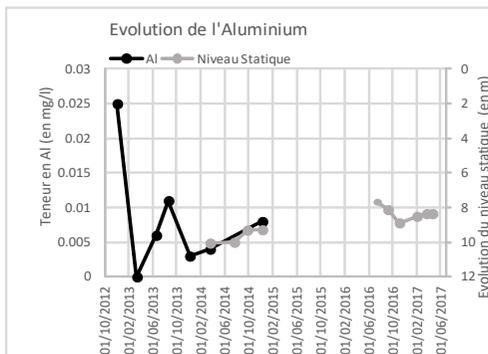
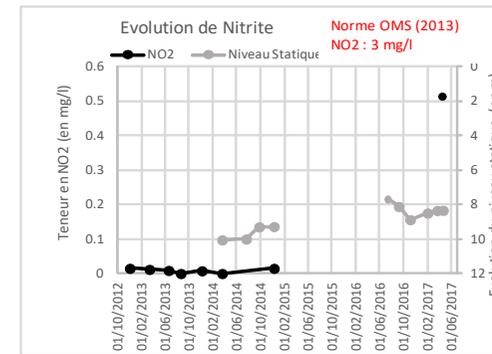
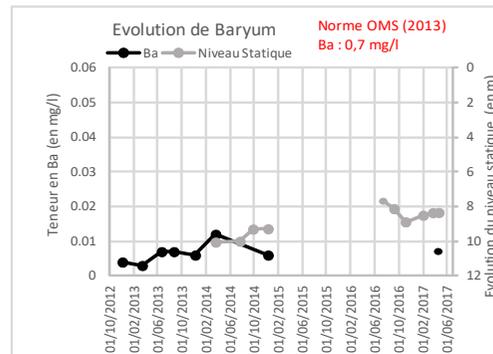
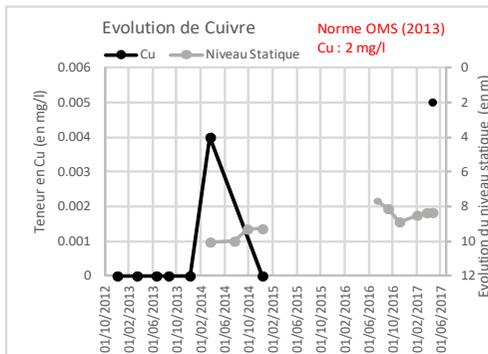
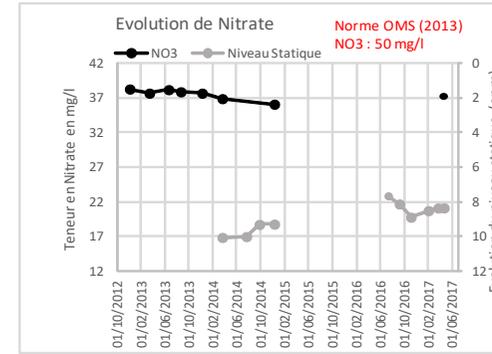
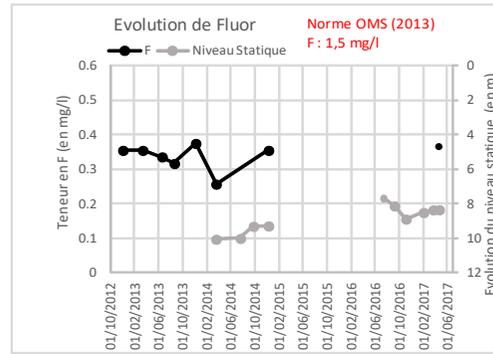
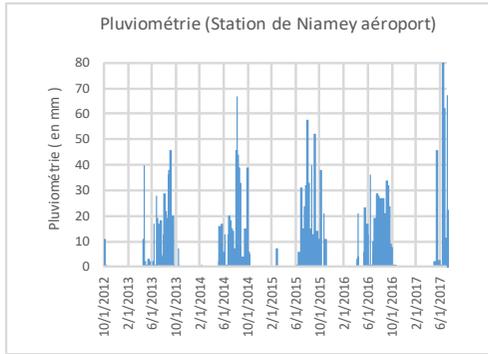
Annexe III.A : 3.1_Tondibia Peulh



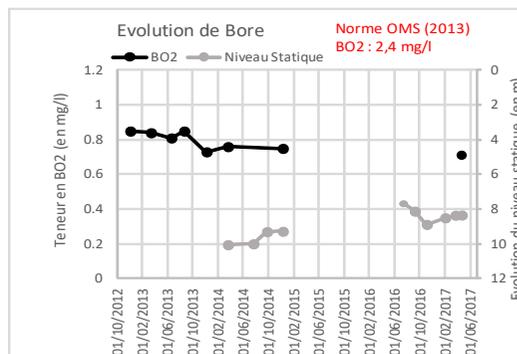
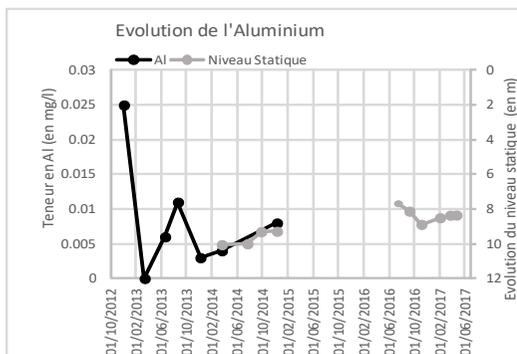
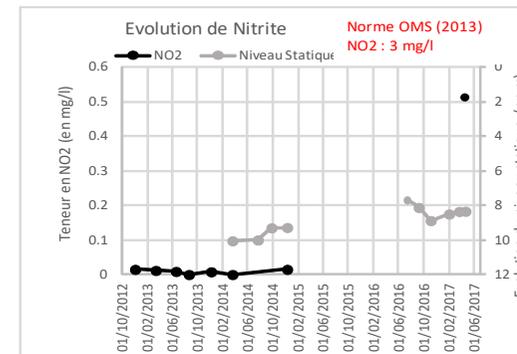
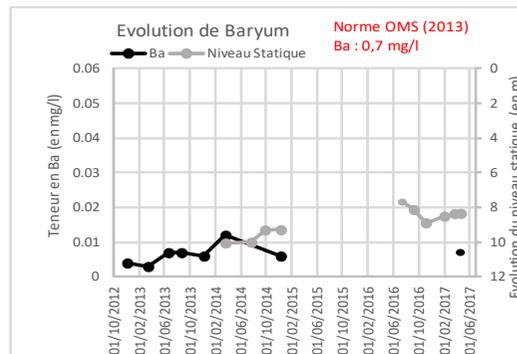
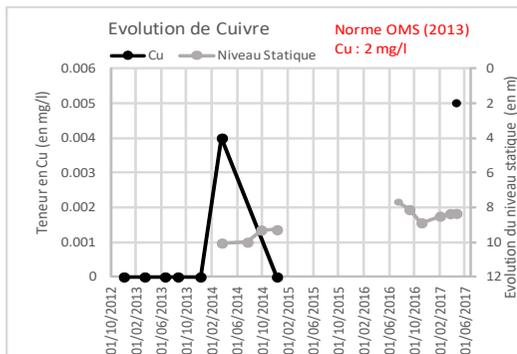
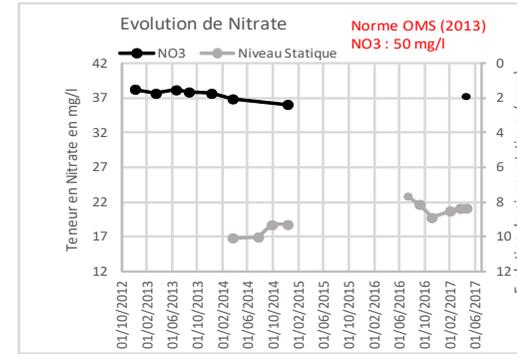
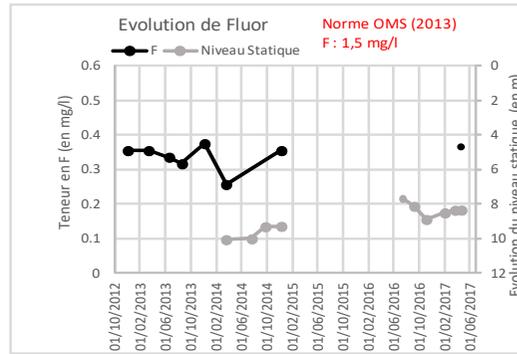
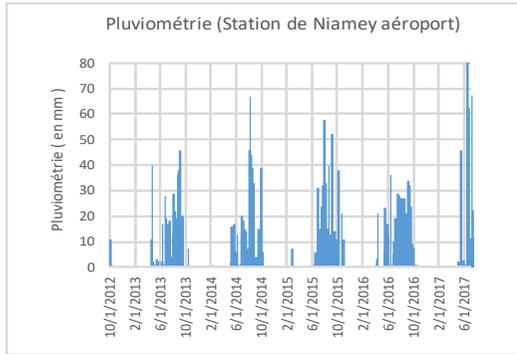
Annexe III.B : 6_Losso Goungou



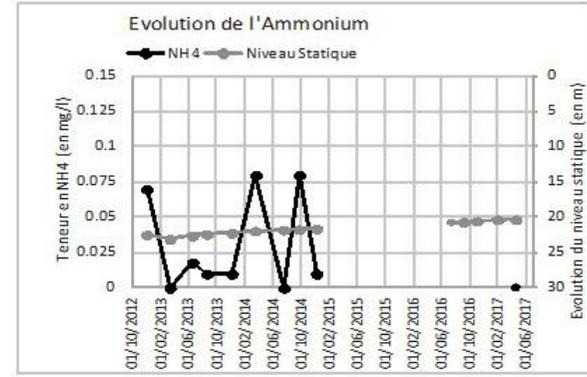
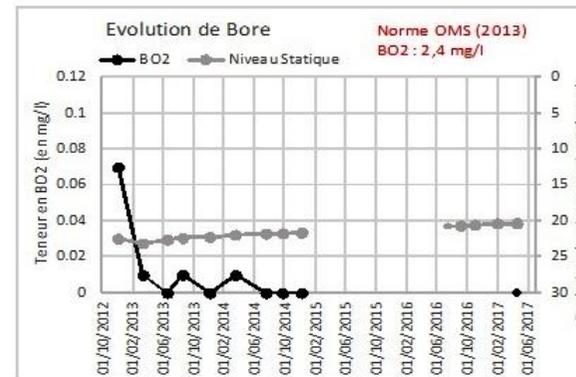
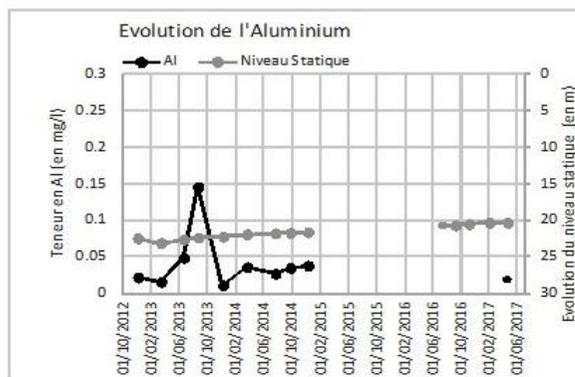
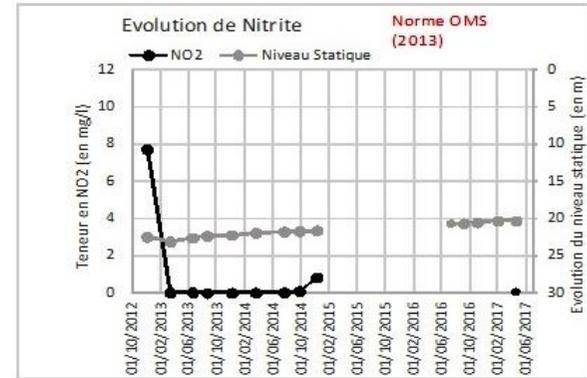
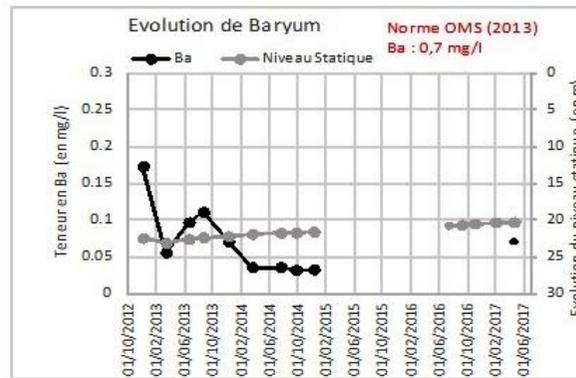
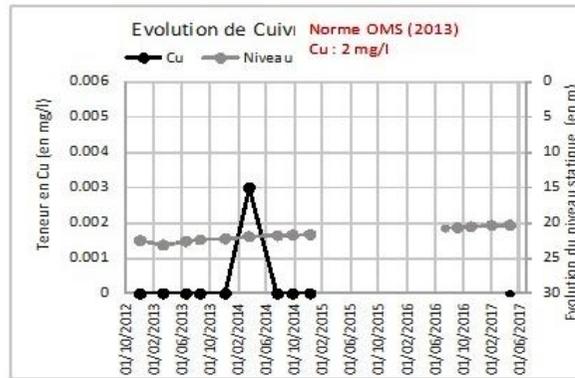
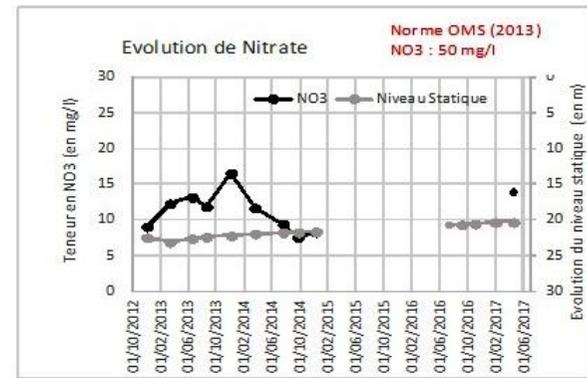
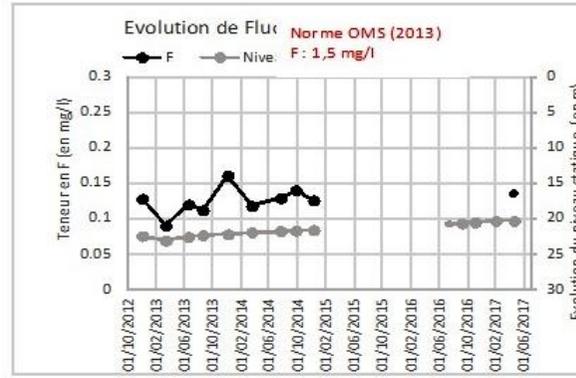
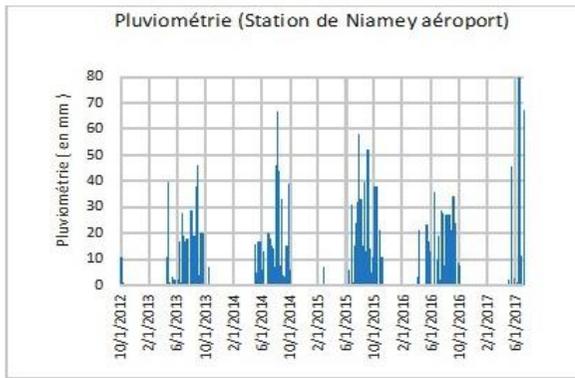
Annexe III.C : 7_Kossey Djerma



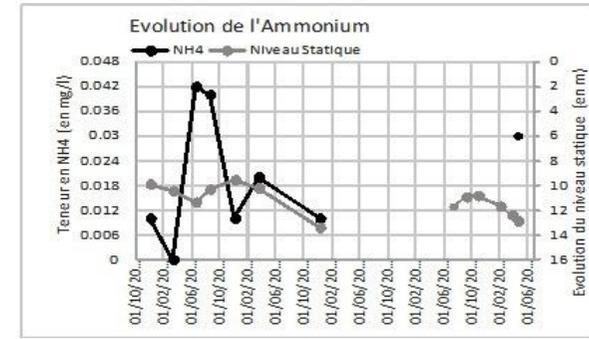
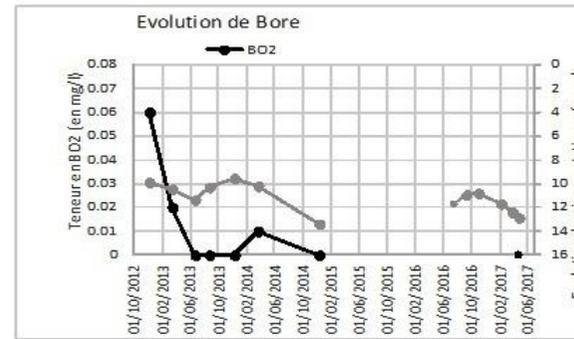
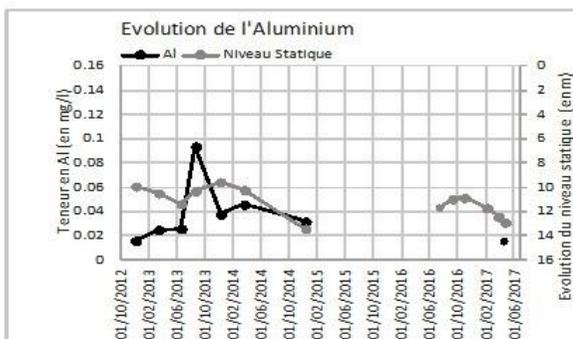
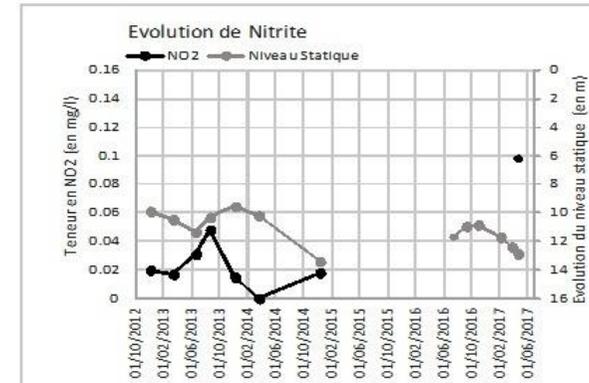
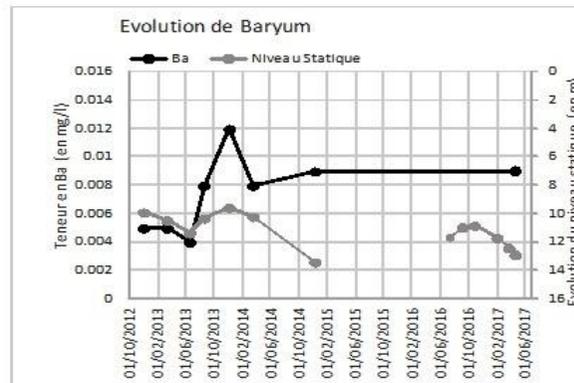
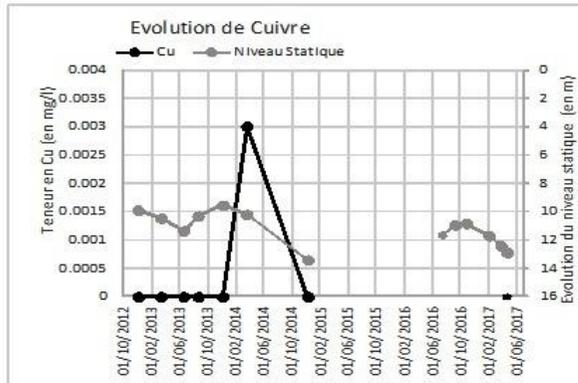
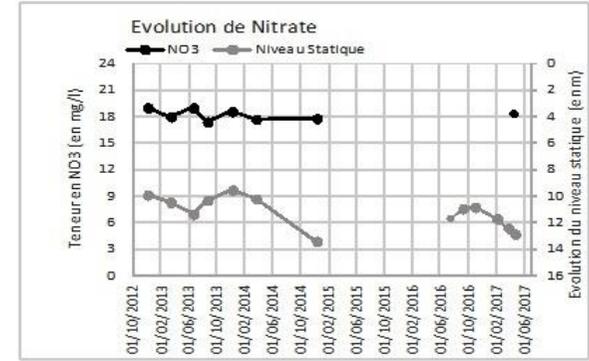
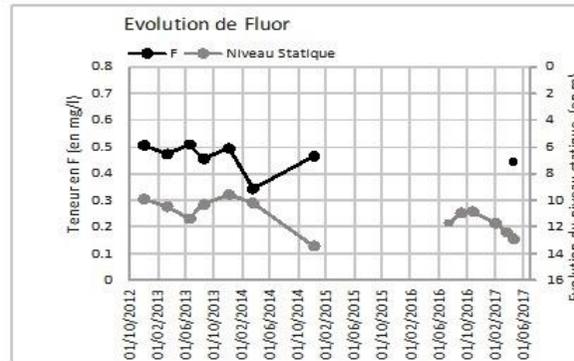
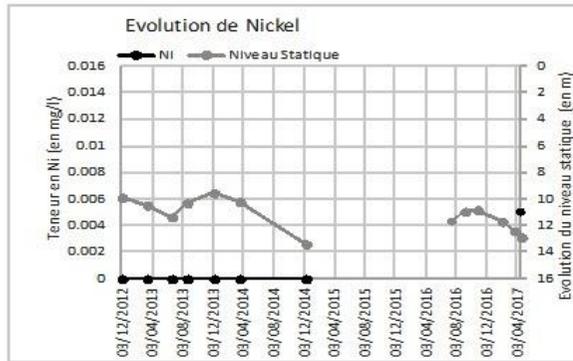
Annexe III.D : 8_Gabou Goura



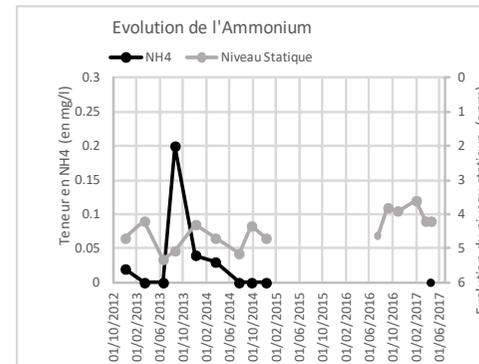
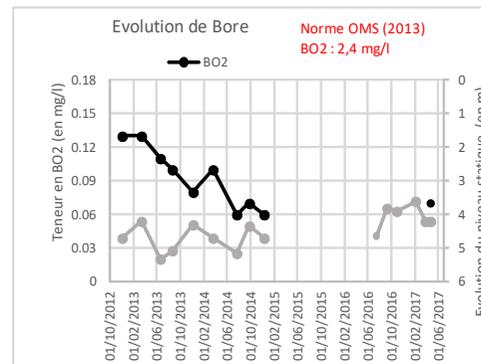
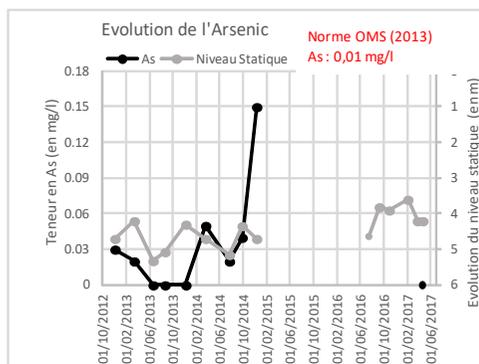
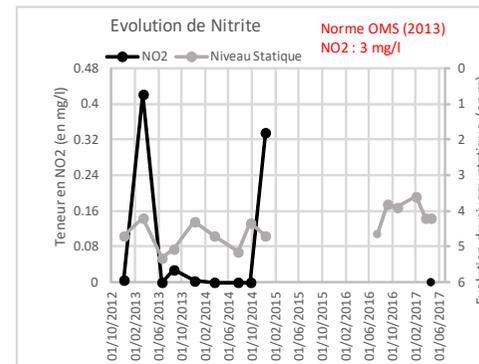
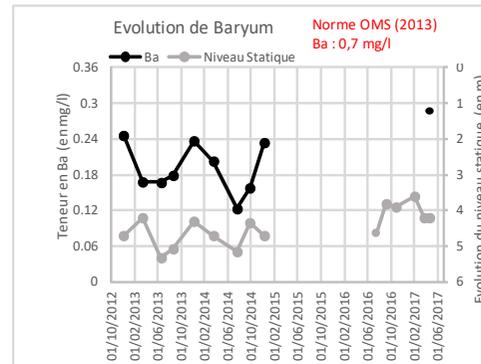
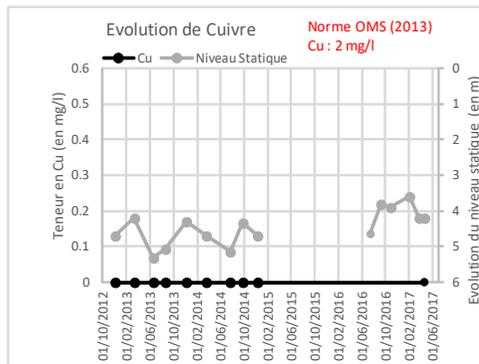
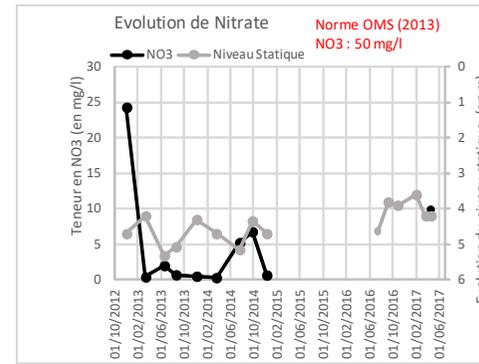
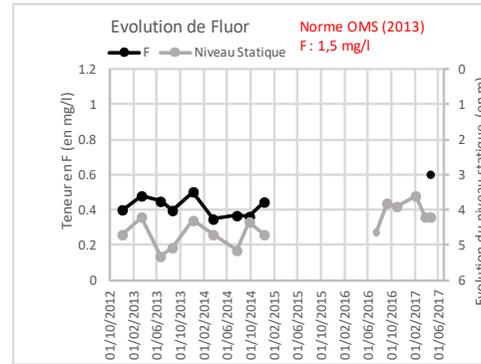
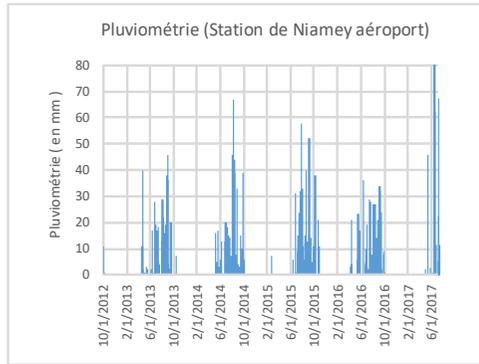
Annexe III.E : 10.2_Goudel Gorou Ciminti



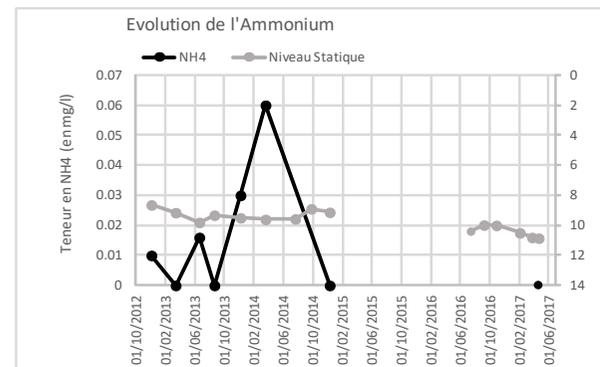
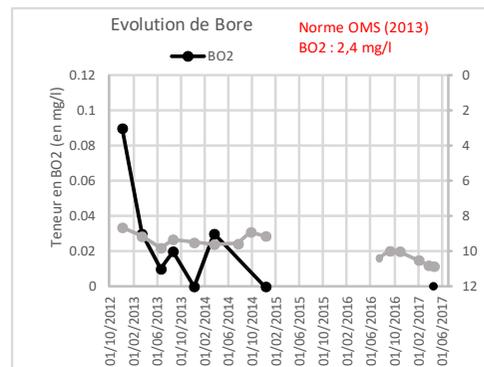
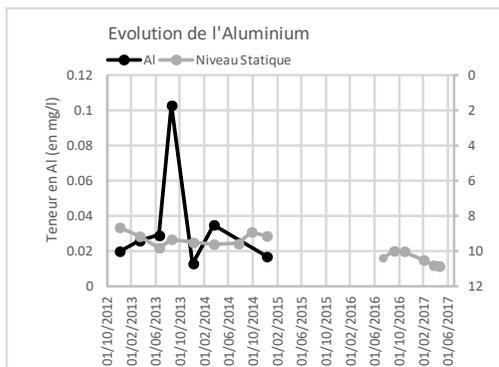
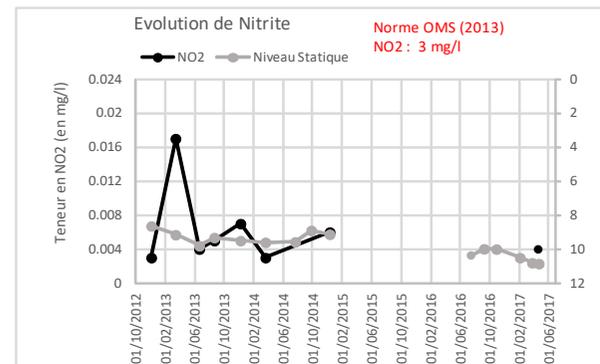
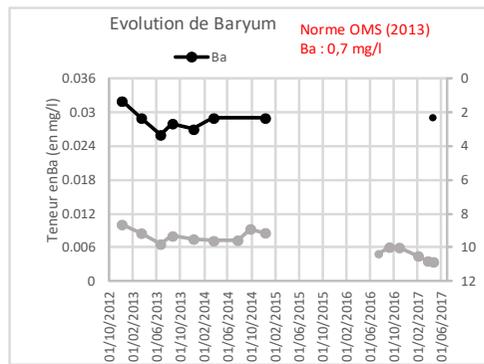
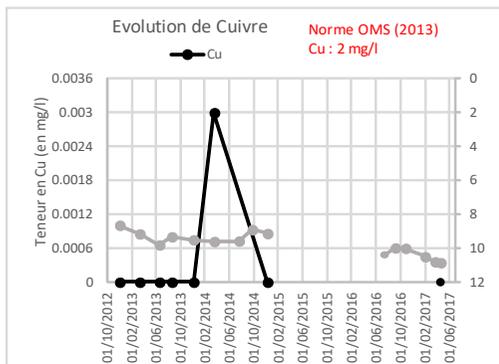
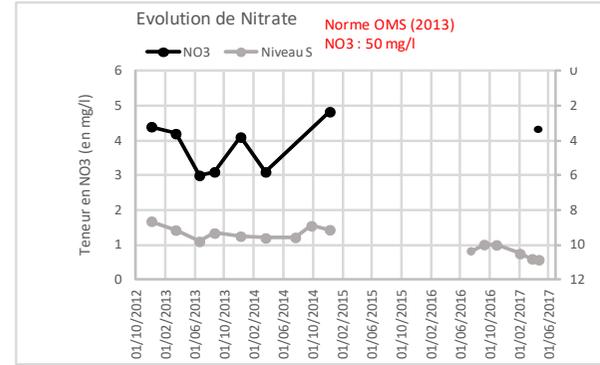
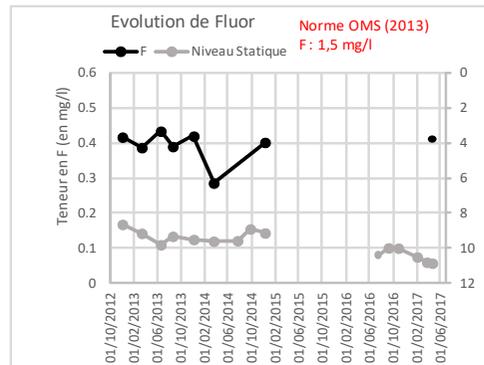
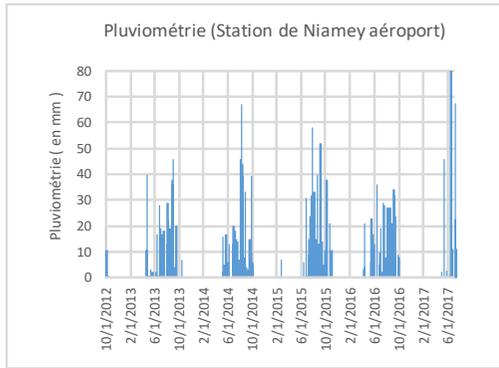
Annexe III.F: 13_Kariel



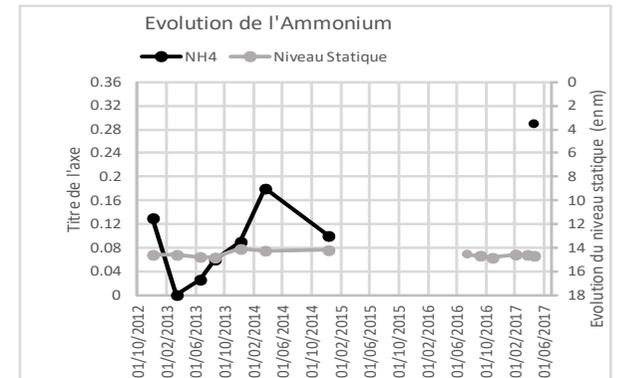
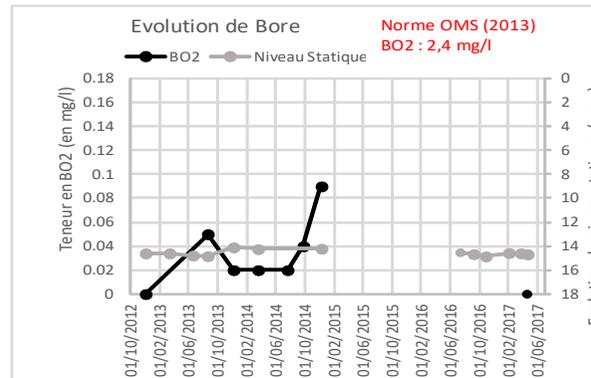
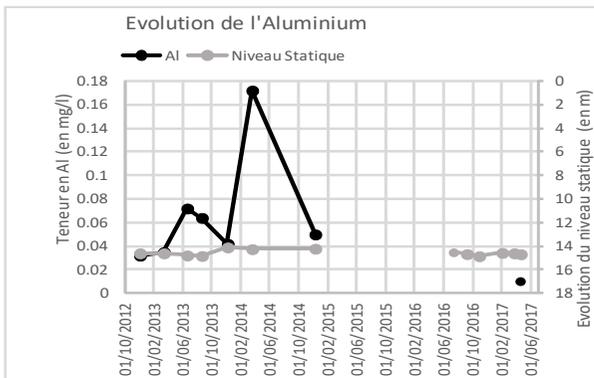
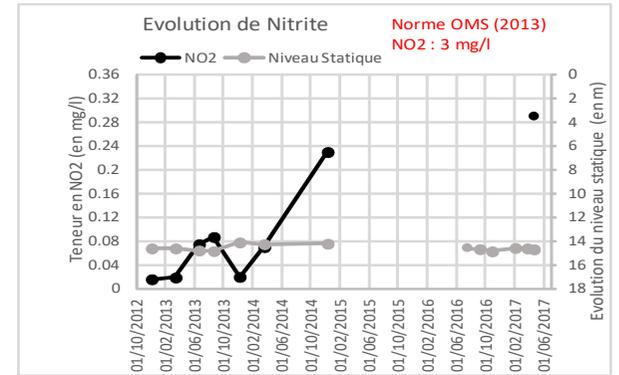
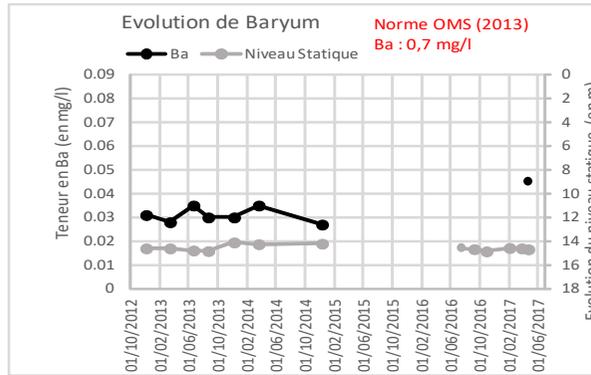
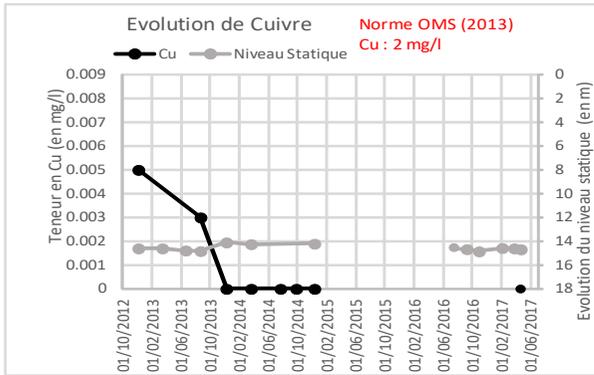
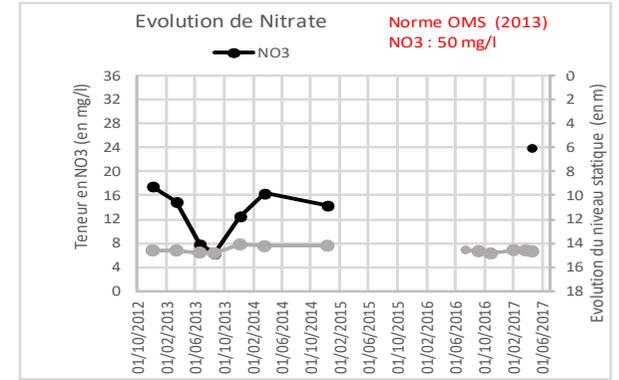
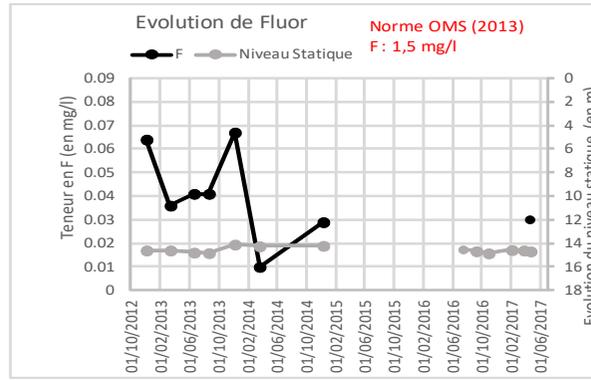
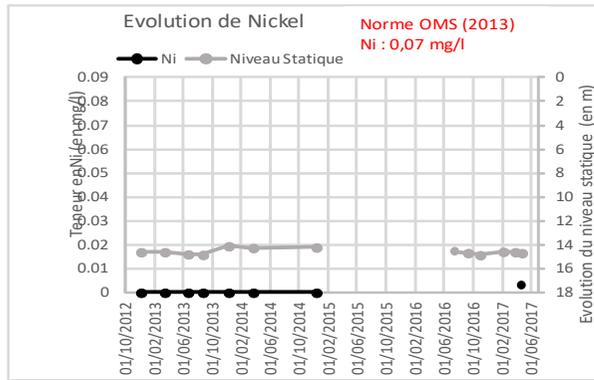
Annexe III.G: 16_Lamordé



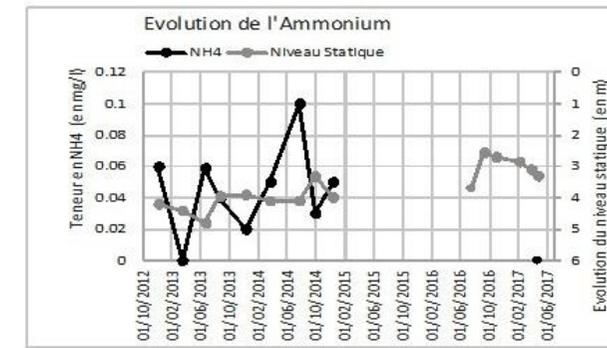
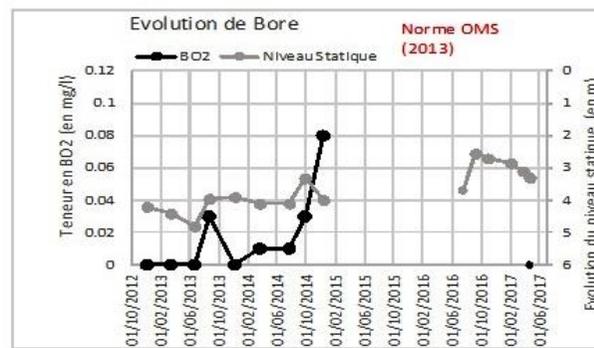
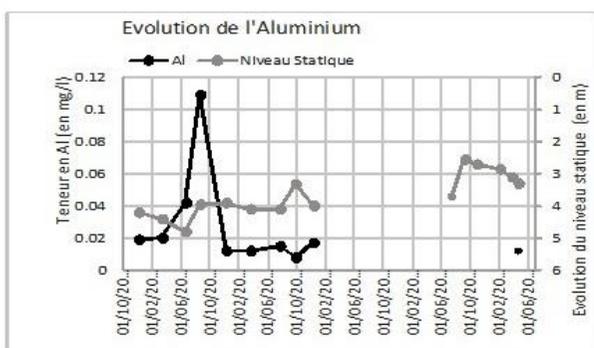
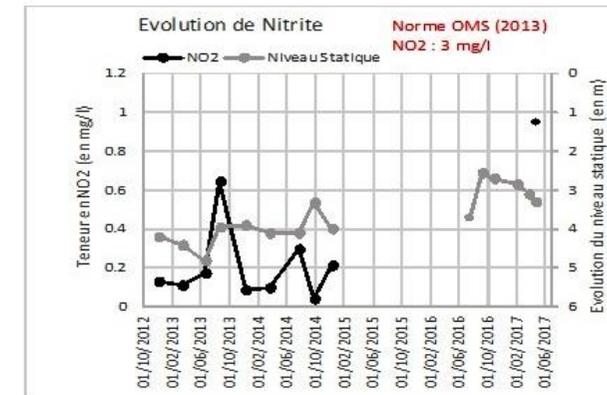
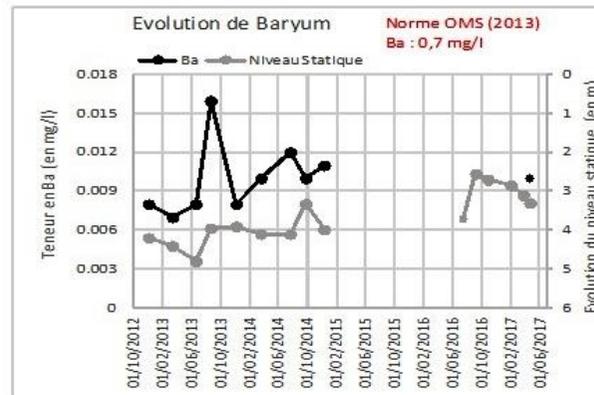
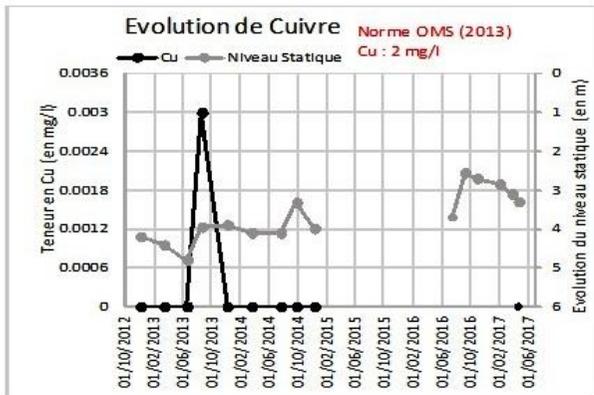
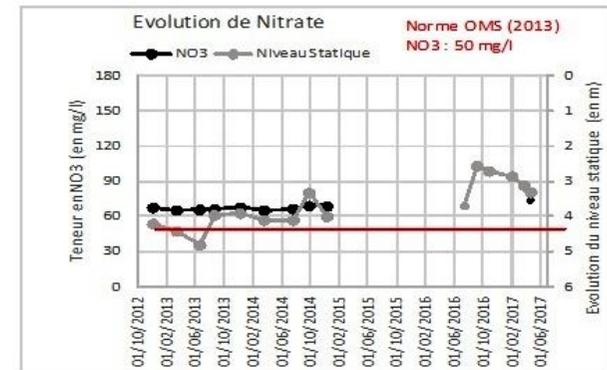
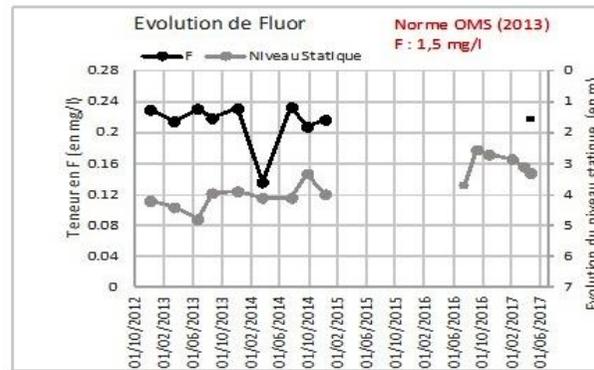
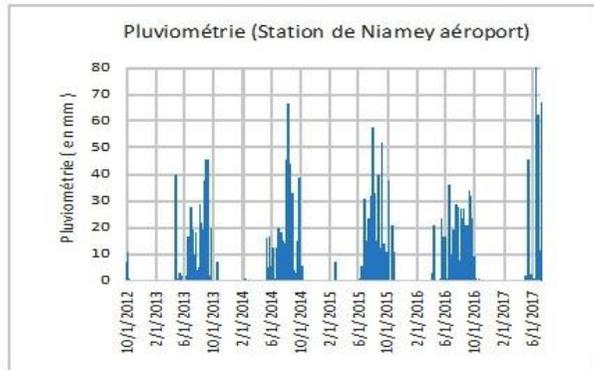
Annexe III.H : 17_Ganguel



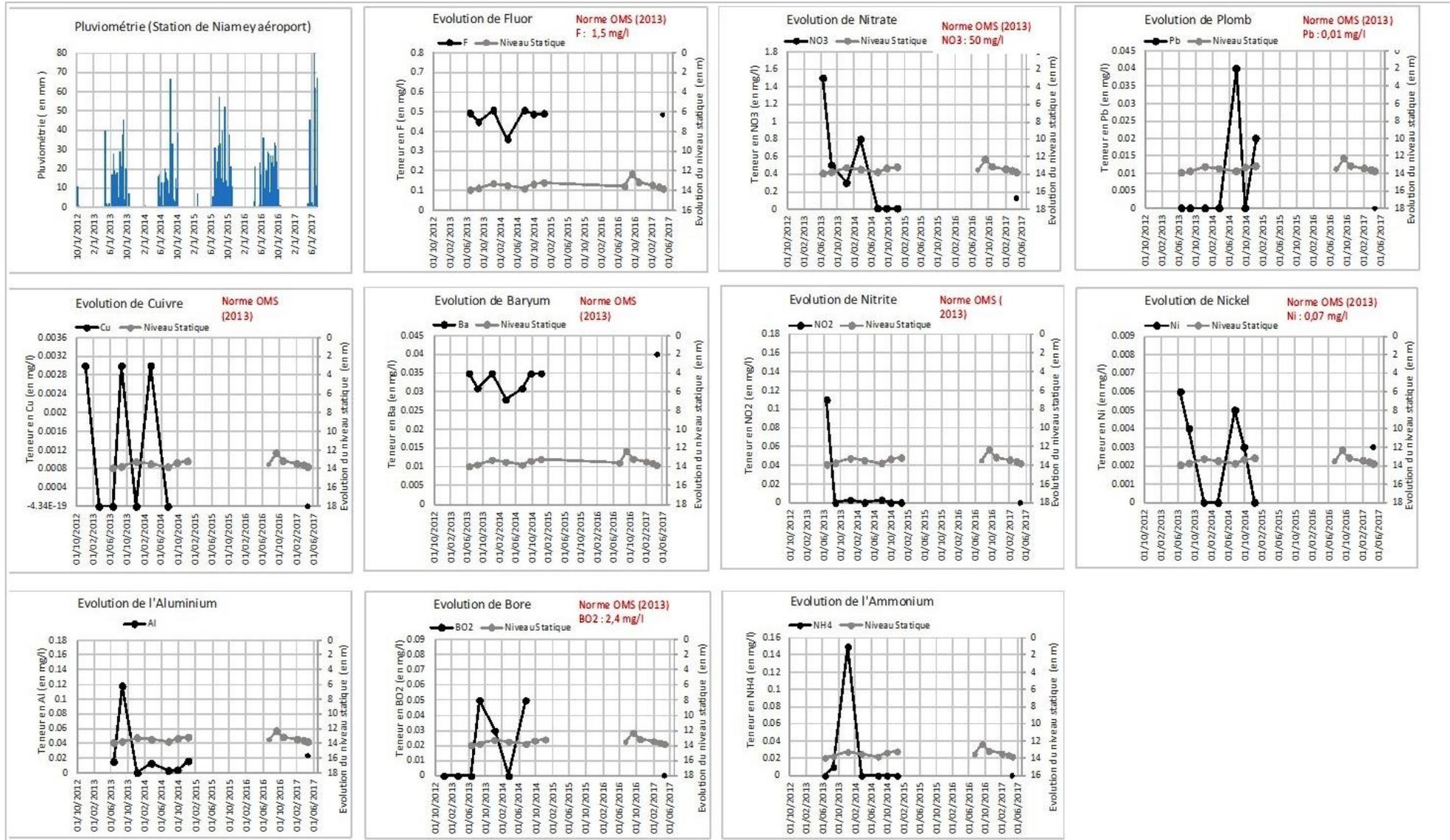
Annexe III.I : 19_Timeré



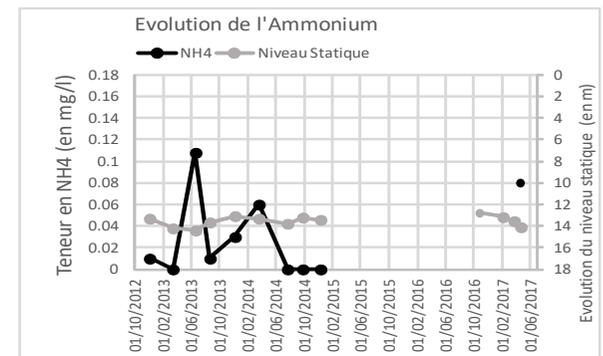
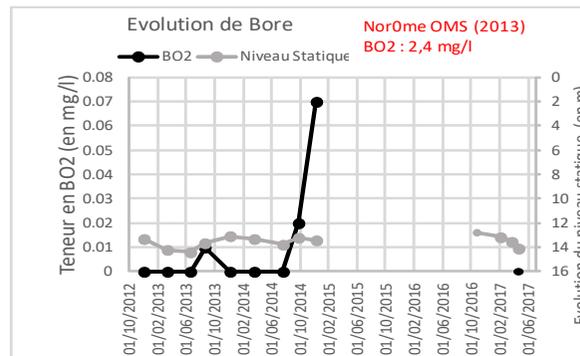
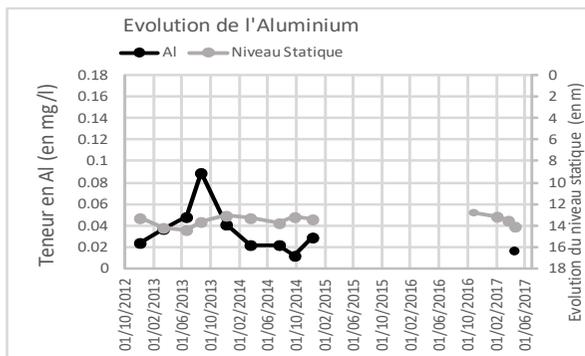
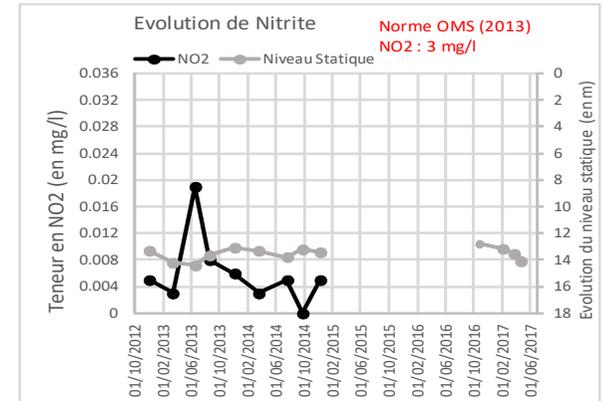
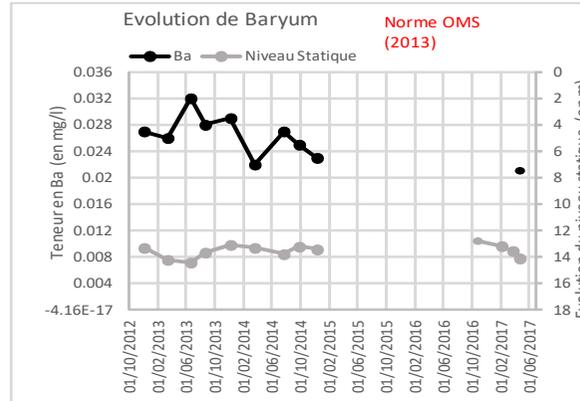
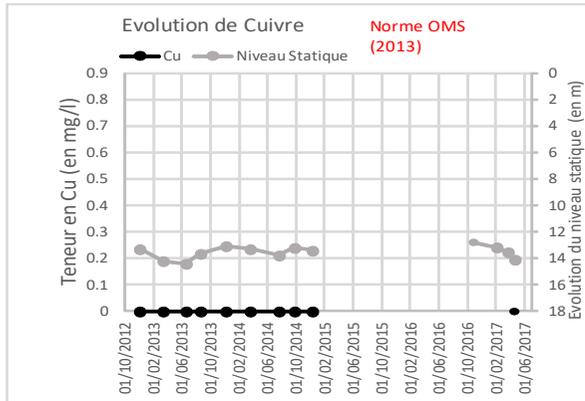
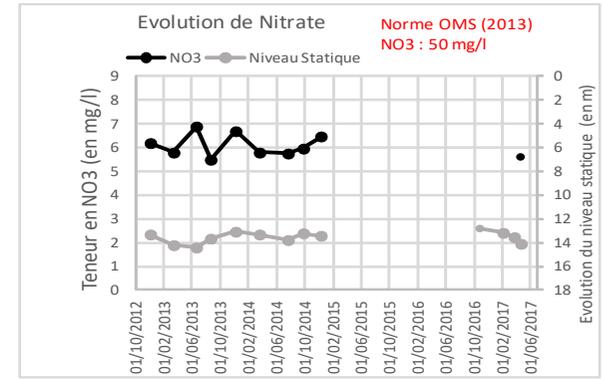
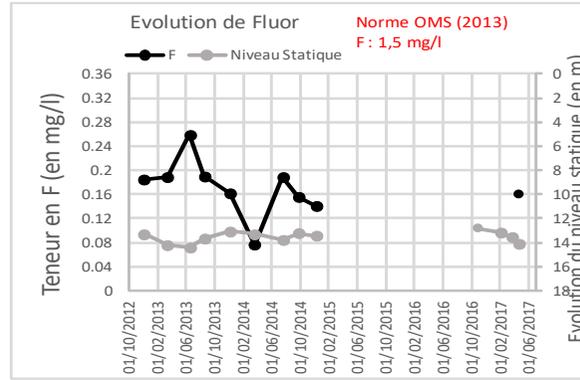
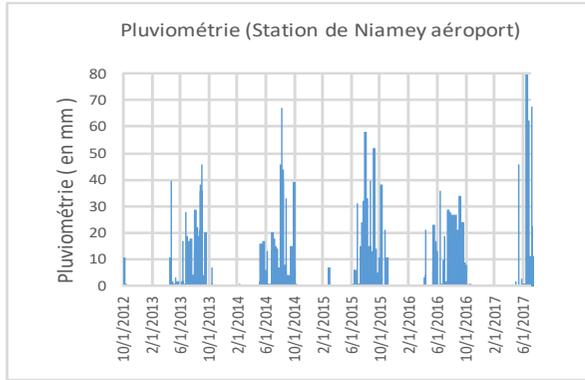
Annexe III.J : 20_Sagua



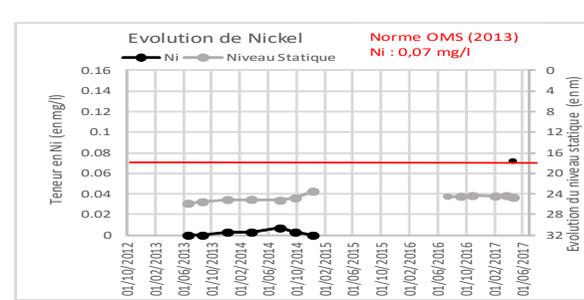
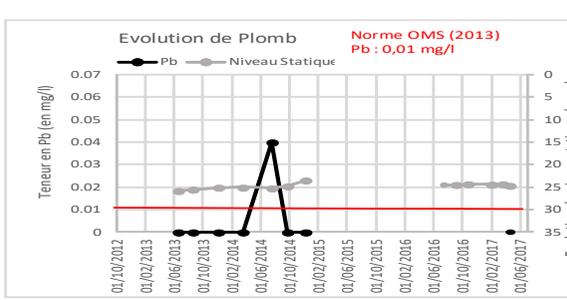
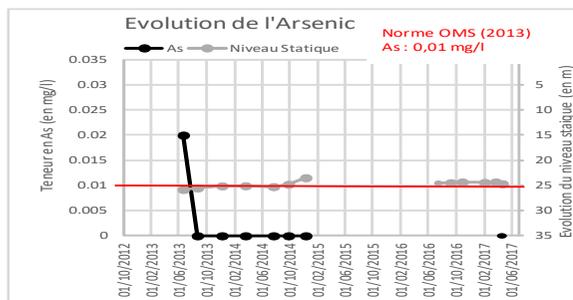
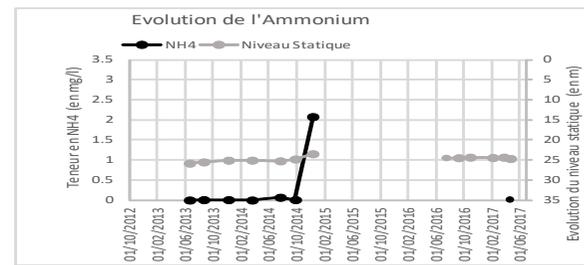
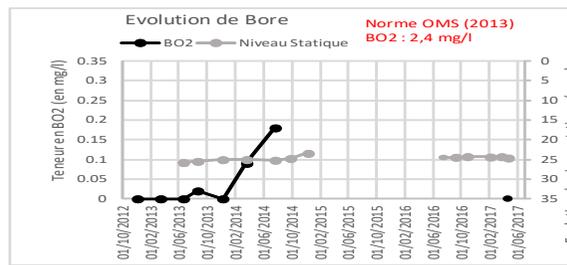
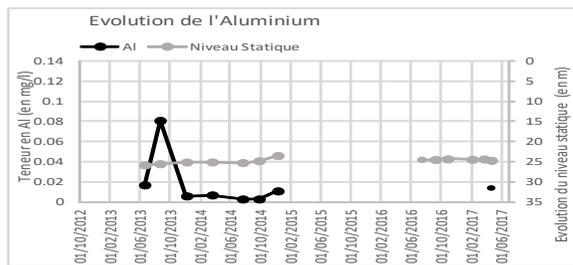
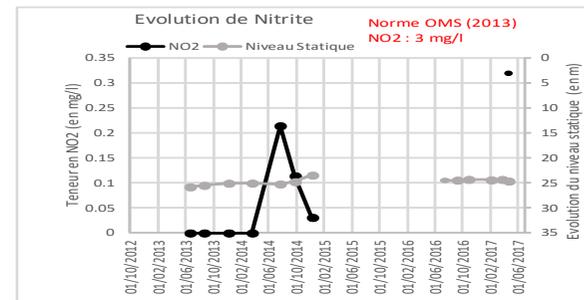
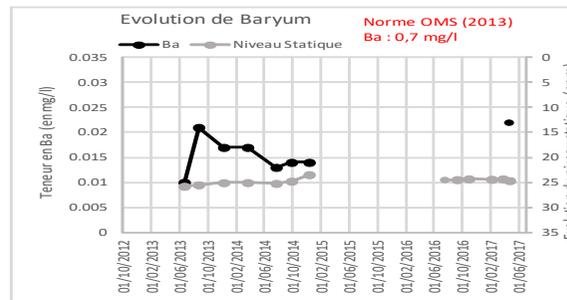
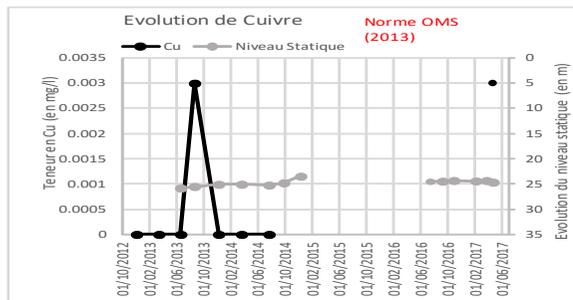
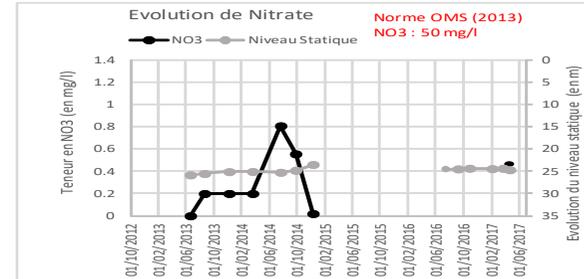
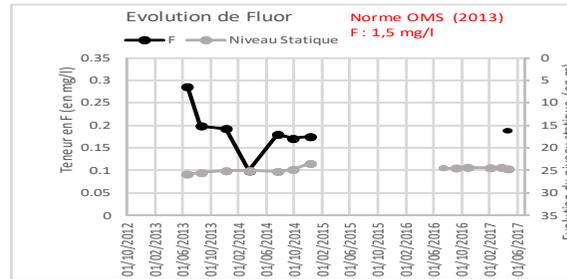
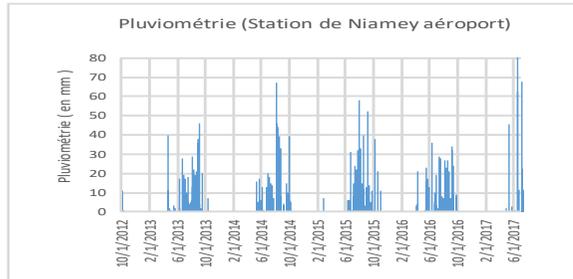
Annexe III.K : 21_Saga Gassia 1



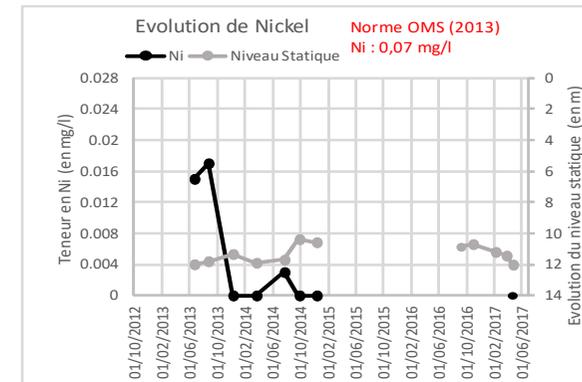
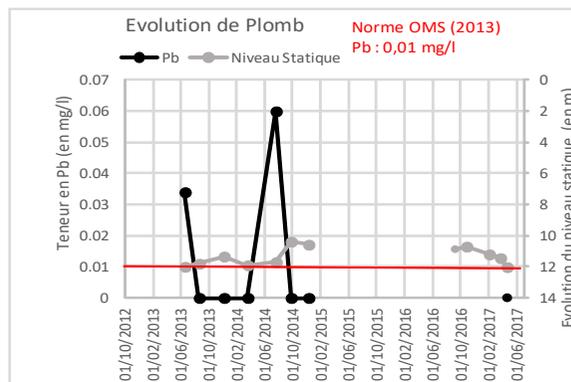
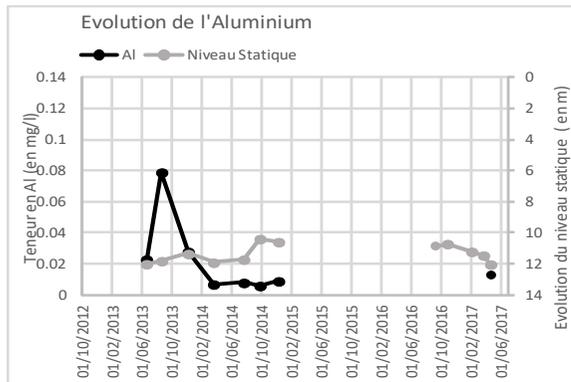
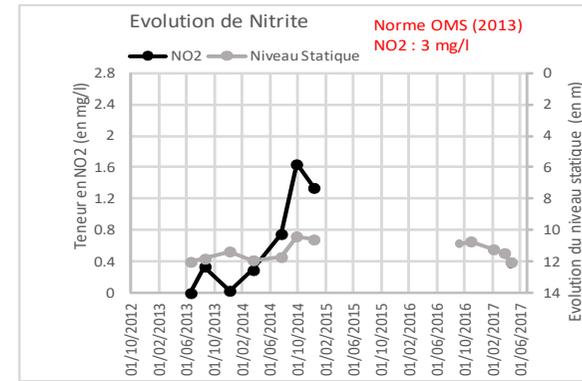
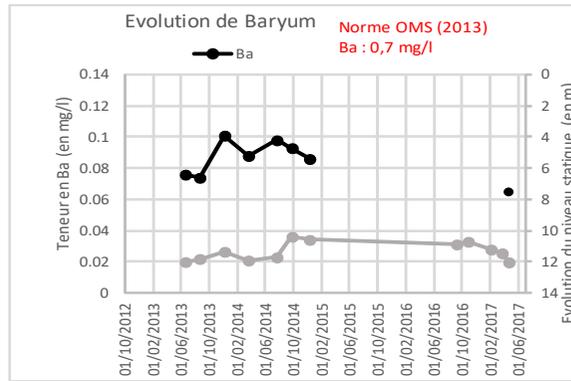
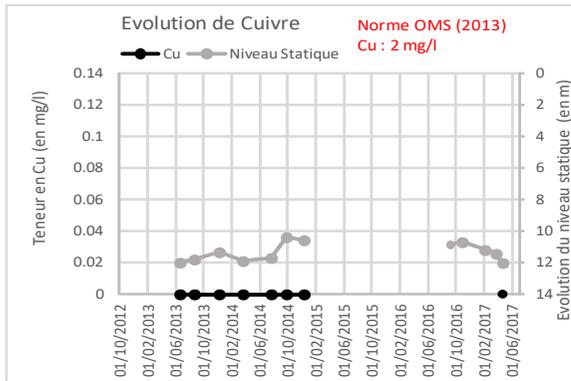
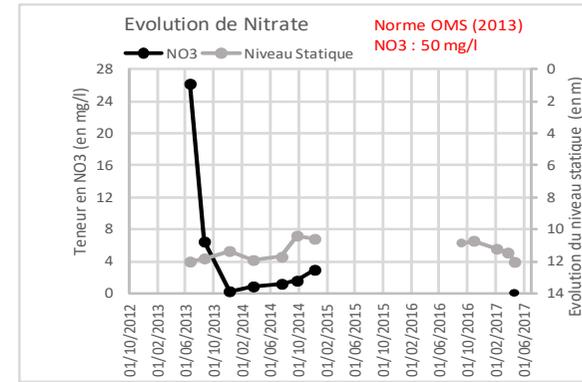
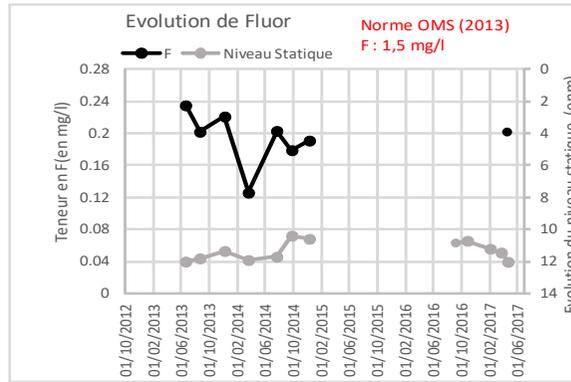
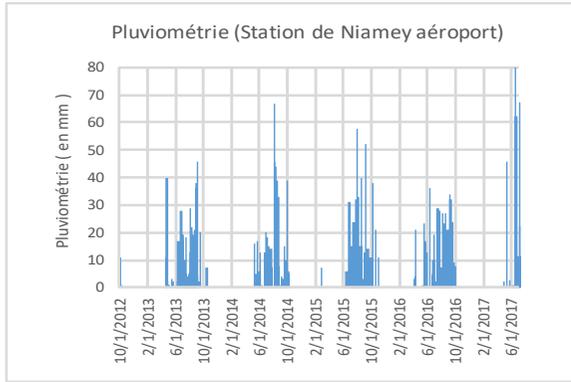
Annexe III.L : 22_Saga Gassia 2



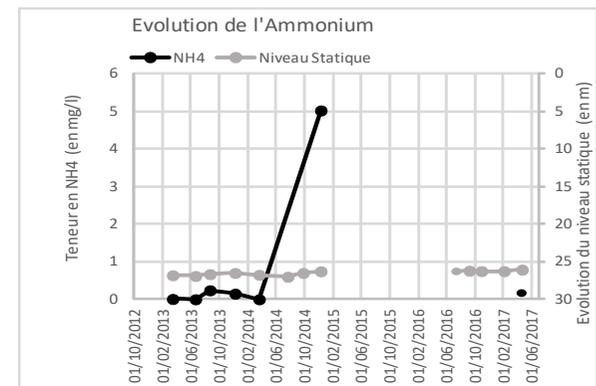
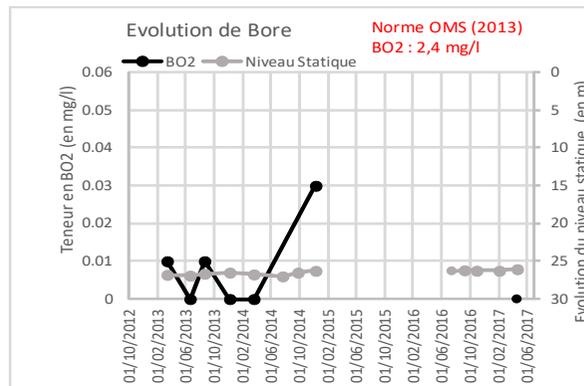
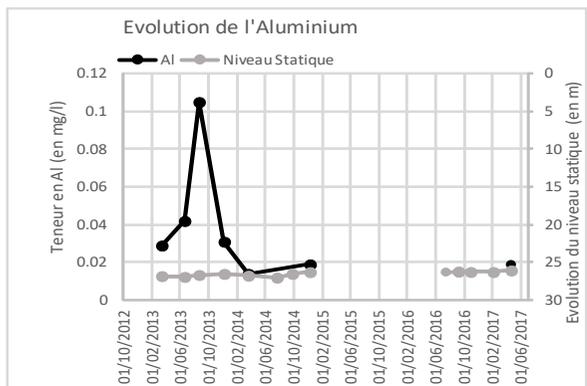
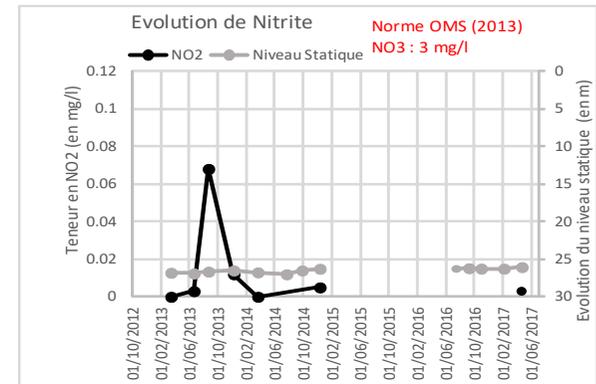
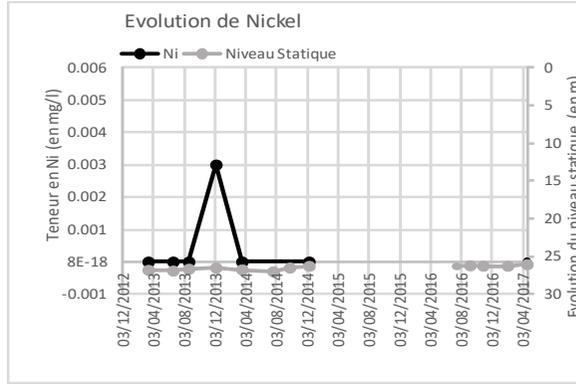
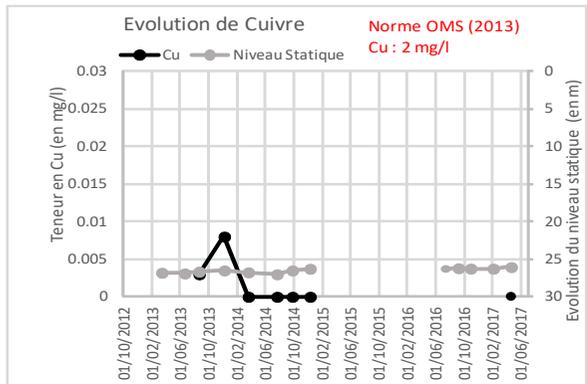
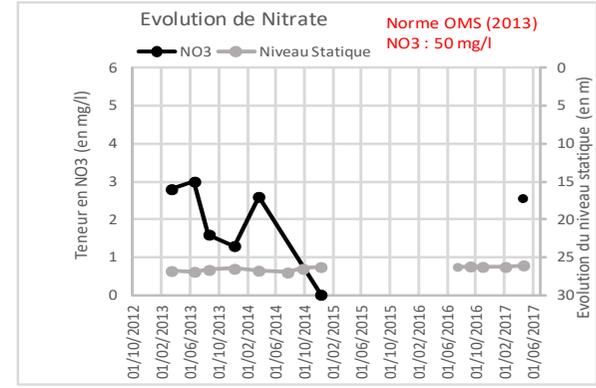
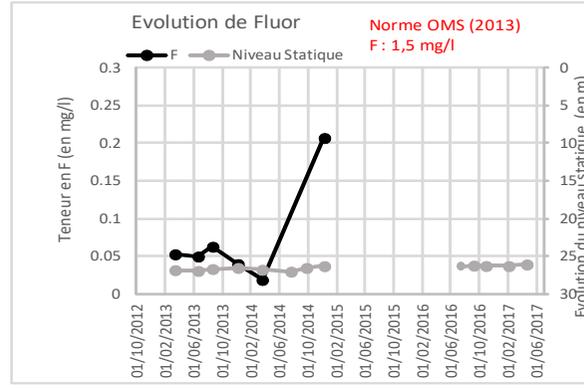
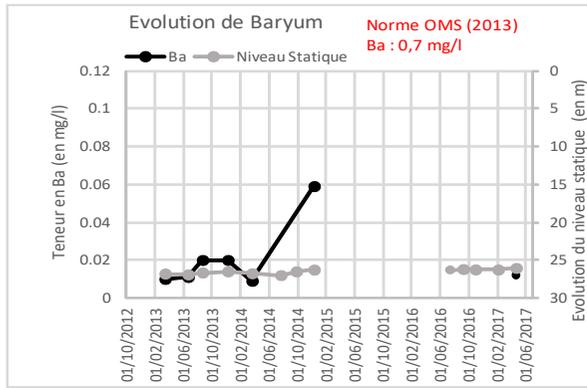
Annexe III.M : 24_Talladjé



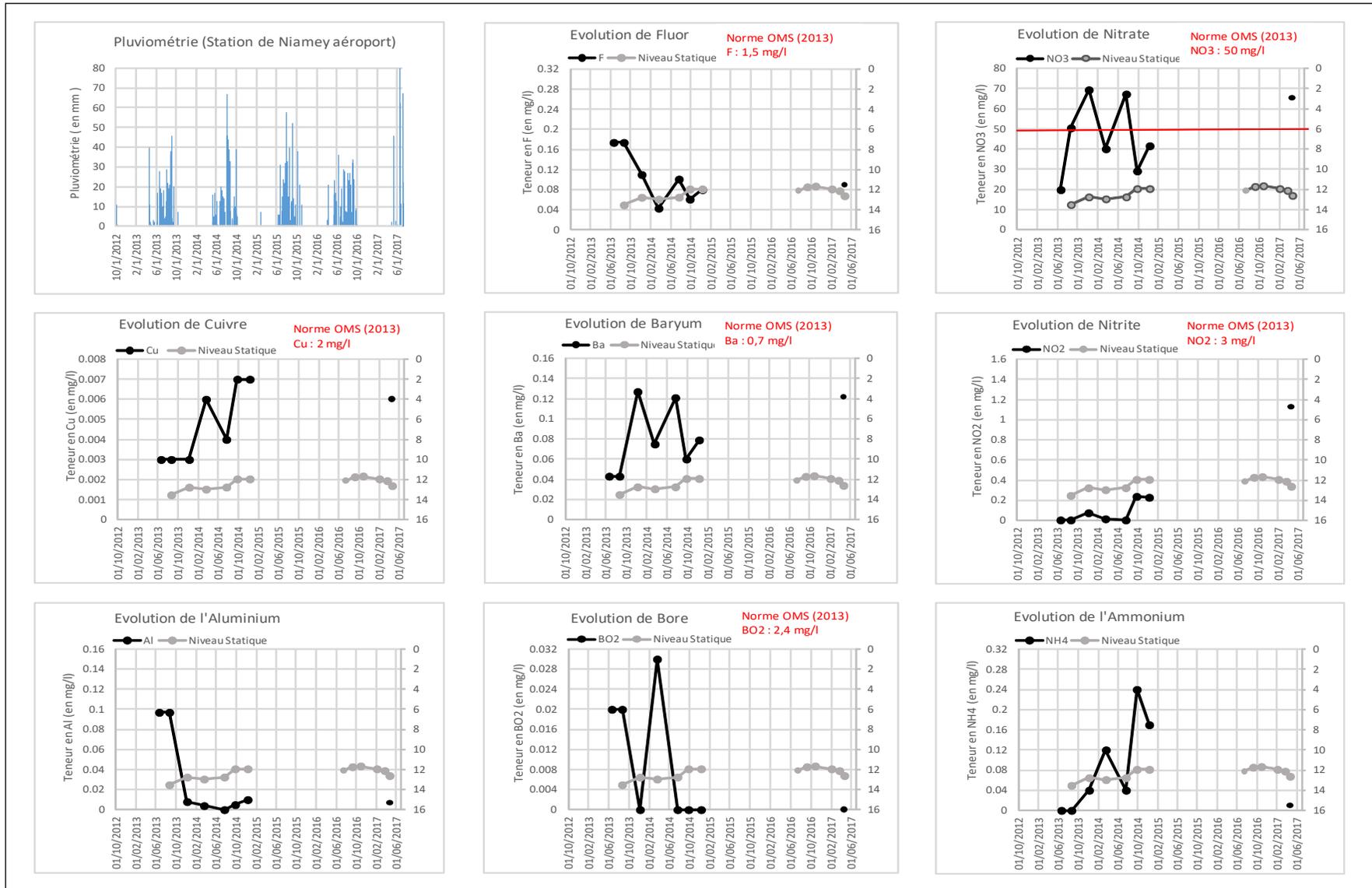
Annexe III.N : 25_Eglise Garbado



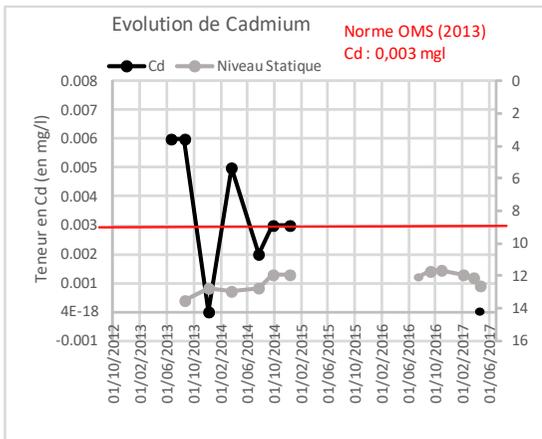
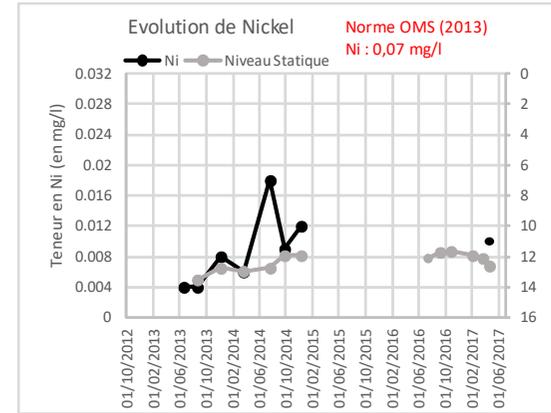
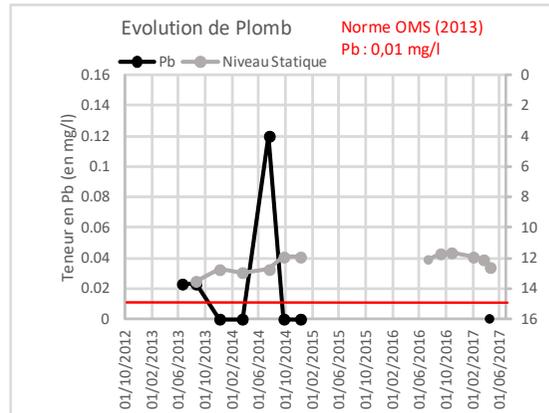
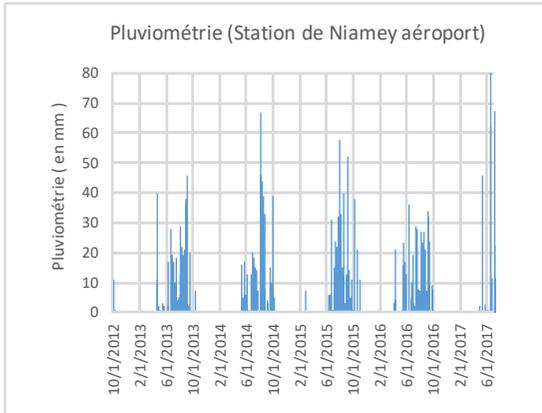
Annexe III.O: 26_Saga Gorou



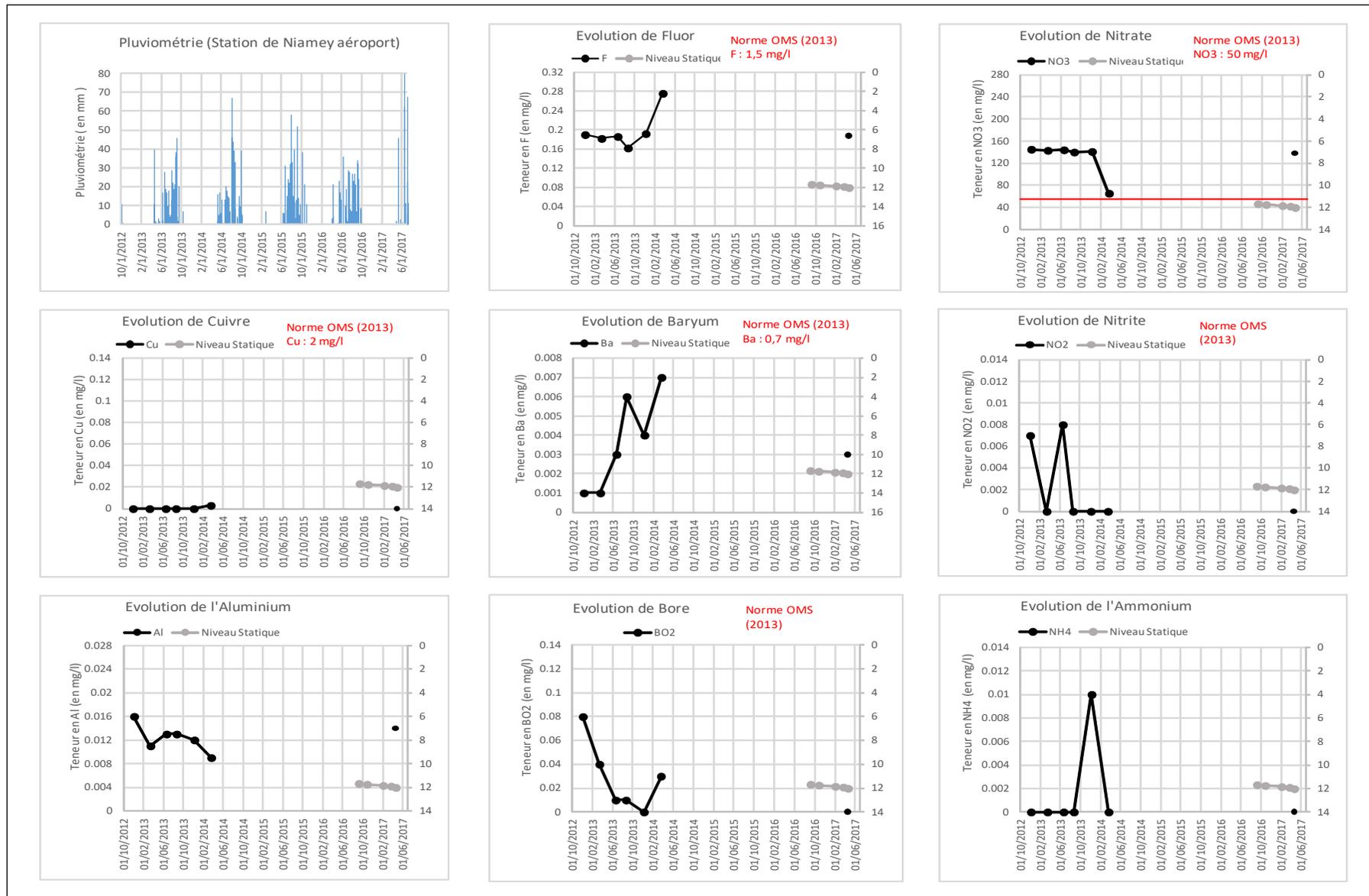
Annexe III.P : 34_Boukoki Mairie Garage



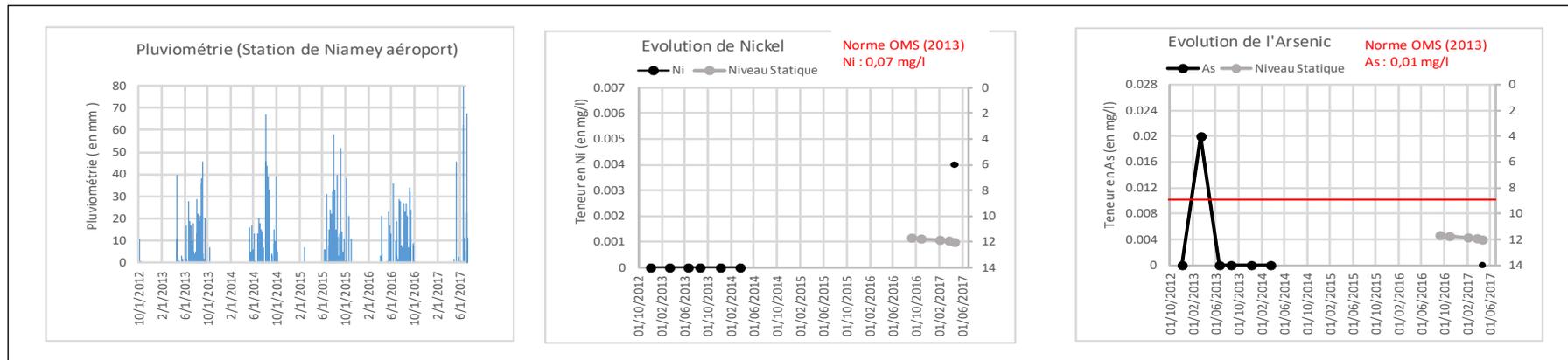
Annexe III.P : 34_Boukoki Mairie Garage (suite)



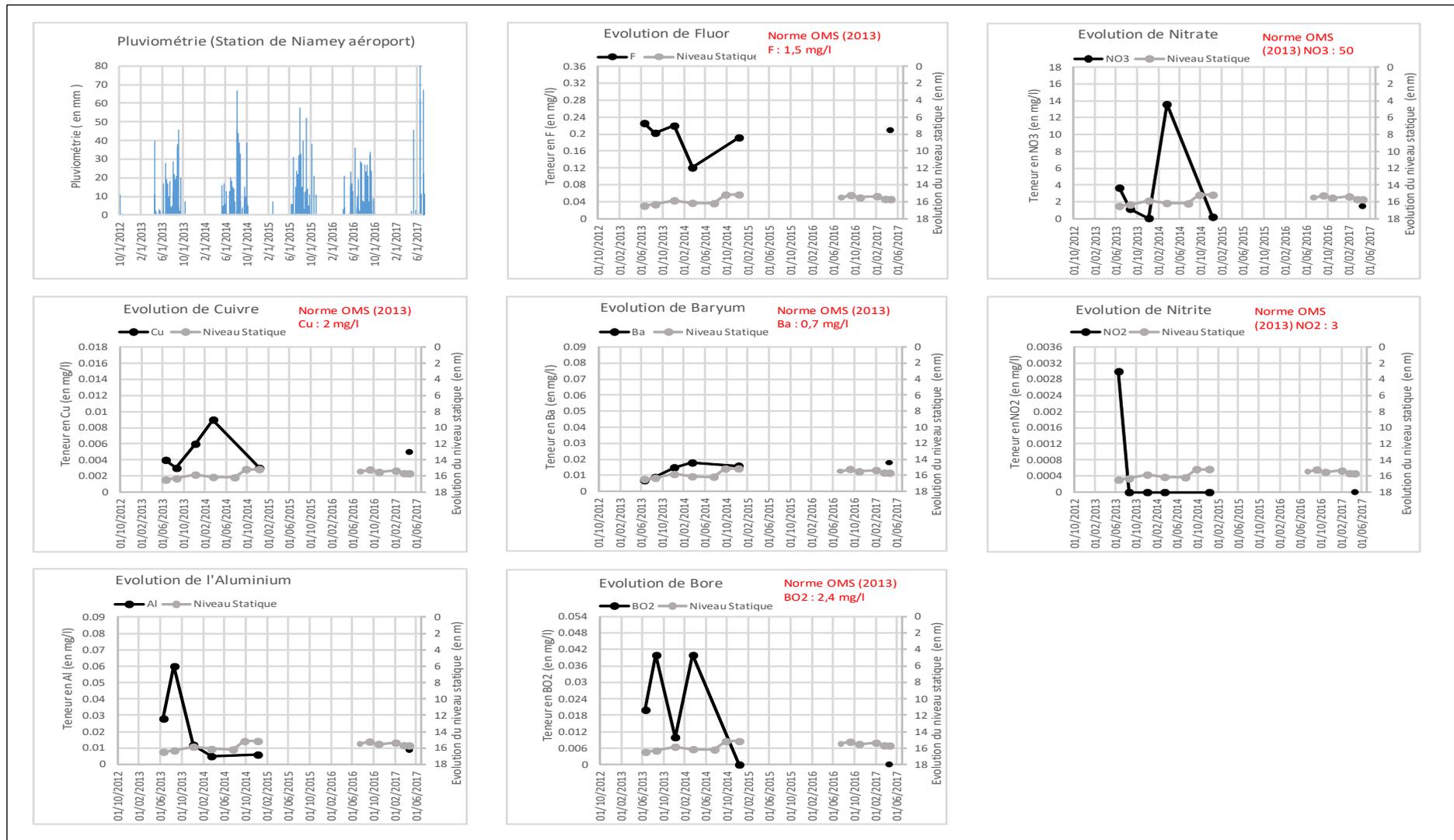
Annexe III.Q : 40_Gamkallé Sébangué



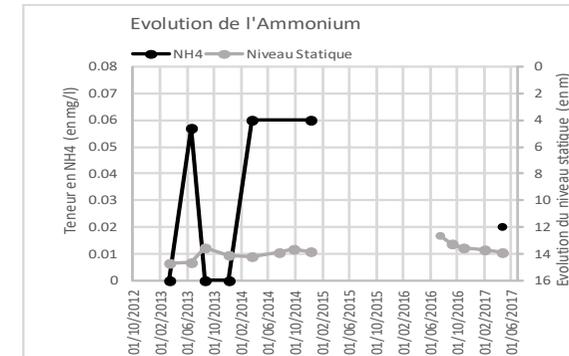
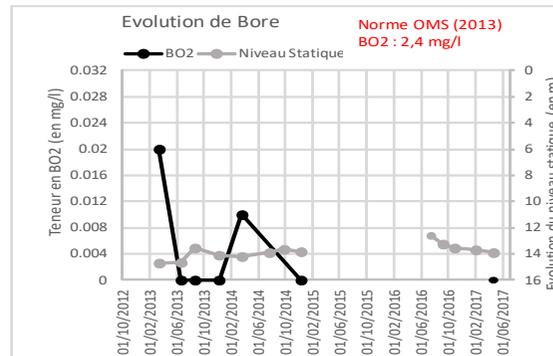
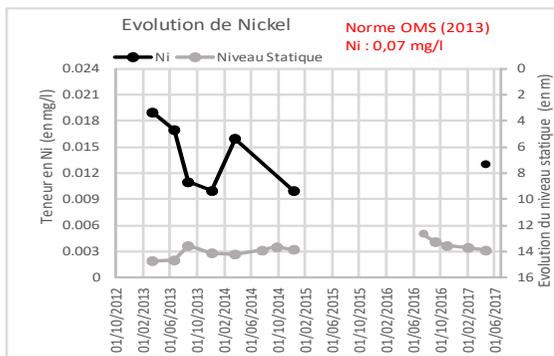
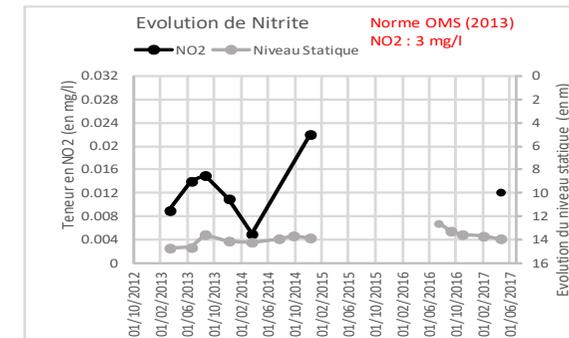
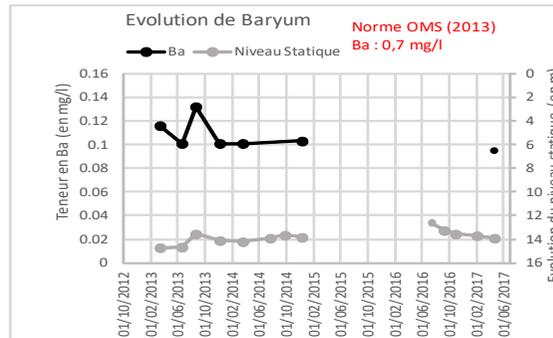
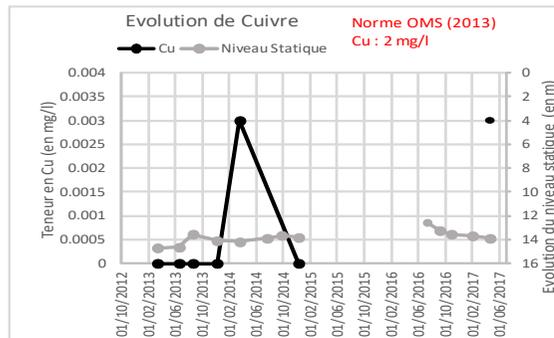
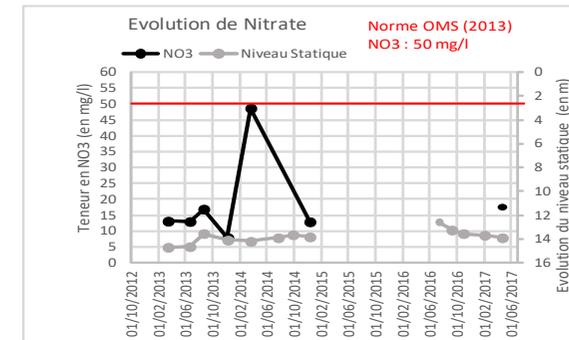
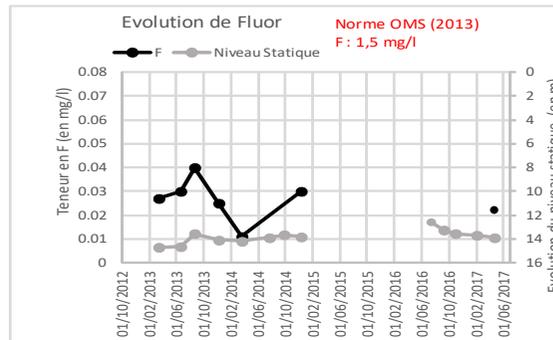
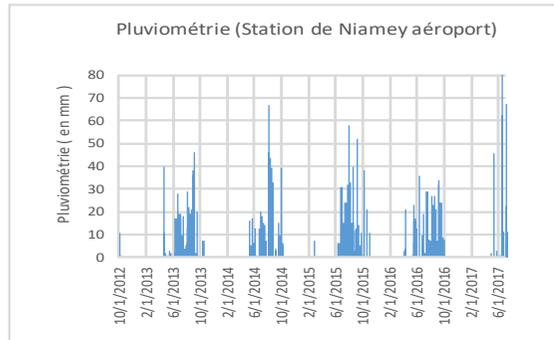
Annexe III.Q : 40_Gamkallé Sébangué (suite)



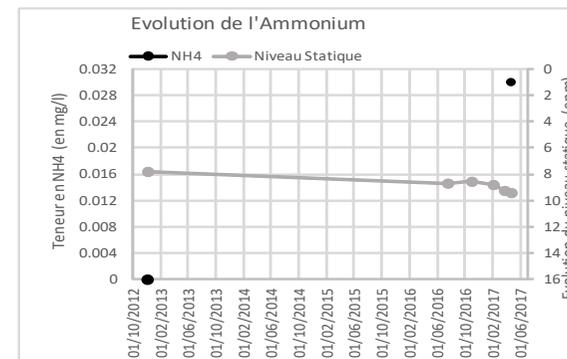
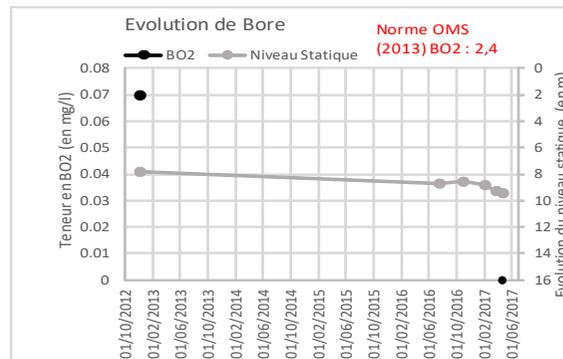
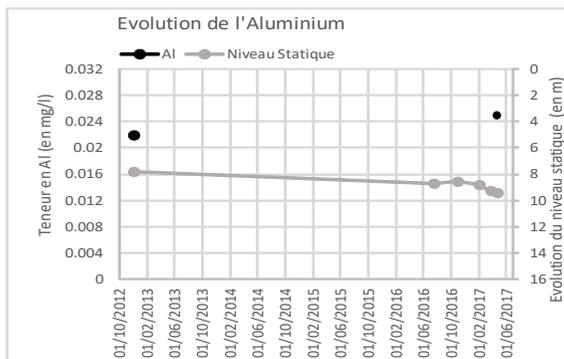
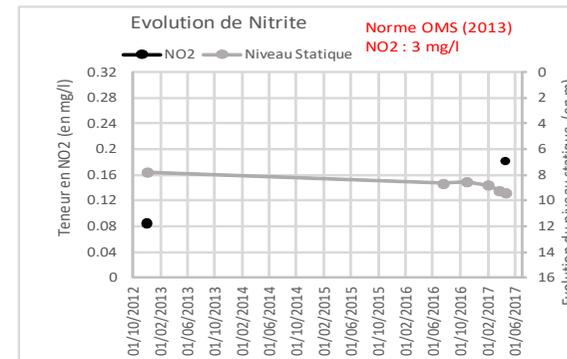
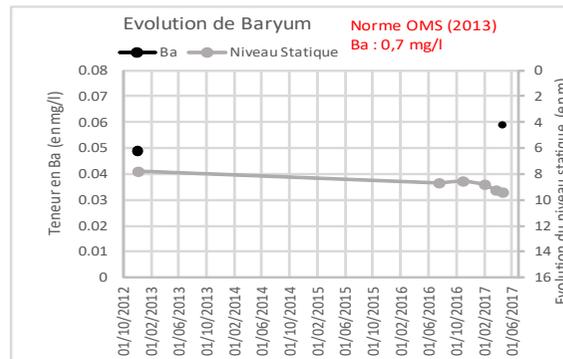
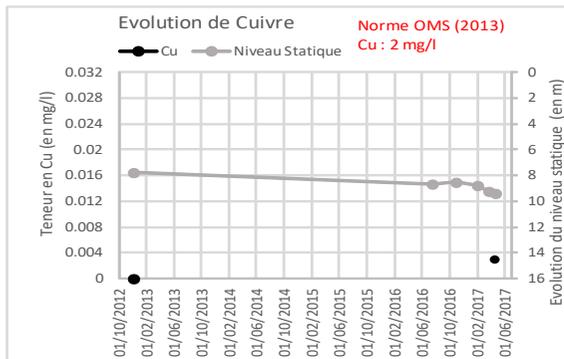
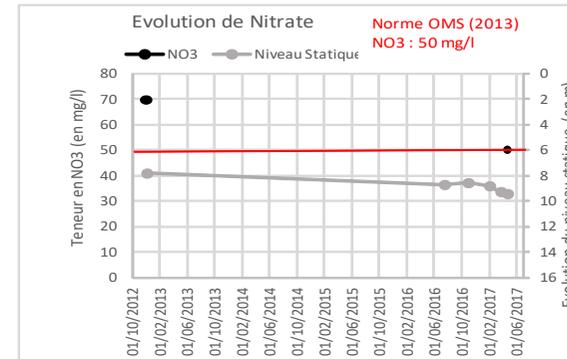
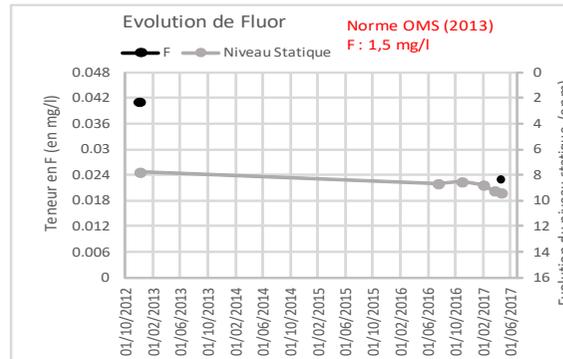
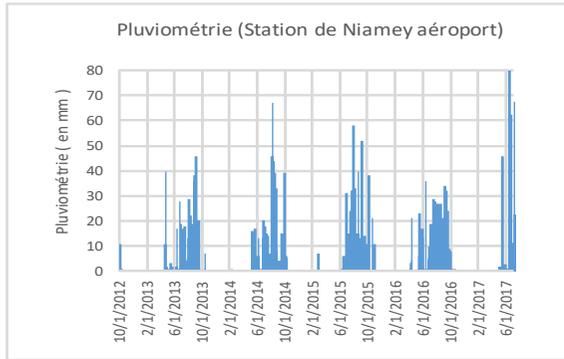
Annexe III.R : 45_Dan Gao



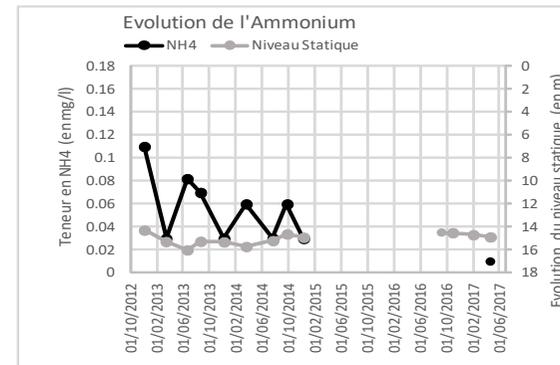
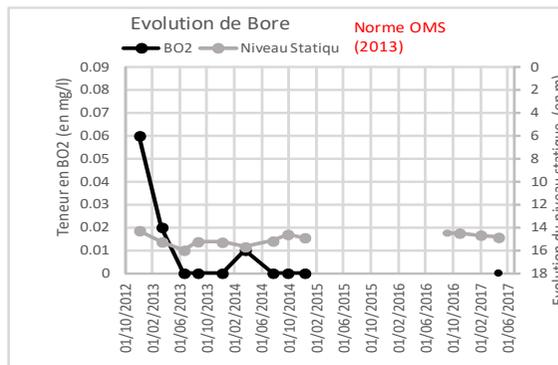
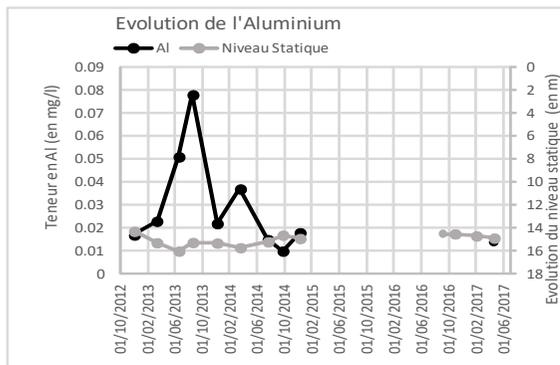
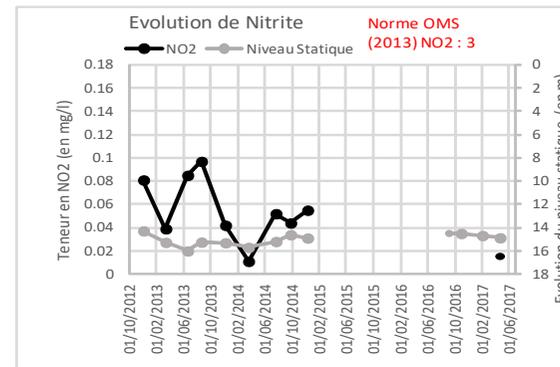
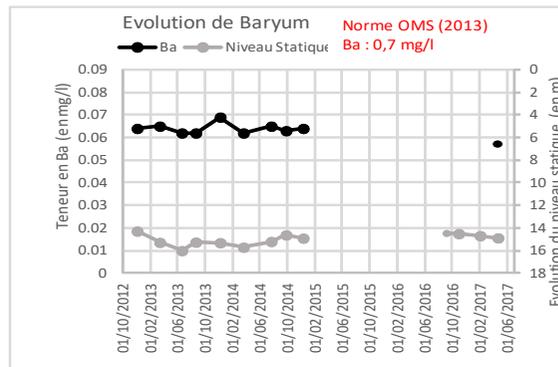
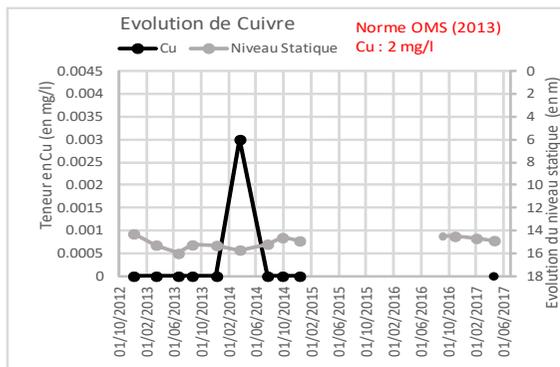
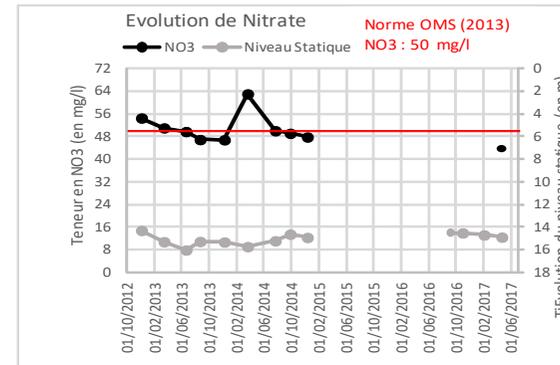
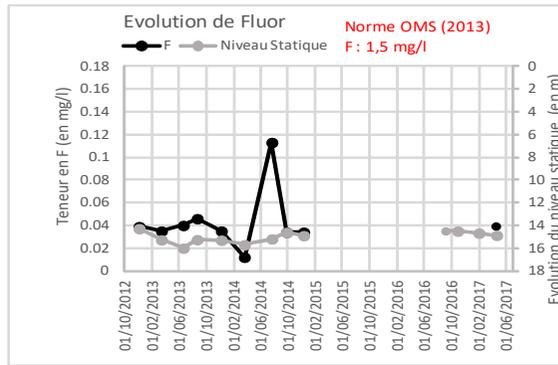
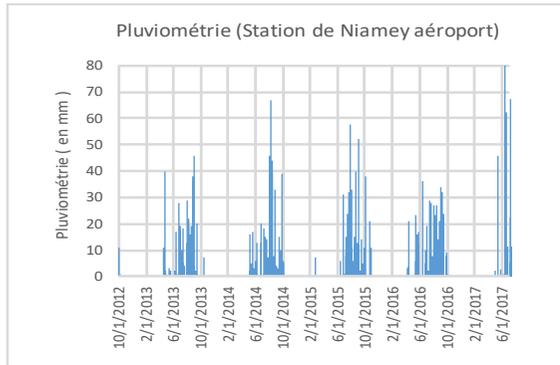
Annexe III.S : 48_Kongou Sabon Carré



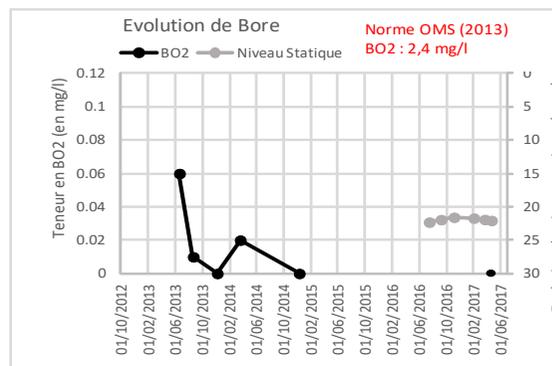
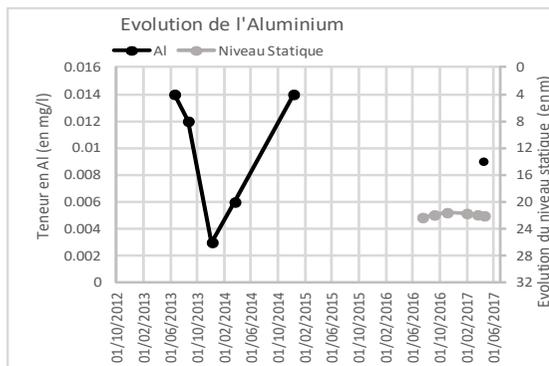
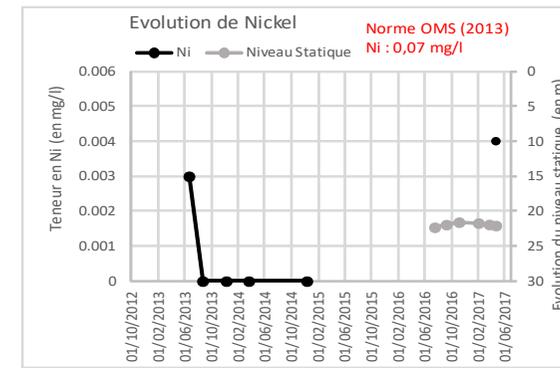
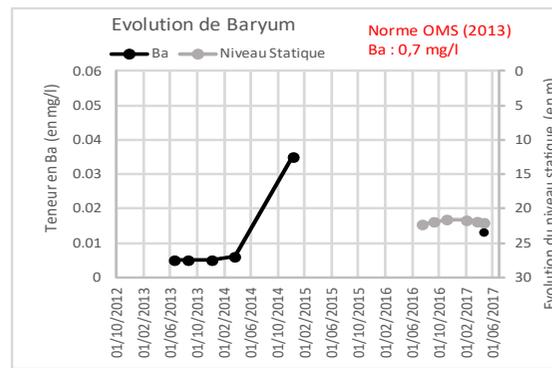
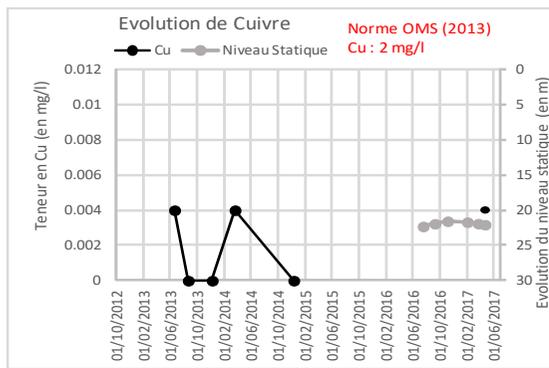
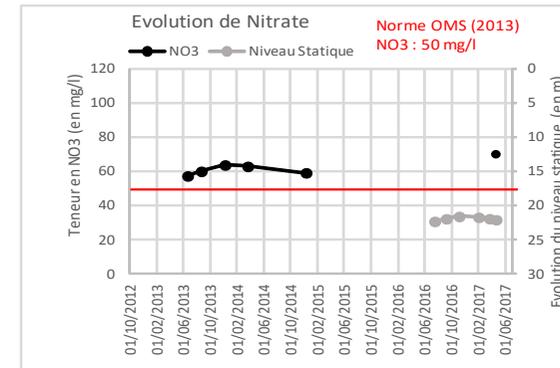
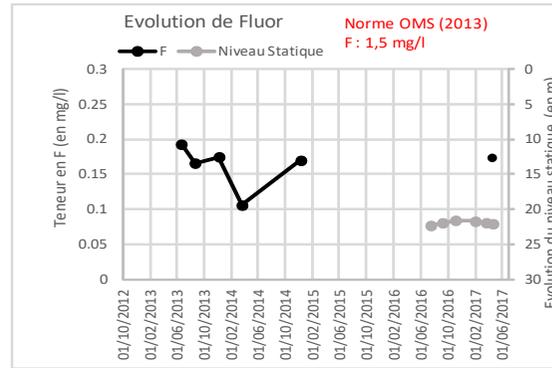
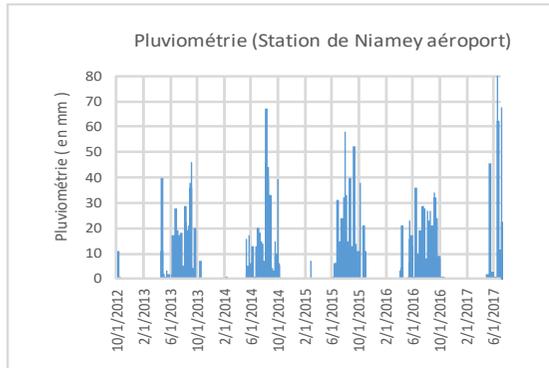
Annexe III.T : 49_Kongou Mouché Koira 1



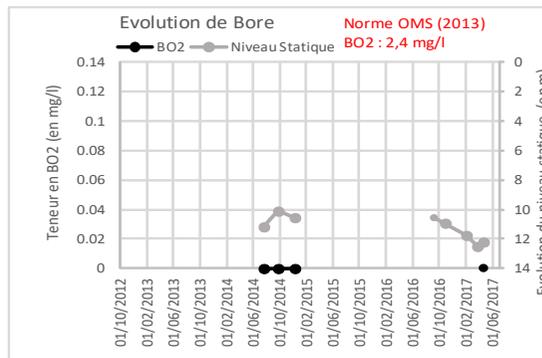
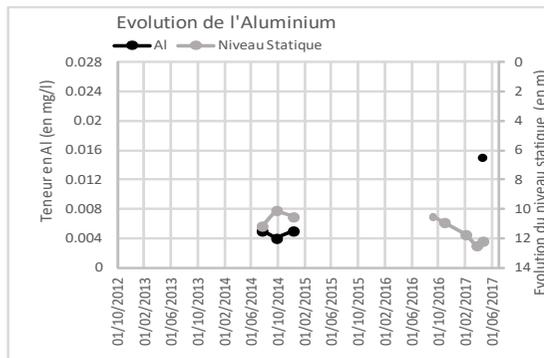
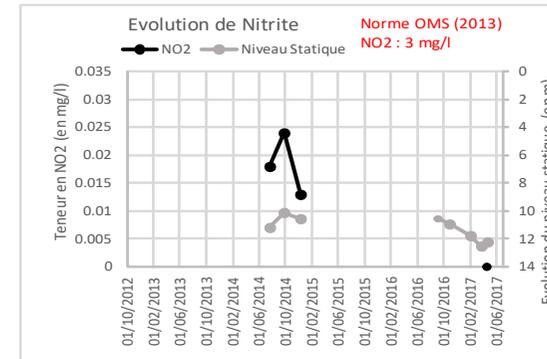
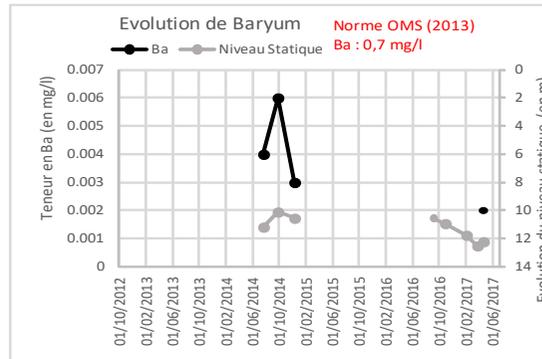
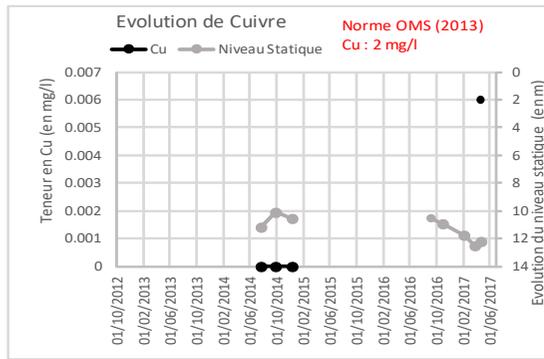
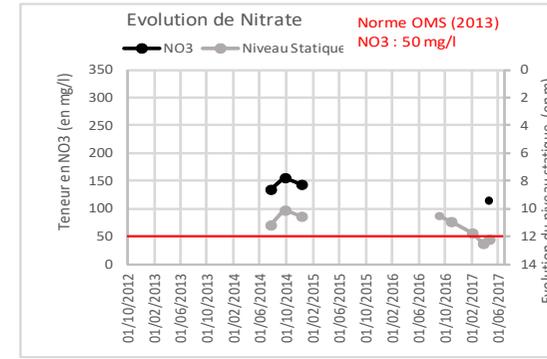
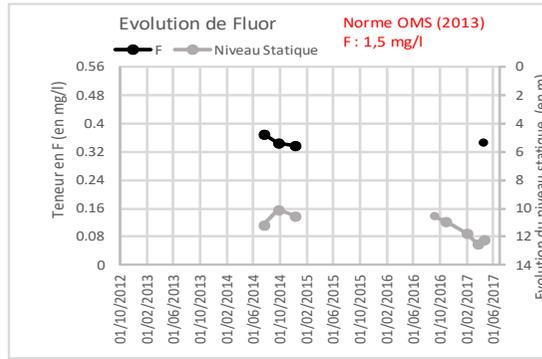
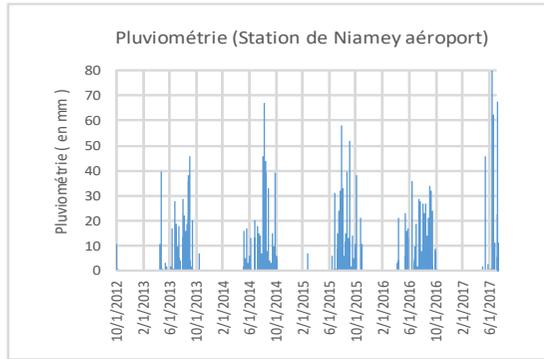
Annexe III.U : 52_Kongou Gonga



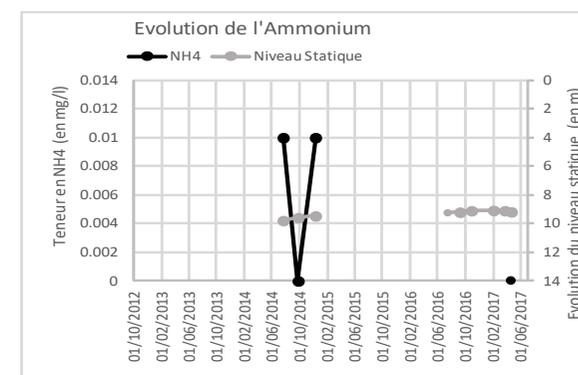
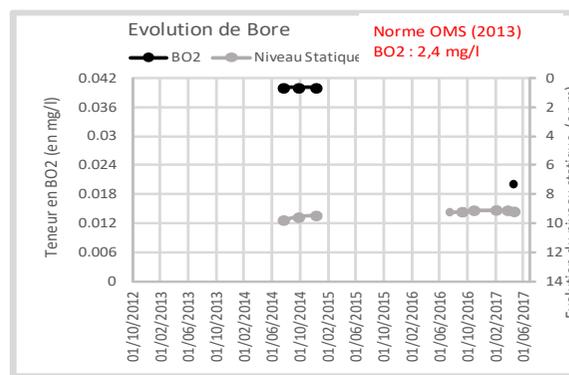
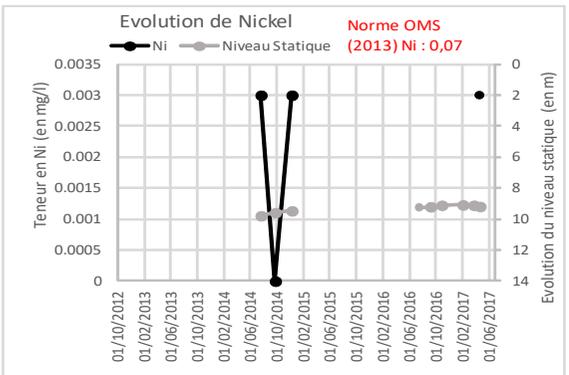
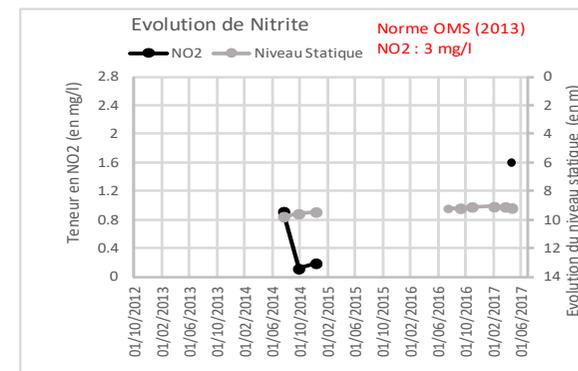
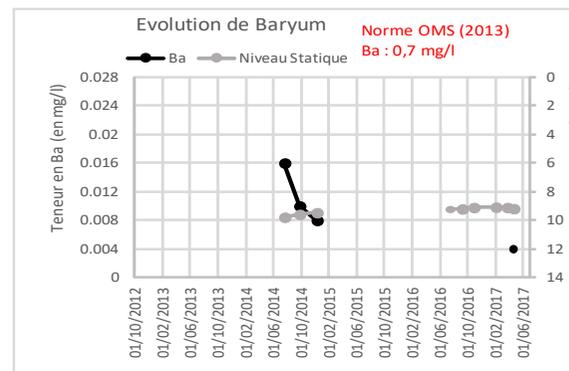
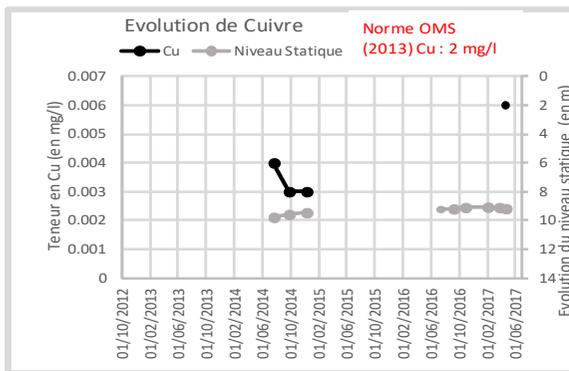
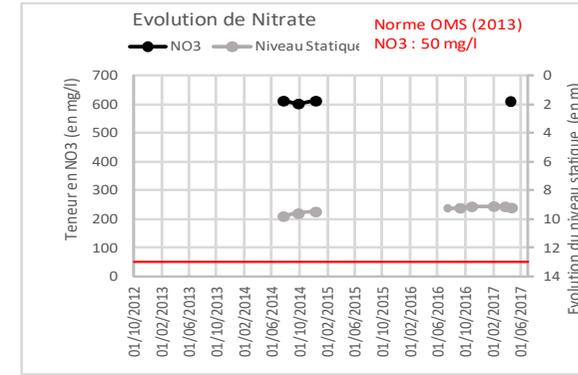
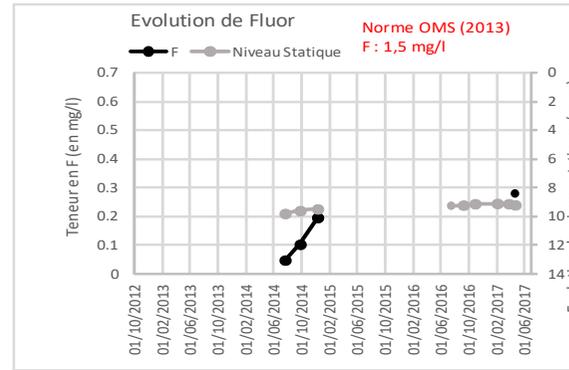
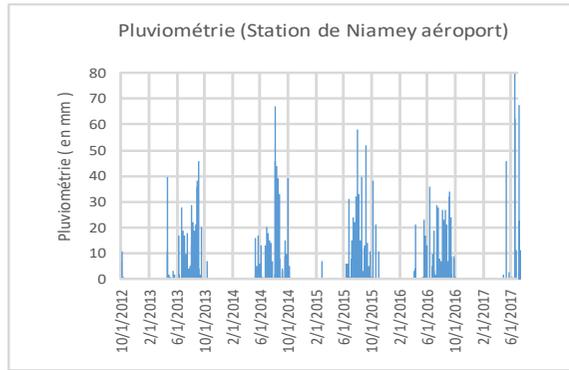
Annexe III.V : 53_Goudel Tassiba



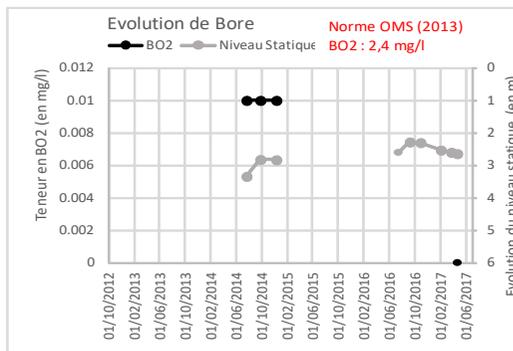
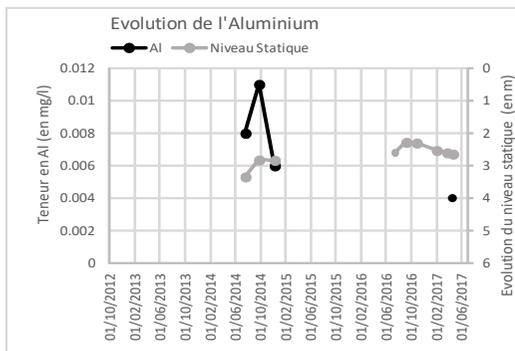
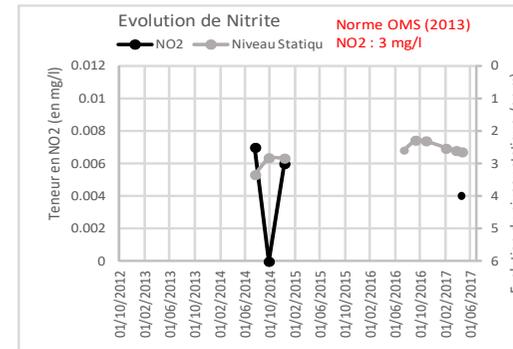
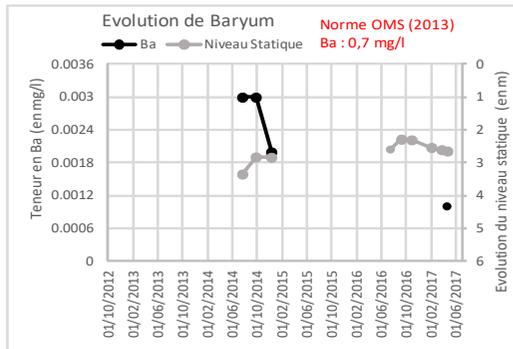
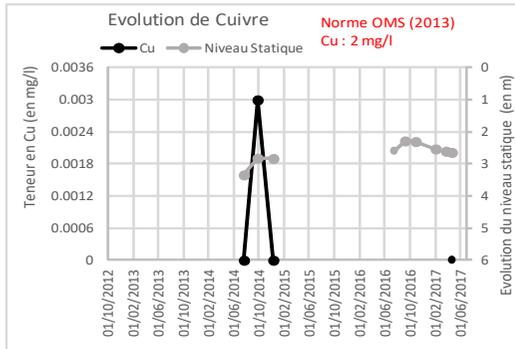
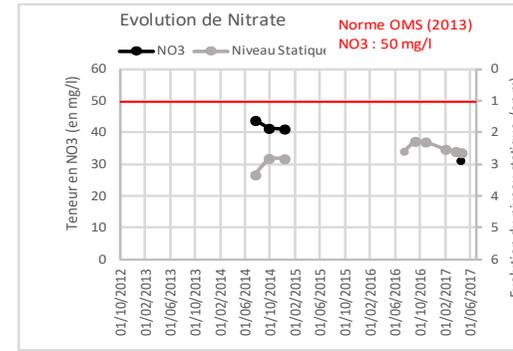
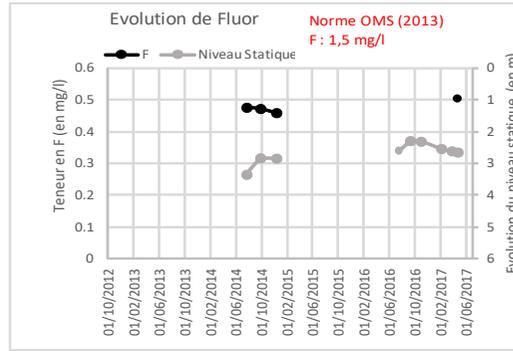
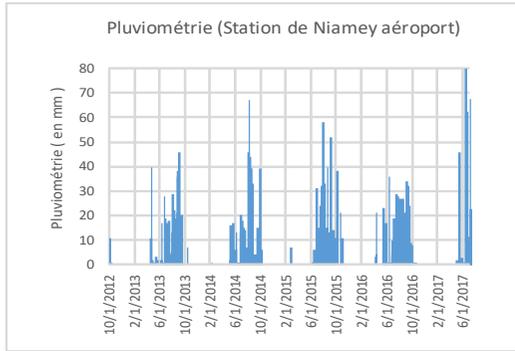
Annexe III.W : 65_Saga Gourma



Annexe III.X : 70_CSI Gaweye

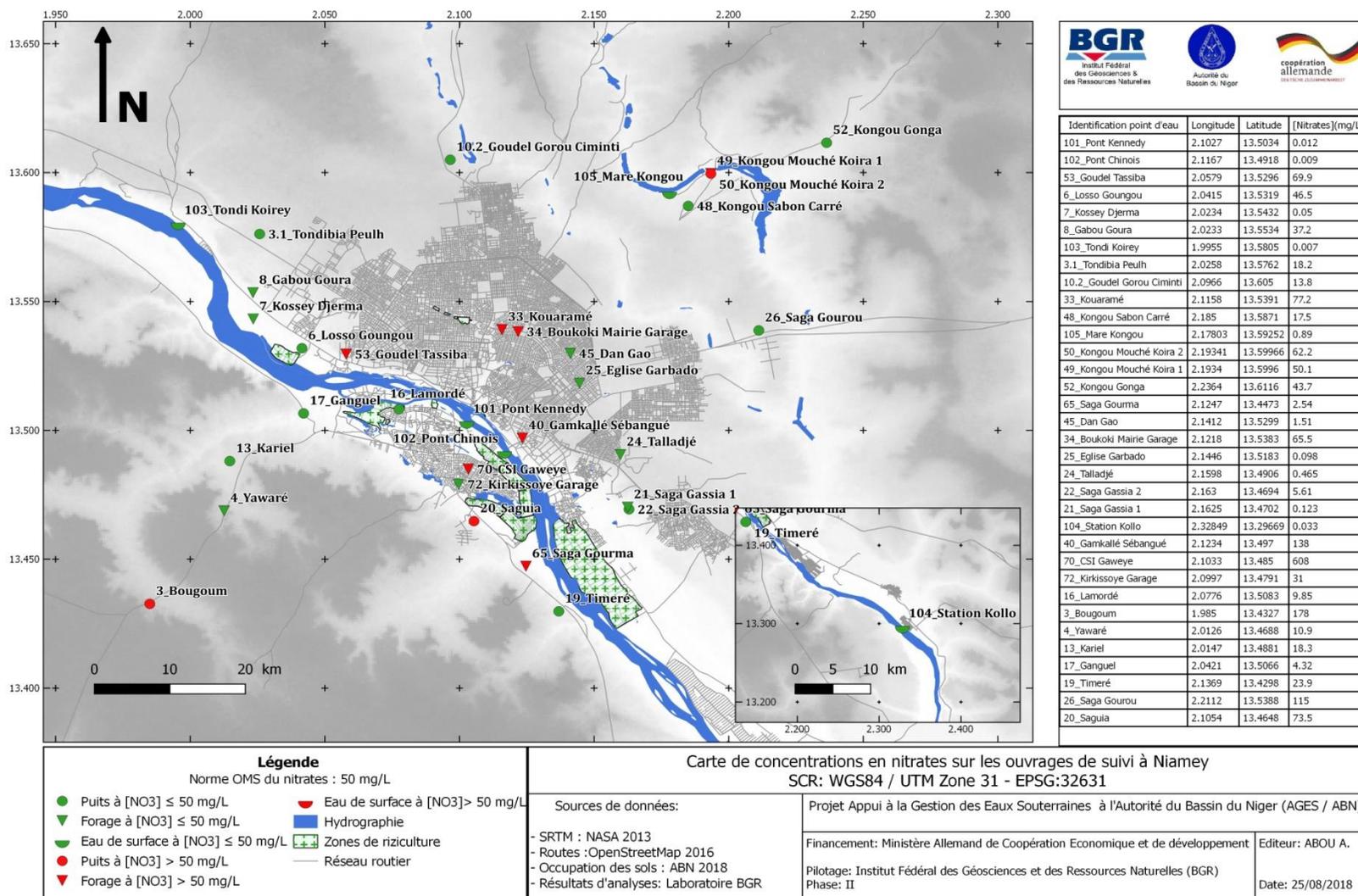


Annexe III.Y : 72_Kirkissoye Garage

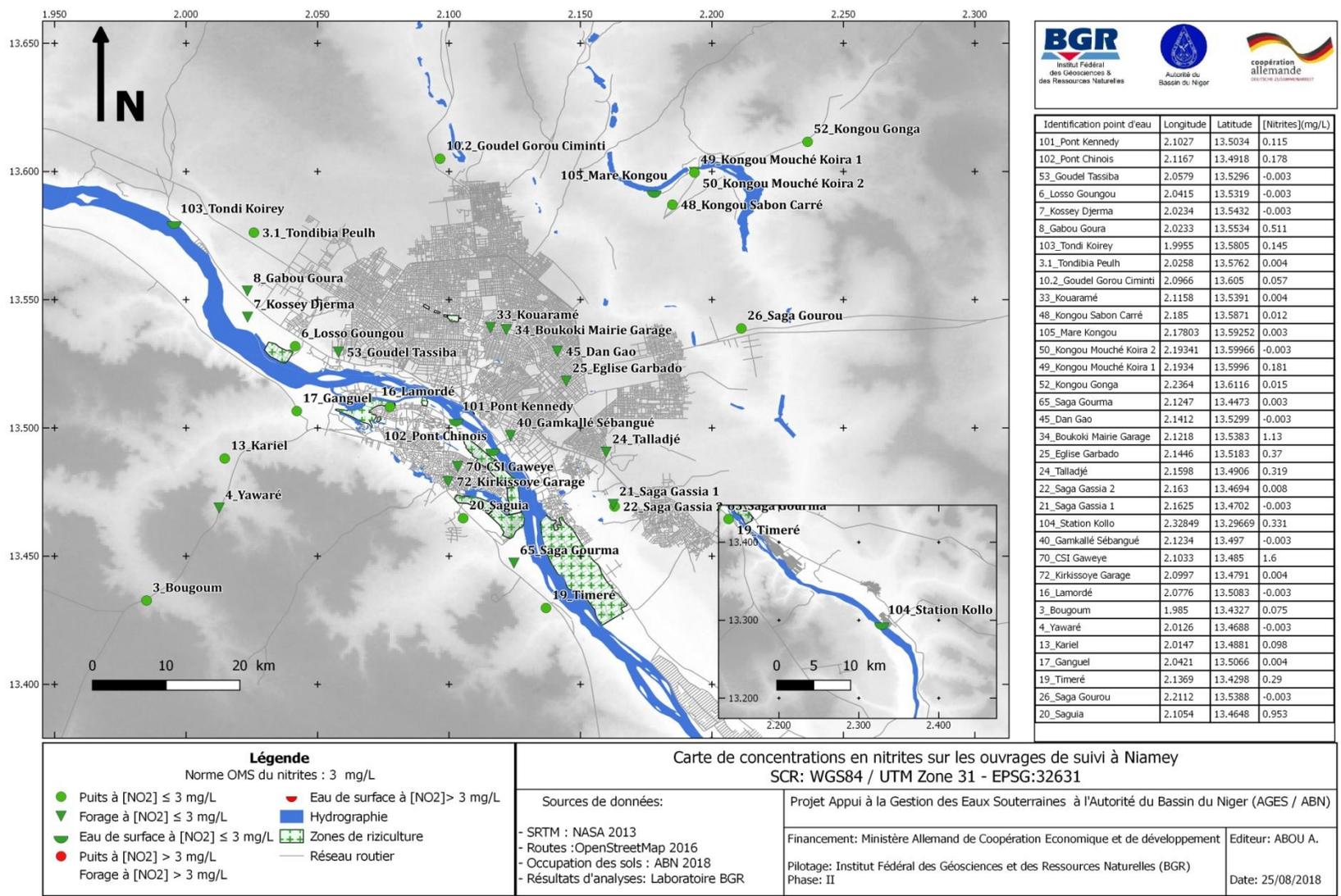


Annexe IV : Cartes thématiques de répartition des polluants en avril 2017

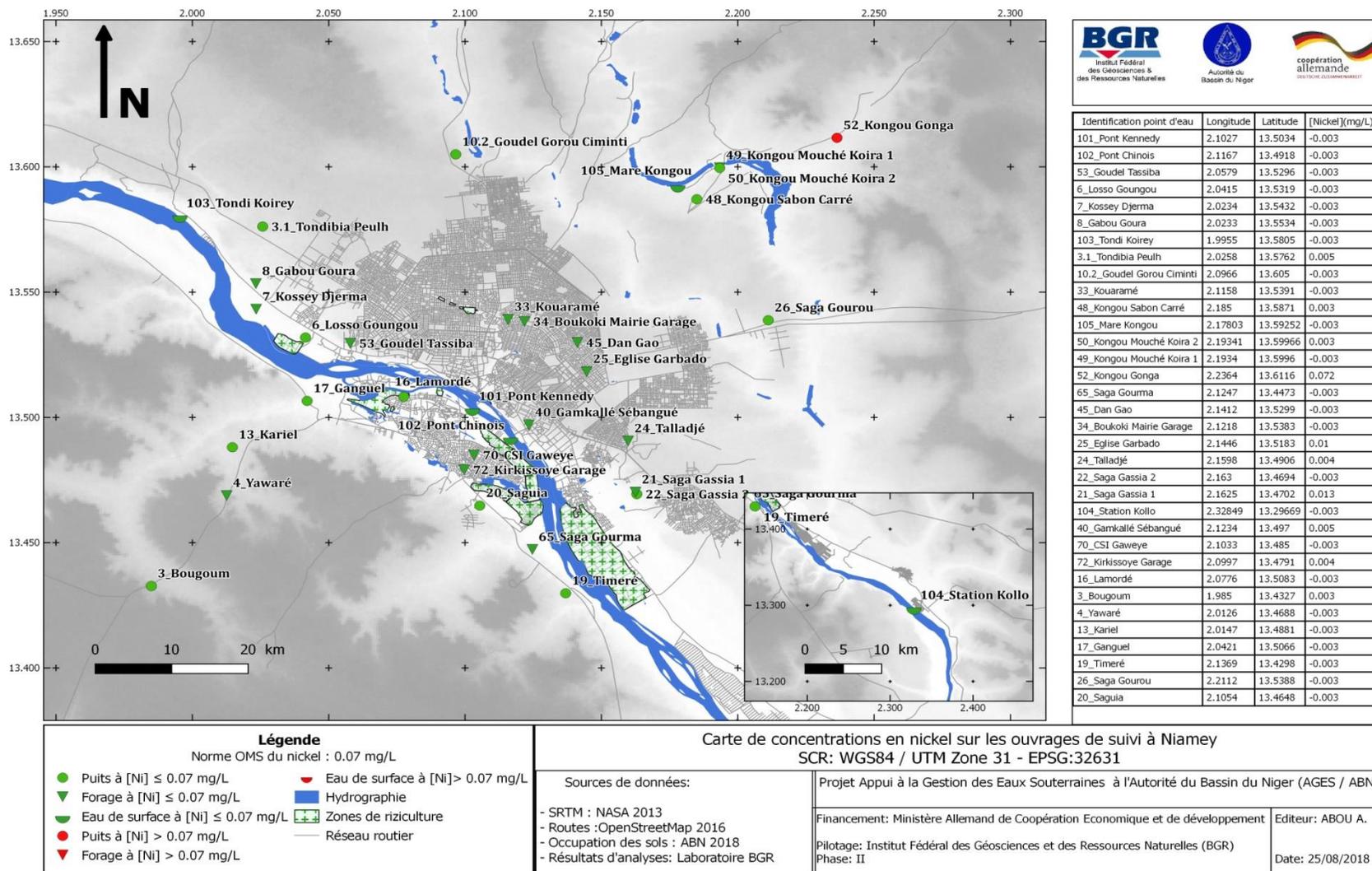
Annexe IV.A : Carte de distribution des nitrates en avril 2017



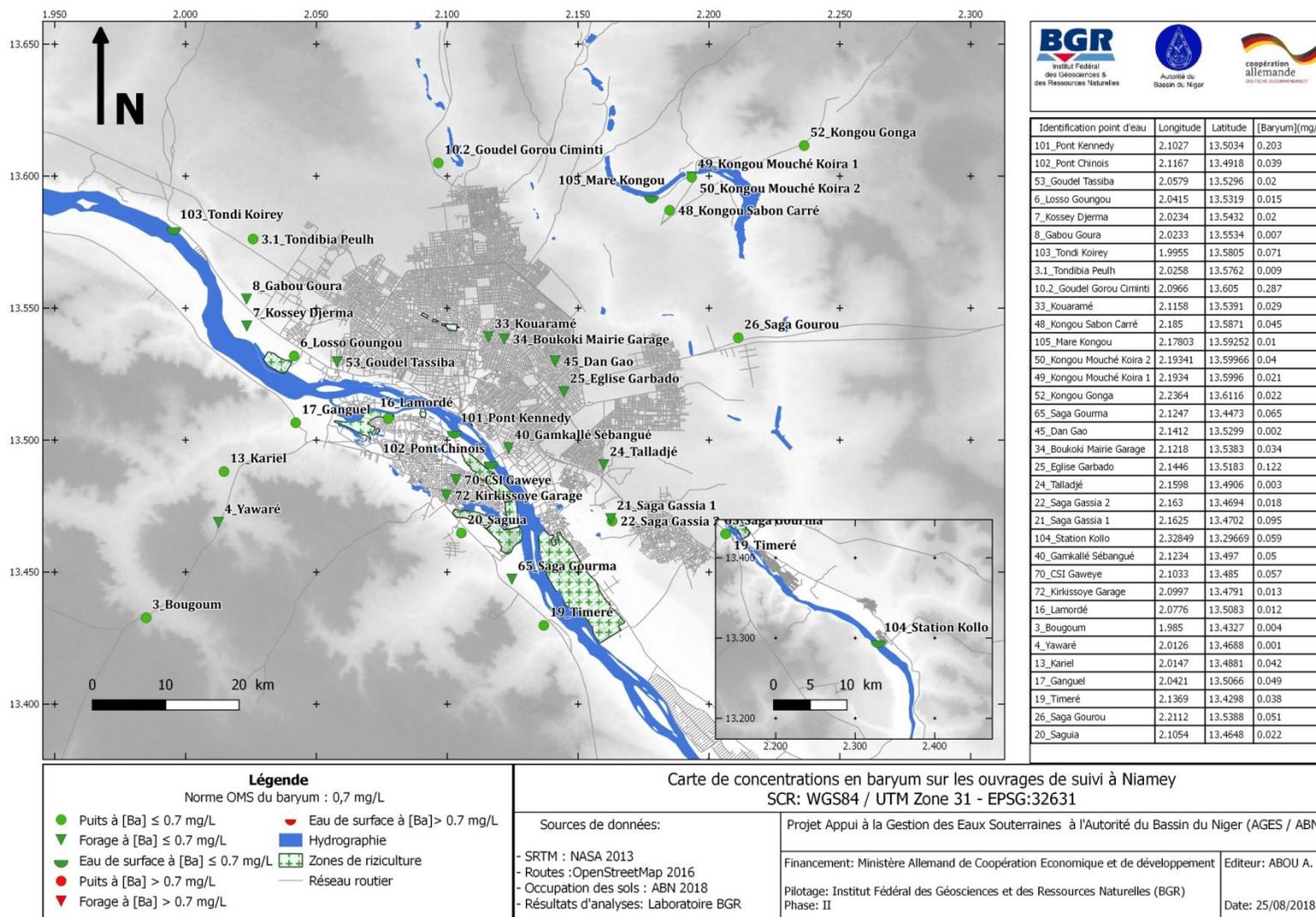
Annexe IV.B : Carte de distribution des nitrites en avril 2017



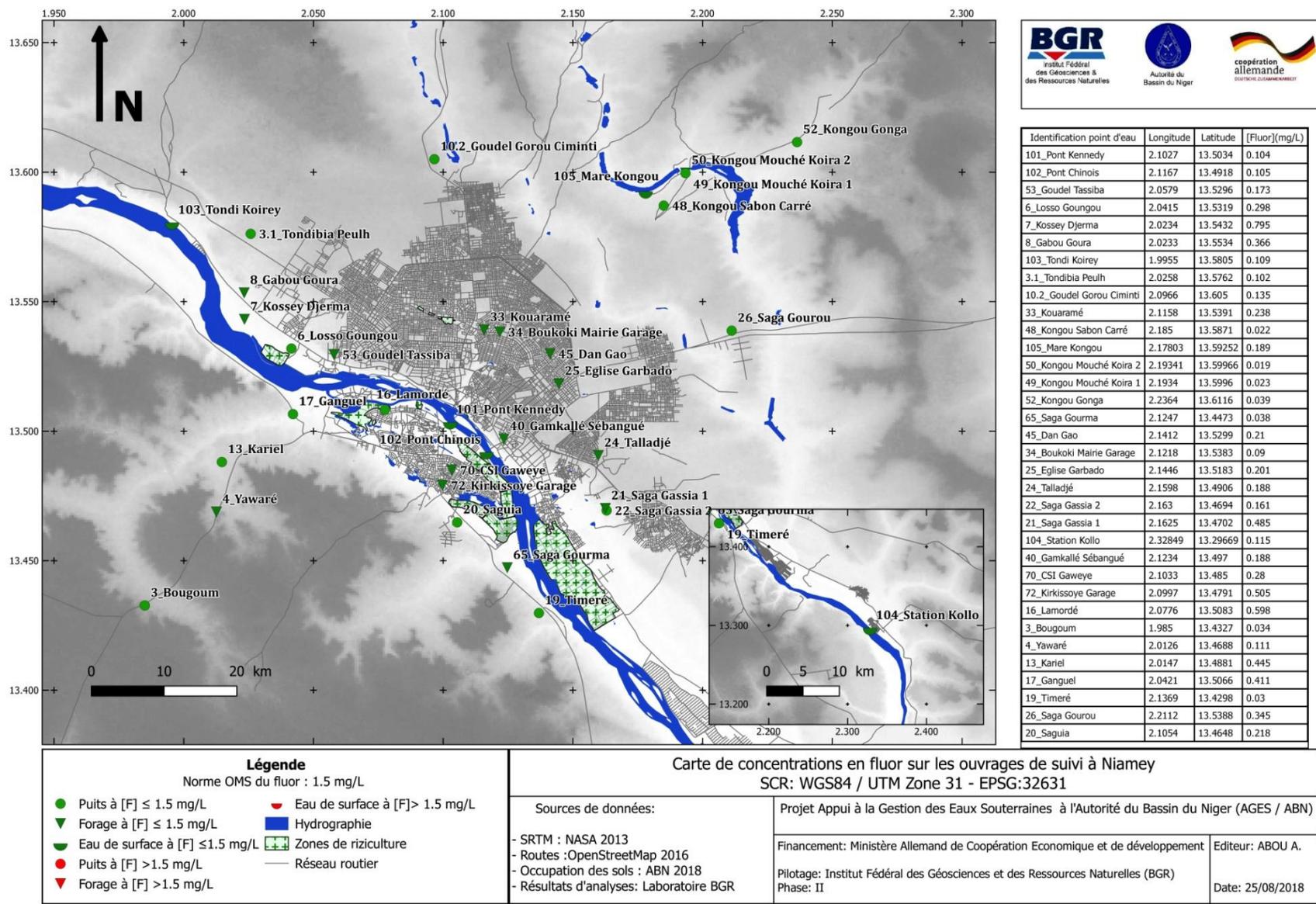
Annexe IV.C : Carte de distribution du nickel en avril 2017



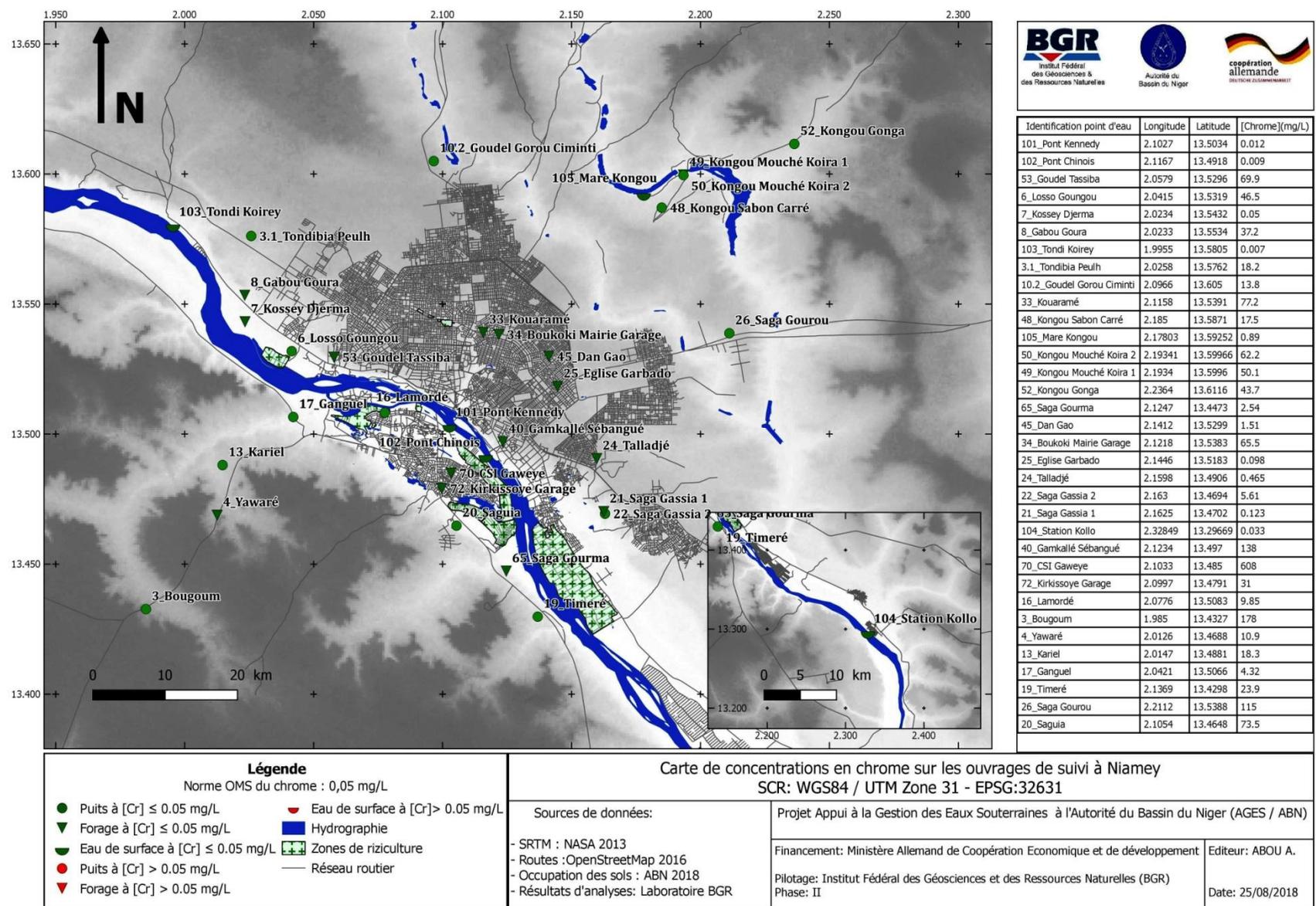
Annexe IV.D : Carte de distribution du baryum en avril 2017



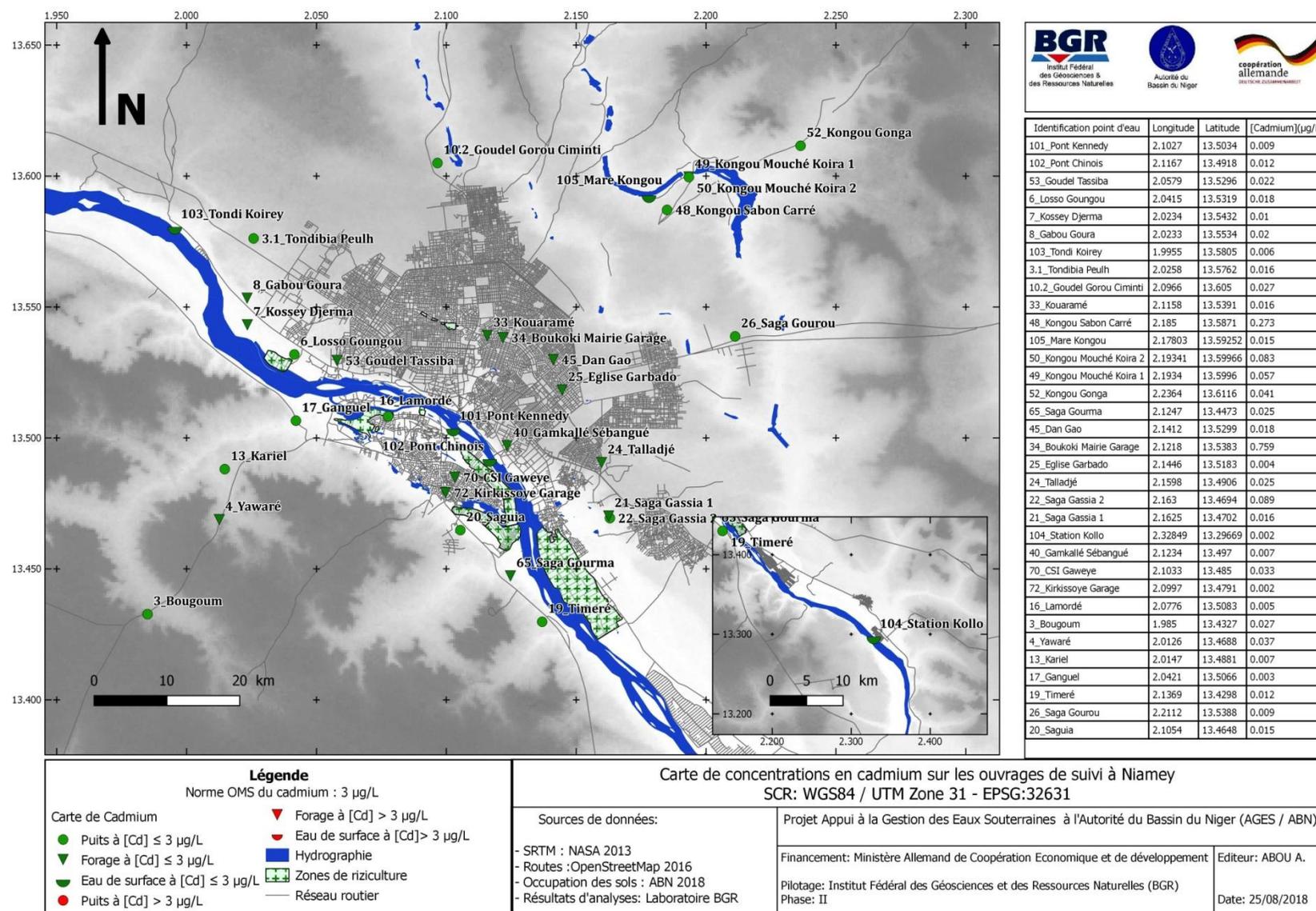
Annexe IV.E : Carte de distribution du fluor en avril 2017



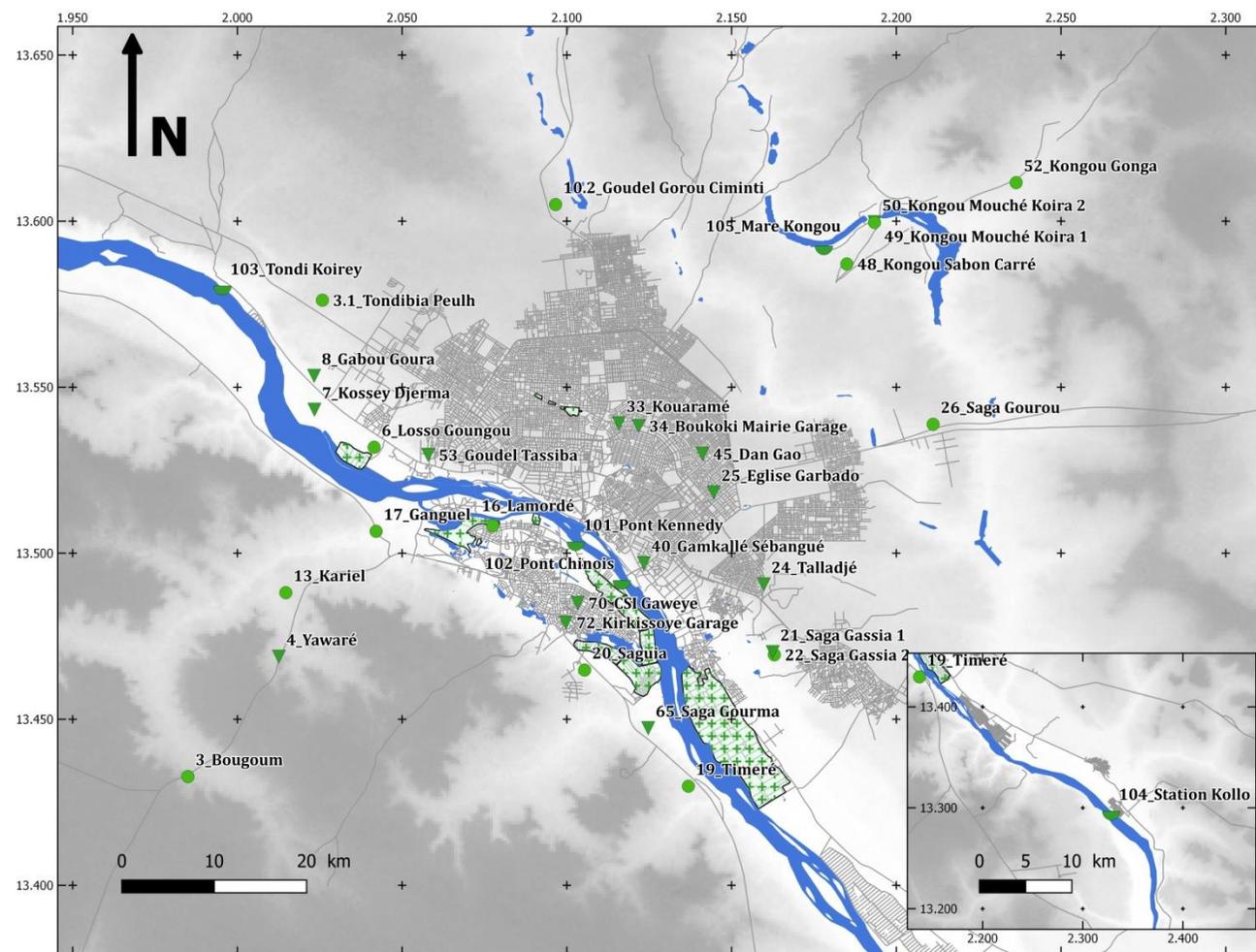
Annexe IV.F : Carte de distribution du chrome en avril 2017



Annexe IV.G : Carte de distribution du cadmium en avril 2017



Annexe IV.H : Carte de distribution de l'arsenic en avril 2017



Identification du site	Long_DEC	Lat_DEC	[Arsenic] (mg/l)
101_Pont Kennedy	2.1027	13.5034	-0.02
102_Pont Chinois	2.1167	13.4918	-0.02
53_Gourel Tassiba	2.0579	13.5296	-0.02
6_Losso Goungou	2.0415	13.5319	-0.02
7_Kossey Djerna	2.0234	13.5432	-0.02
8_Gabou Goura	2.0233	13.5534	-0.02
103_Tondi Koirey	1.9955	13.5805	-0.02
3.1_Tondibia Peulh	2.0258	13.5762	-0.02
10.2_Gourel Gorou Ciminti	2.0966	13.605	-0.02
33_Kouaramé	2.1158	13.5391	-0.02
48_Kongou Sabon Carré	2.185	13.5871	-0.02
105_Mare Kongou	2.17803	13.59252	-0.02
50_Kongou Mouché Koira 2	2.19341	13.59966	-0.02
49_Kongou Mouché Koira 1	2.1934	13.5996	-0.02
52_Kongou Gonga	2.2364	13.6116	-0.02
65_Saga Gourma	2.1247	13.4473	-0.02
45_Dan Gao	2.1412	13.5299	-0.02
34_Boukoki Mairie Garage	2.1218	13.5383	-0.02
25_Eglise Garbado	2.1446	13.5183	-0.02
24_Talladjé	2.1598	13.4906	-0.02
22_Saga Gassia 2	2.163	13.4694	-0.02
21_Saga Gassia 1	2.1625	13.4702	-0.02
104_Station Kollo	2.32849	13.29669	-0.02
40_Gamkallé Sébangué	2.1234	13.497	-0.02
70_CSI Gaweye	2.1033	13.485	-0.02
72_Kirkissoye Garage	2.0997	13.4791	-0.02
16_Lamordé	2.0776	13.5083	-0.02
3_Bougoum	1.985	13.4327	-0.02
4_Yawaré	2.0126	13.4688	-0.02
13_Kariel	2.0147	13.4881	-0.02
17_Ganguel	2.0421	13.5066	-0.02
19_Timeré	2.1369	13.4298	-0.02
26_Saga Gourou	2.2112	13.5388	-0.02

Légende

- Norme OMS de l'arsenic: 0.01 mg/L
- Puits à [As] ≤ 0.01 mg/L
 - ▼ Forage à [As] > 0.01 mg/L
 - ▼ Forage à [As] ≤ 0.01 mg/L
 - ▼ Eau de surface à [As] > 0.01 mg/L
 - ▼ Eau de surface à [As] ≤ 0.01 mg/L
 - Puits à [As] > 0.01 mg/L
 - Hydrographie
 - Réseau routier

Carte de concentrations en arsenic sur les ouvrages de suivi à Niamey

SCR: WGS84 / UTM Zone 31 - EPSG:32631

Sources de données:

- SRTM : NASA 2013
- Routes : OpenStreetMap 2016
- Occupation des sols : ABN 2018
- Résultats d'analyses: Laboratoire BGR

Projet Appui à la Gestion des Eaux Souterraines à l'Autorité du Bassin du Niger (AGES / ABN)

Financement: Ministère Allemand de Coopération Economique et de développement

Editeur: ABOU A.

Pilotage: Institut Fédéral des Géosciences et des Ressources Naturelles (BGR)

Phase: II

Date: 27/08/2018

Annexe V: Fiches techniques et coupes de forages des forages suivis (BRGM, 1985, Projet: AEP Niamey (2PH))

7_Kossey Djerma

Bureau de Recherches Géologiques et Minières - B.P. 6009 - Av de Concorde - 45060 ORLÉANS CEDEX - FRANCE

DESIGNATION DU FORAGE: NY.DISTRICT I KOSSEY N°I.R.H.: 21621

CARACTERISTIQUES ADMINISTRATIVES

PROJET : A.E.P NIAMEY PAYS : NIGER
 FINANCEMENT : P.A.C. INGENIEUR CONSEIL: S.R.S.M.
 MAITRE D'OEUVRE: M.H.E. ENTREPRENEUR : FORACO

REALISATION DU: 17/05/84 AU 18/05/84 DATE RECEP: / / N°PV:
 DEPARTEMENT : NIAMEY λ = 02° 01' 53"
 ARRONDISSEMENT: NIAMEY γ = 13° 32' 50"
 CANTON : NIAMEY z = 195.00 m Préc.: C (1/50000)
 VILLAGE : NY.DISTRICT I Population: ? habitants
 CARTE TOPO. : NIAMEY N° IGN: ND-31-IX

DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

Profondeur d'investigation: 40.00 m

MODE D'EXECUTION	Fluide	Diamètre	Prof. initiale	Prof. finale
1	Rotation	244 mm	0.00 m	8.00 m
2	M.F.T.	AIR	8.00 m	40.00 m

AQUIFERE	Nom	Type	Facès
Principal	SOCLE-META-LIFTAKO	Fissure	R. verte
Secondaire			

Epaisseur de recouvrement: 6 m Epaisseur d'altération: 0 m
 VENUES D'EAU: Prof(m)/Débit cum(m³/h): 21/1.1; 22/1.5

TYPE DE CREPINE	Diamètre	Ouverture	Cote sommet	Cote base	
1	P.V.C	140 mm	1.0 mm	16.53 m	28.18 m

Profondeur d'équipement: 40.00 m Hauteur Utile: 11.65 m

TYPE DE TUBAGE	Diamètre	Cote sommet	Cote base	
1	P.V.C	140 mm	0.00 m	16.53 m
2	P.V.C	140 mm	28.18 m	40.00 m

Cimentation: de 0 à 5 m; Granulo.: 1/3 mm hauteur: 33.0 m
 Massif filtrant: roule silic.

POMPAGE D'ESSAI

POMPAGE DE DEVELOPPEMENT
 Date: 21/05/84 Type: air lift Q max: 1.5 m³/h Durée: 1 h 00 mn
 Type: Q max: 0.0 m³/h Durée: 0 h 00 mn

POMPAGE D'ESSAI
 Date: 21/05/84 Durée descente: 3 h 00 mn Durée remontée: 3 h 00 mn
 NIVEAU STATIQUE/sp1: 16.47 m

Paliers	Débit	Durée	Niv. dynamique	Rabattement
1	1.44 m³/h	3 h 00 mn	17.75 m	1.28 m

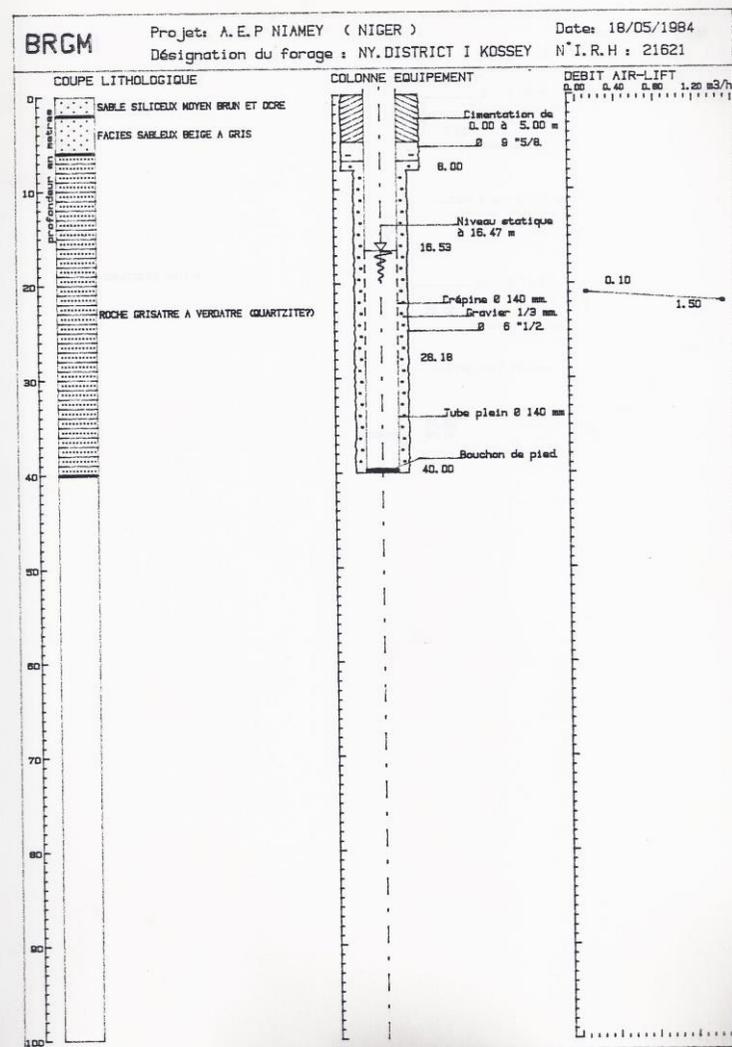
CARACTERISTIQUES: T= 2.7 10⁻⁴ m²/s S = 0/e= 1.12 m³/h/m
 conductivité= résistivité=
 Temp. air= 30 °C Temp. eau= 30 °C PH=

EQUIPEMENT DE L'OUVRAGE

POMPE(S): 1 Marque: BOURBA Type: BR 2000
 Date d'installation: 11/07/84 Cote d'installation: 35.0 m
 SUPERSTRUCTURES: Margeille Simple Capot Fermeture Anti-bourbier

OBSERVATIONS

GEOMORPHOLOGIE:
 Doc. Annex: ANALYSE-EAU BACTERIO-EAU
 FORAGE EXPLOITABLE



8_Gabou Goura

Bureau de Recherches Géologiques et Minières - B.P. 6009 - Av de Concor - 45060 ORLEANS CEDEX - FRANCE

No IRH : 24111 NIGER No de classement: 18

CARACTERISTIQUES ADMINISTRATIVES

PROJET : AEP NIAMEY(2PH) MAITRE D'OEUVRE : MHE DIH
 FINANCEMENT : FAC INGENIEUR CONSEIL : B.R.G.M.
 MARCHE : FORAGES NIAMEY ENTREPRENEUR : FORACO
 NUMERO DU PV : DATE RECEPTION :

DEPARTEMENT : NIAMEY
 COMMUNE : NIAMEY X = 02°01'28"
 DISTRICT : DISTRICT I Y = 13°33'09"
 QUARTIER : GABO-GOURA Z = 189.00 m (+/- 5 m)
 VILLAGE : GABO-GOURA (habitants)
 CARTE TOPO. : NIAMEY (numero:)

DESCRIPTION DU FORAGE

Forage exploite effectue du 30/05/85 au 30/05/85
 Profondeur d'investigation: 45.0 m (equipe jusqu'a 45.0 m)

MODE D'EXECUTION

		diametre	cote sommet	cote base
1	Rotary boue	244 mm	0.00 m	14.00 m
2	M.F.T. air	165 mm	14.00 m	45.00 m

AQUIFERE

Nom	Facies	Type
Principal S.M.LIPTAK	Quartzite	fracture

VENUES D'EAU: Prof. (m): 21.00 24.00 31.00 42.00
 Debits cum. (m3/h): 0.50 0.90 0.95 1.00

TUBAGE

type	diametre	cote sommet	cote base
1 PVC	140 mm	+ 0.57 m	21.26 m
2 PVC	140 mm	33.07 m	45.00 m

CREPINES type et ouvert.

type	diametre	cote sommet	cote base
1 PVC	1 mm	140 mm	21.26 m
			33.07 m

GRAVIER : roule later. Granulo: 1/3 Hauteur: 34.00 m
 CIMENTATION: de la cote 0.0 m a la cote 3.0 m
 de la cote 9.0 m a la cote 11.0 m

DESCRIPTION DES POMPAGES

POMPAGE DE DEVELOPPEMENT (effectue le 04/06/85)
 POMPAGE D'ESSAI (effectue le 05/06/85)

N.S./sol:	Duree pomp.:	Duree remontee:
16.78 m	3 h 00 mn	2 h 00 mn

Palier	type	duree	debit	niv. dyn.	rabatt.
1	pompage	3 h 00 mn	0.73 m3/h	24.27 m	7.49 m

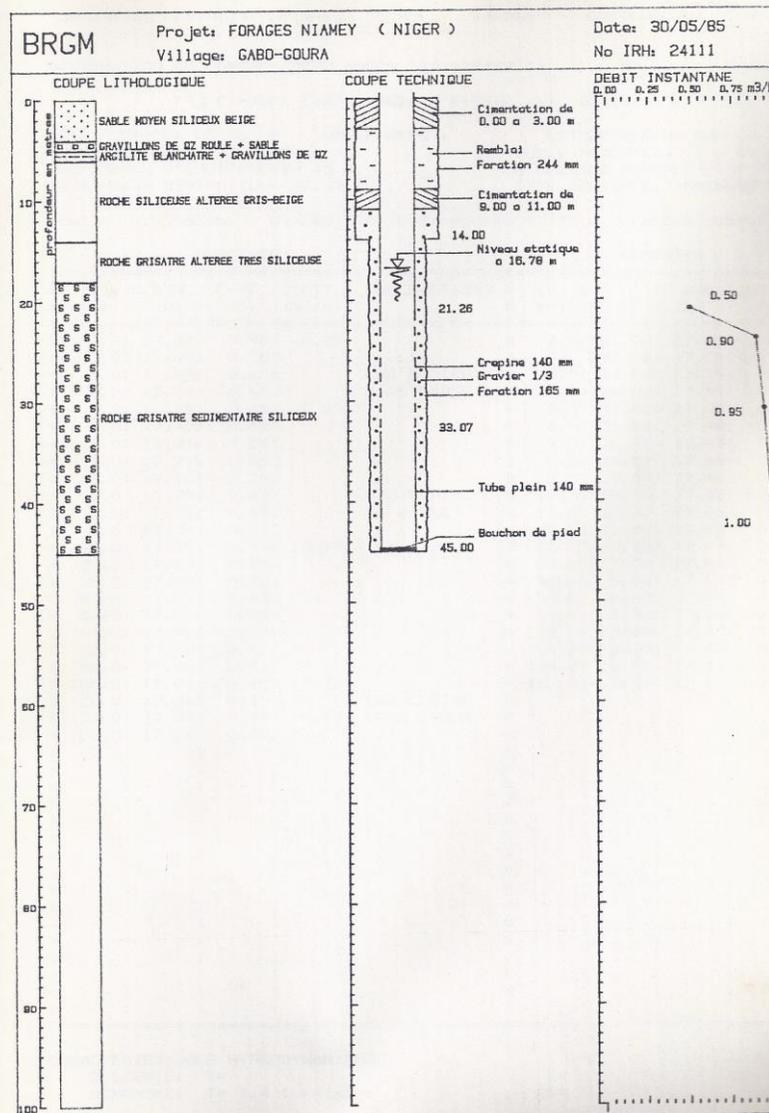
Température eau : pH =
 Conductivité à 20°: Q/s =

EQUIPEMENT DE L'OUVRAGE

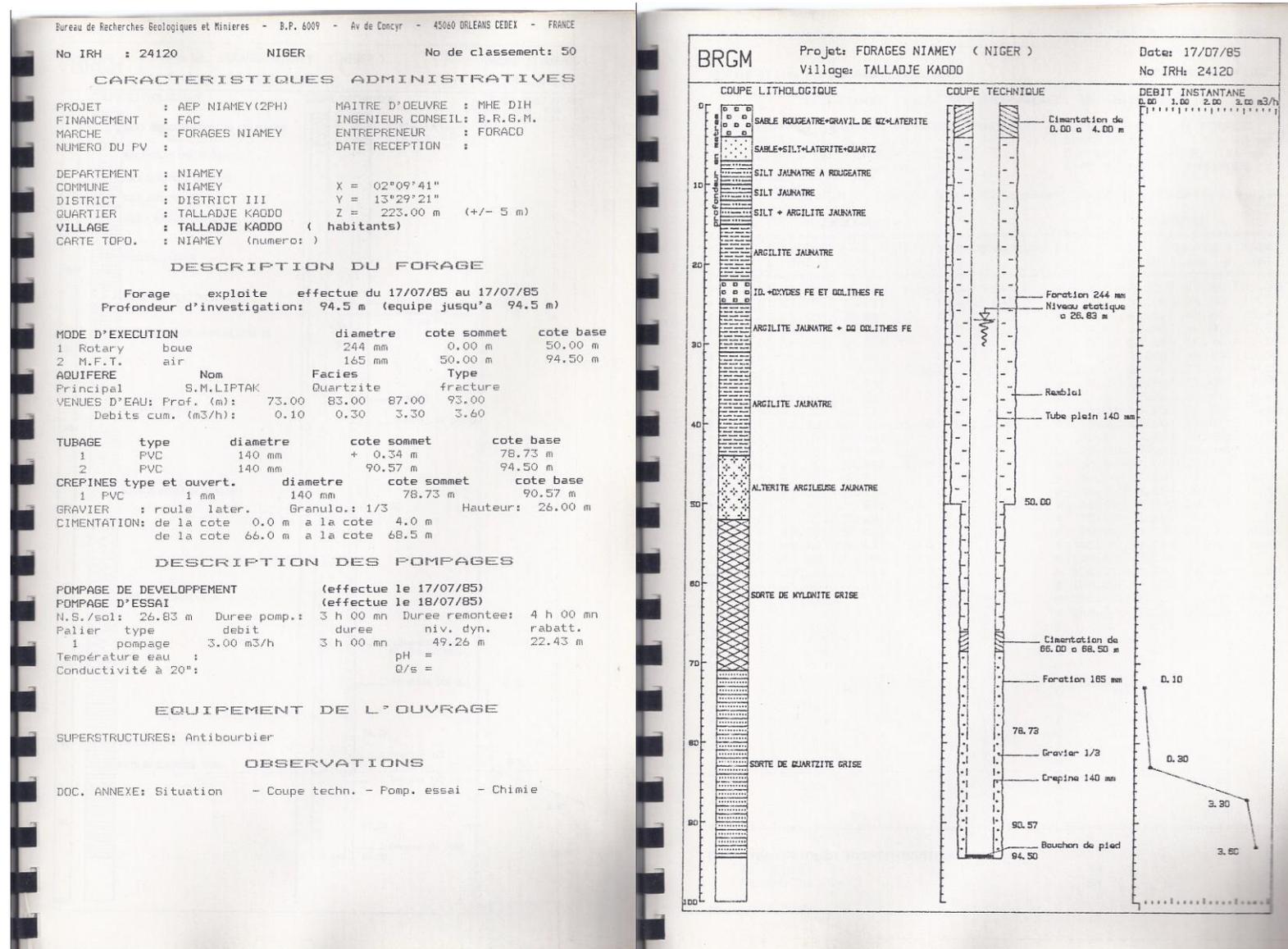
SUPERSTRUCTURES: Antibourbier

OBSERVATIONS

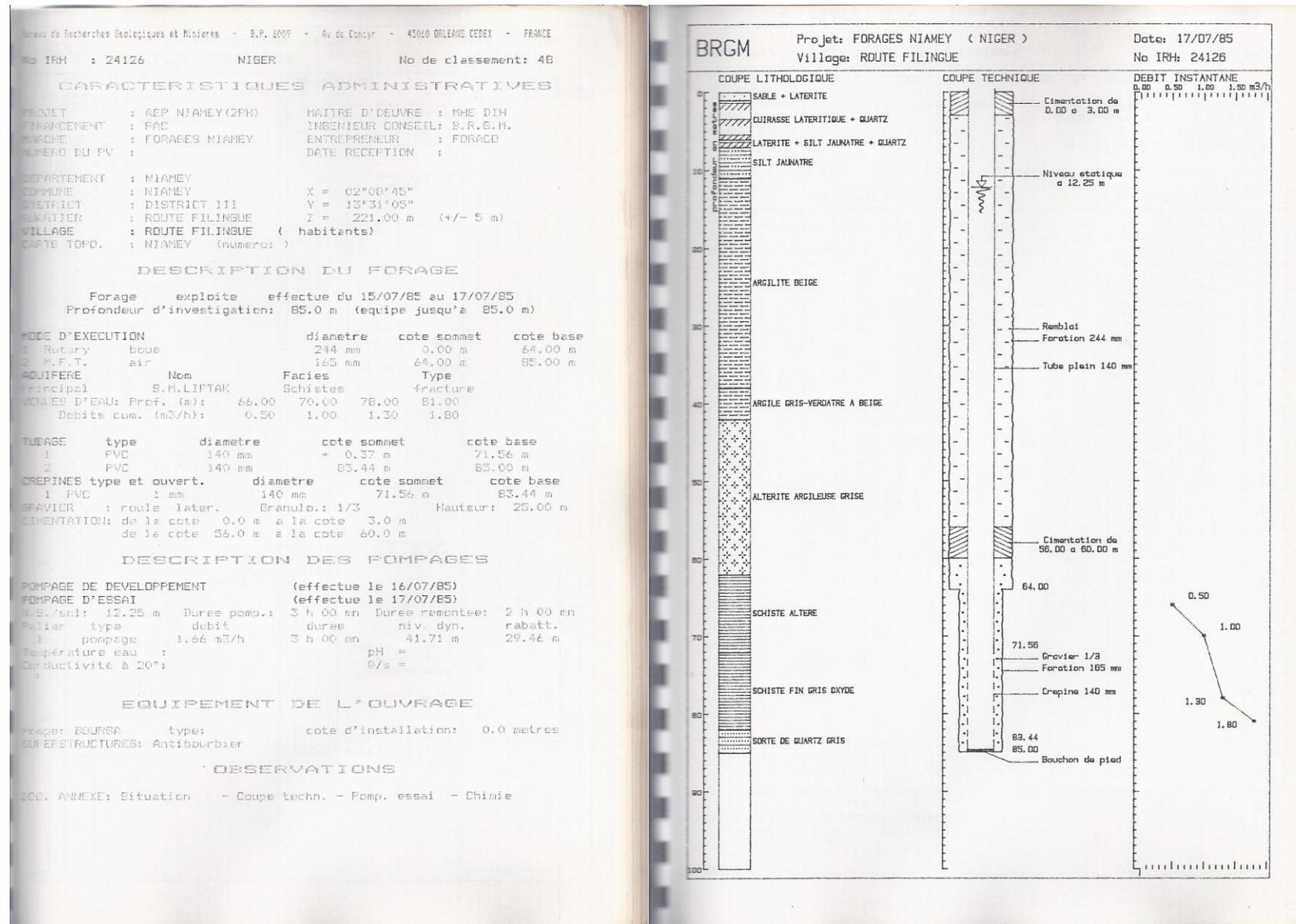
DOC. ANNEXE: Situation - Coupe techn. - Pomp. essai - Chimie



24_Talladjé



25_Eglise Garbado



33_Kouaramé

Bureau de Recherches Géologiques et Minières - B.P. 6009 - Av de Concyr - 45060 ORLEANS CEDEX - FRANCE

No IRH : 24084 NIGER No de classement: 32

CARACTERISTIQUES ADMINISTRATIVES

PROJET : AEP NIAMEY (2PH) MAITRE D'OEUVRE : MHE DIH
 FINANCEMENT : FAC INGENIEUR CONSEIL: B.R.G.M.
 MARCHE : FORAGES NIAMEY ENTREPRENEUR : FORACO
 NUMERO DU PV : DATE RECEPTION :

DEPARTEMENT : NIAMEY
 COMMUNE : NIAMEY X = 02°06'57"
 DISTRICT : DISTRICT II Y = 13°32'20"
 QUARTIER : BOUKOKI Z = 198.00 m (+/- 5 m)
 VILLAGE : BOUKOKI (habitants)
 CARTE TOPD. : NIAMEY (numero:)

DESCRIPTION DU FORAGE

Forage exploite effectue du 17/06/85 au 17/06/85
 Profondeur d'investigation: 72.0 m (equipe jusqu'a 71.0 m)

MODE D'EXECUTION diametre cote sommet cote base
 1 Rotary boue 311 mm 0.00 m 72.00 m

AQUIFERE Nom Facies Type
 Principal S.M.LIPTAK Schistes fracture

VENUES D'EAU: Prof. (m): 48.00 51.00 65.00 66.00 67.00 70.00
 Debits cum. (m3/h): 2.00 4.90 5.00 9.00 16.40 22.00

TUBAGE type diametre cote sommet cote base
 1 PVC 200 mm + 0.60 m 51.96 m
 2 PVC 200 mm 69.72 m 71.00 m

CREPINES type et ouvert. diametre cote sommet cote base
 1 PVC 1 mm 200 mm 51.96 m 69.72 m
 Hauteur: 29.00 m

GRAVIER : roule later. Granulo.: 1/3
 CIMENTATION: de la cote 0.0 m a la cote 5.0 m
 de la cote 39.0 m a la cote 42.0 m

DESCRIPTION DES POMPAGES

POMPAGE DE DEVELOPPEMENT (effectue le 19/06/85)
 POMPAGE D'ESSAI (effectue le 24/06/85)

N.S./sol:	Duree pomp.:	debit	duree	Duree remontee:	6 h 00 mn
1	10.47 m	5.02 m3/h	4 h 00 mn	niv. dyn. 17.40 m	rabatt. 6.93 m
2		9.82 m3/h	4 h 00 mn	24.40 m	13.93 m
3		15.43 m3/h	6 h 00 mn	34.00 m	23.53 m

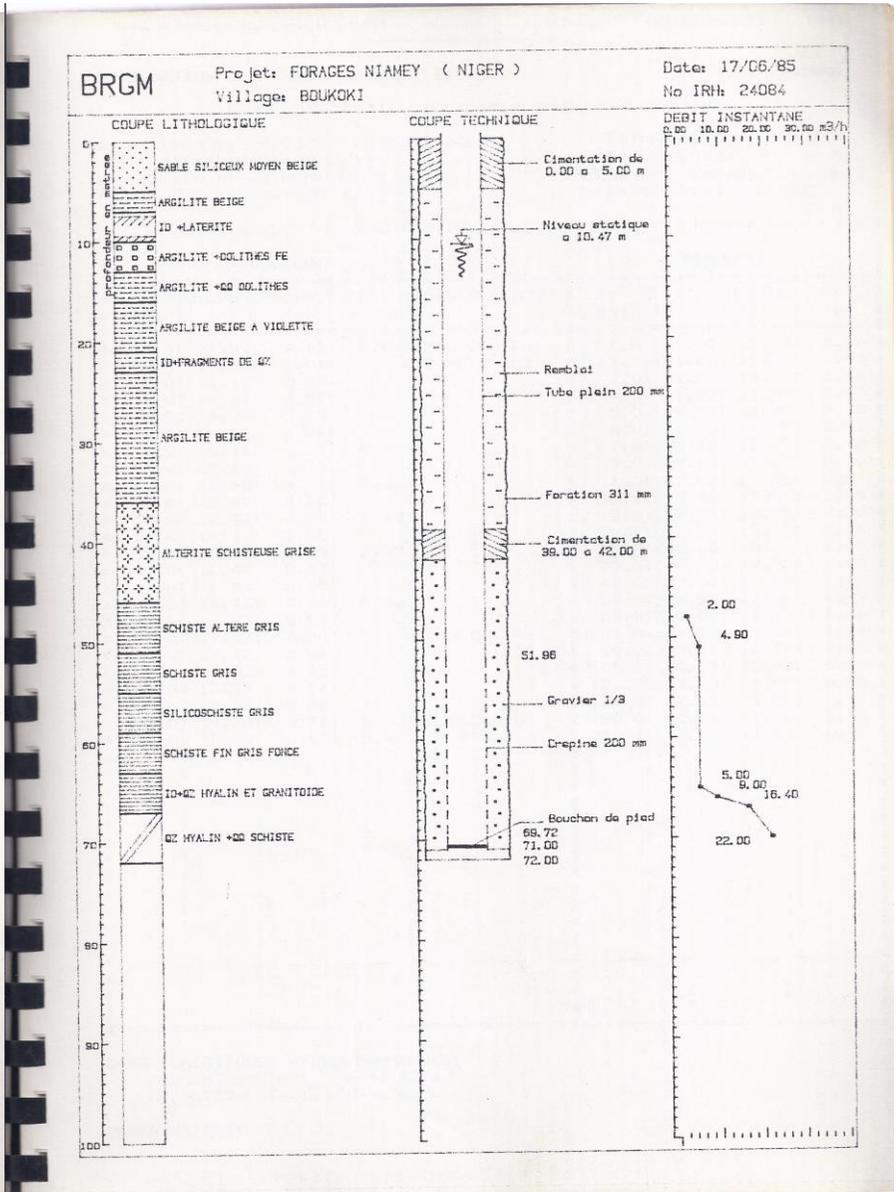
Temperature eau : pH =
 Conductivité à 20°: 0/s =

EQUIPEMENT DE L'OUVRAGE

SUPERSTRUCTURES: Antibourbier

OBSERVATIONS

DOC. ANNEXE: Situation - Coupe techn. - Pomp. essai - Chimie



40_Gamkallé Sébangué

Bureau de Recherches Géologiques et Minières - B.P. 6009 - Av de Concyr - 45060 ORLEANS CEDEX - FRANCE

No IRH : 24130 NIGER No de classement: 58

CARACTERISTIQUES ADMINISTRATIVES

PROJET : AEP NIAMEY(2PH) MAITRE D'OEUVRE : MHE DIH
 FINANCEMENT : FAC INGENIEUR CONSEIL: B.R.G.M.
 MARCHE : FORAGES NIAMEY ENTREPRENEUR : FORACO
 NUMERO DU PV : DATE RECEPTION :

DEPARTEMENT : NIAMEY
 COMMUNE : NIAMEY X = 02°07'27"
 DISTRICT : DSITRICT IV Y = 13°29'47"
 QUARTIER : GAMKALLE Z = 204.00 m (+/- 5 m)
 VILLAGE : GAMKALLE (habitants)
 CARTE TOPO. : NIAMEY (numero:)

DESCRIPTION DU FORAGE

Forage exploite effectuée du 30/07/85 au 31/07/85
 Profondeur d'investigation: 57.0 m (equipe jusqu'a 57.0 m)

MODE D'EXECUTION		diametre	cote sommet	cote base
1 Rotary boue		244 mm	0.00 m	35.00 m
2 M.F.T. air		165 mm	35.00 m	57.00 m

AQUIFERE	Nom	Facies	Type
Principal	S.M.LIPTAK	Grauw.	fracture

VENUES D'EAU:	Prof. (m):	45.00	46.00
Debits cum. (m3/h):		0.50	3.20

TUBAGE	type	diametre	cote sommet	cote base
1	PVC	140 mm	+ 0.40 m	42.65 m
2	PVC	140 mm	54.14 m	57.00 m

CREPINES type et ouvert.	diametre	cote sommet	cote base
1 PVC 1 mm	140 mm	42.65 m	54.14 m

GRAVIER : roule later. Granulo.: 1/3 Hauteur: 25.00 m
 CIMENTATION: de la cote 0.0 m a la cote 4.0 m
 de la cote 29.0 m a la cote 32.0 m

DESCRIPTION DES POMPAGES

POMPAGE DE DEVELOPPEMENT (effectue le 01/08/85)
 POMPAGE D'ESSAI (effectue le 02/08/85)

N.S./sol:	Duree pomp.:	3 h 00 mn	Duree remontee:	3 h 00 mn
Palier type	debit	duree	niv. dyn.	rabatt.
1 pompage	3.20 m3/h	3 h 00 mn	31.46 m	14.60 m

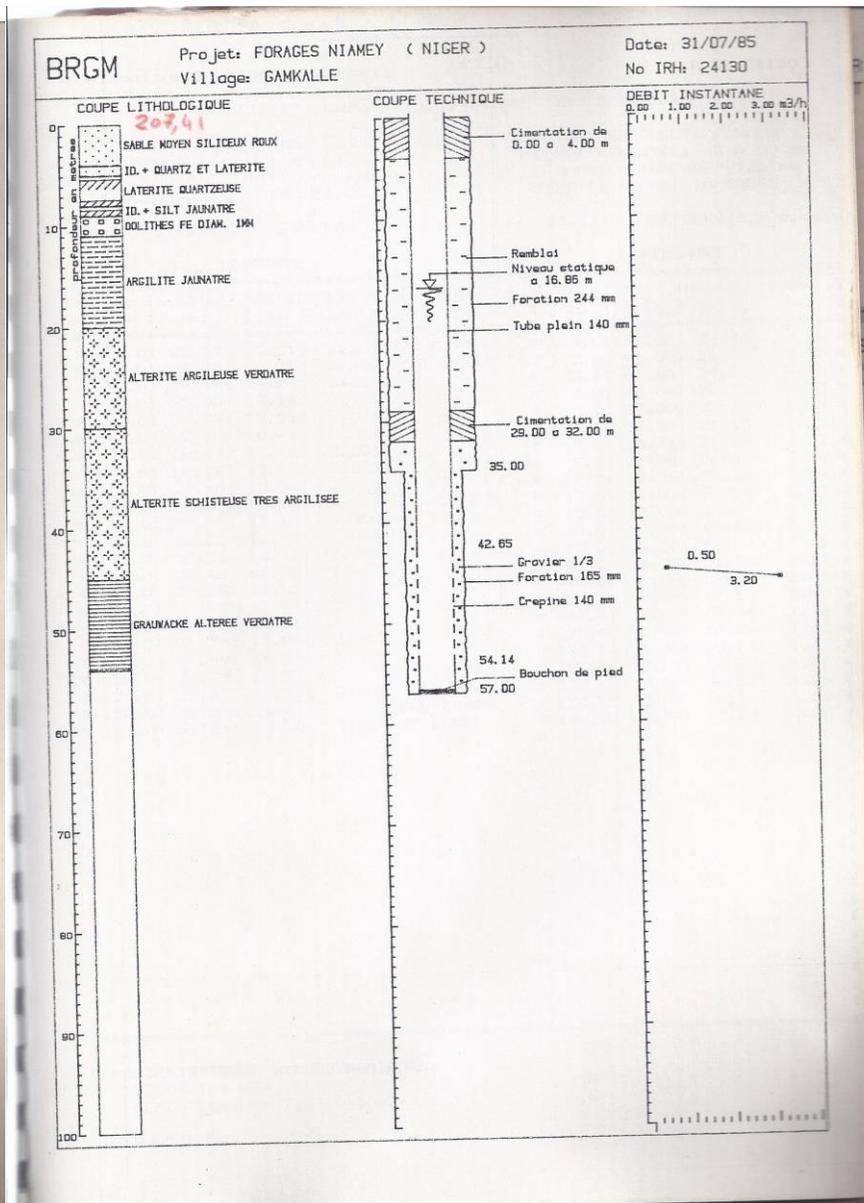
Température eau : pH =
 Conductivité à 20°: Q/s =

EQUIPEMENT DE L'OUVRAGE

SUPERSTRUCTURES: Antibourbier

OBSERVATIONS

DOC. ANNEXE: Situation - Coupe techn. - Pomp. essai - Chimie



41_Gamkallé Gollé

Bureau de Recherches Géologiques et Minières - B.P. 6009 - Av de Concy - 45060 ORLEANS CEDEX - FRANCE

No IRH : 24131 NIGER No de classement: 57

CARACTERISTIQUES ADMINISTRATIVES

PROJET : AEP NIAMEY(2PH) MAITRE D'OEUVRE : MHE DIH
 FINANCEMENT : FAC INGENIEUR CONSEIL: B.R.G.M.
 MARCHÉ : FORAGES NIAMEY ENTREPRENEUR : FORACO
 NUMERO DU PV : DATE RECEPTION :

DEPARTEMENT : NIAMEY
 COMMUNE : NIAMEY X = 02°07'47"
 DISTRICT : DISTRICT IV Y = 13°29'20"
 QUARTIER : GAMKALLE GOLLE Z = 194.00 m (+/- 5 m)
 VILLAGE : GAMKALLE GOLLE (habitants)
 CARTE TOPO. : NIAMEY (numero:)

DESCRIPTION DU FORAGE

Forage exploite effectuée du 29/07/85 au 30/07/85
 Profondeur d'investigation: 54.0 m (equipe jusqu'a 54.0 m)

MODE D'EXECUTION	diametre	cote sommet	cote base
1 Rotary boue	244 mm	0.00 m	18.50 m
2 M.F.T. air	165 mm	18.50 m	54.00 m

AQUIFERE	Nom	Facies	Type
Principal	SOCLE META	Quartzite	fracture

VENUES D'EAU: Prof. (m):	38.00	42.00	44.00	49.00
Debits cum. (m3/h):	1.50	3.60	4.50	5.40

TUBAGE	type	diametre	cote sommet	cote base
1	PVC	140 mm	+ 0.50 m	39.11 m
2	PVC	140 mm	50.90 m	54.00 m

CREPINES type et ouvert. diametre cote sommet cote base
 1 PVC 1 mm 140 mm 39.11 m 50.90 m

GRAVIER : roue later. Granulo.: 1/3 Hauteur: 25.00 m
 CIMENTATION: de la cote 0.0 m a la cote 4.0 m
 de la cote 26.0 m a la cote 29.0 m

DESCRIPTION DES POMPAGES

POMPAGE DE DEVELOPPEMENT (effectue le 03/07/85)
 POMPAGE D'ESSAI (effectue le 01/08/85)

N.S./sol:	Duree pomp.:	Duree remonte:	2 h 00 mn
15.44 m	3 h 00 mn	19.58 m	4.14 m

Palier type debit duree niv. dyn. rabatt.
 1 pompage 4.32 m3/h 3 h 00 mn 19.58 m 4.14 m

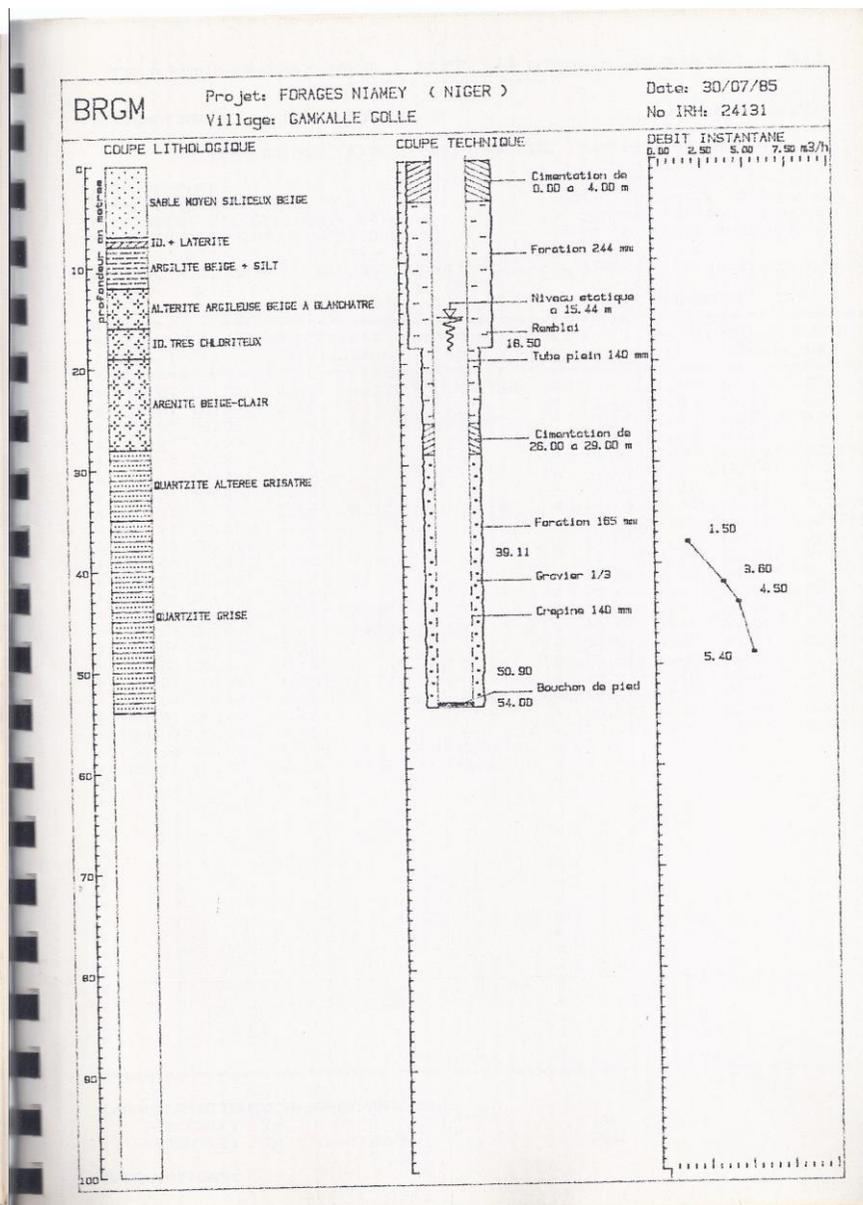
Température eau : pH =
 Conductivité à 20°: Q/s =

EQUIPEMENT DE L'OUVRAGE

SUPERSTRUCTURES: Antiburrier

OBSERVATIONS

DOC. ANNEXE: Situation - Coupe techn. - Pomp. essai - Chimie



45_Dan Gao

Bureau de Recherches Géologiques et Minières - B.P. 6009 - Av de Concor - 45060 ORLÉANS CEDEX - FRANCE

No IRH : 24128 NIGER No de classement: 41

CARACTERISTIQUES ADMINISTRATIVES

PROJET : AEP NIAMEY(2PH) MAITRE D'OEUVRE : MHE DIH
 FINANCEMENT : FAC INGENIEUR CONSEIL: B.R.G.M.
 MARCHE : FORAGES NIAMEY ENTREPRENEUR : FORACO
 NUMERO DU PV : DATE RECEPTION :

DEPARTEMENT : NIAMEY
 COMMUNE : NIAMEY X = 02°08'32"
 DISTRICT : DISTRICT III Y = 13°31'48"
 QUARTIER : MEDINA EST Z = 225.00 m (+/- 5 m)
 VILLAGE : MEDINA EST (habitants)
 CARTE TOPO. : NIAMEY (numero:)

DESCRIPTION DU FORAGE

Forage exploite effectuée du 01/07/85 au 01/07/85
 Profondeur d'investigation: 81.0 m (équipe jusqu'à 81.0 m)

MODE D'EXECUTION

		diametre	cote sommet	cote base
1	Rotary boue	362 mm	0.00 m	57.00 m
2	M.F.T. air	267 mm	57.00 m	81.00 m

AQUIFERE

Principal	Nom	Facies	Type
	S.M.LIPTAK	Schistes	fracture

VENUES D'EAU: Prof. (m): 63.00 68.00 72.00 76.00 79.00 81.00
 Debits cum. (m3/h): 2.00 4.20 8.40 11.50 15.40 16.00

TUBAGE

type	diametre	cote sommet	cote base
Souten. PVC	250 mm	+ 0.00 m	57.00 m
1 PVC	200 mm	+ 0.55 m	60.53 m
2 PVC	200 mm	78.31 m	81.00 m

CREPINES type et ouvert.

type	diametre	cote sommet	cote base
1 PVC 1 mm	200 mm	60.53 m	78.31 m

GRAVIER : roule later. Granulo.: 1/3 Hauteur: 52.00 m
 CIMENTATION: de la cote 0.0 m a la cote 4.0 m
 de la cote 49.0 m a la cote 52.0 m

DESCRIPTION DES POMPAGES

POMPAGE DE DEVELOPPEMENT (effectue le 03/07/85)
 POMPAGE D'ESSAI (effectue le 09/07/85)

N.S./sol:	17.02 m	Duree pomp.:	4 h 00 mn	Duree remontee:	4 h 00 mn
Palier type	debit	duree	niv. dyn.	rabatt.	
1 pompage	5.15 m3/h	4 h 00 mn	21.02 m	4.00 m	

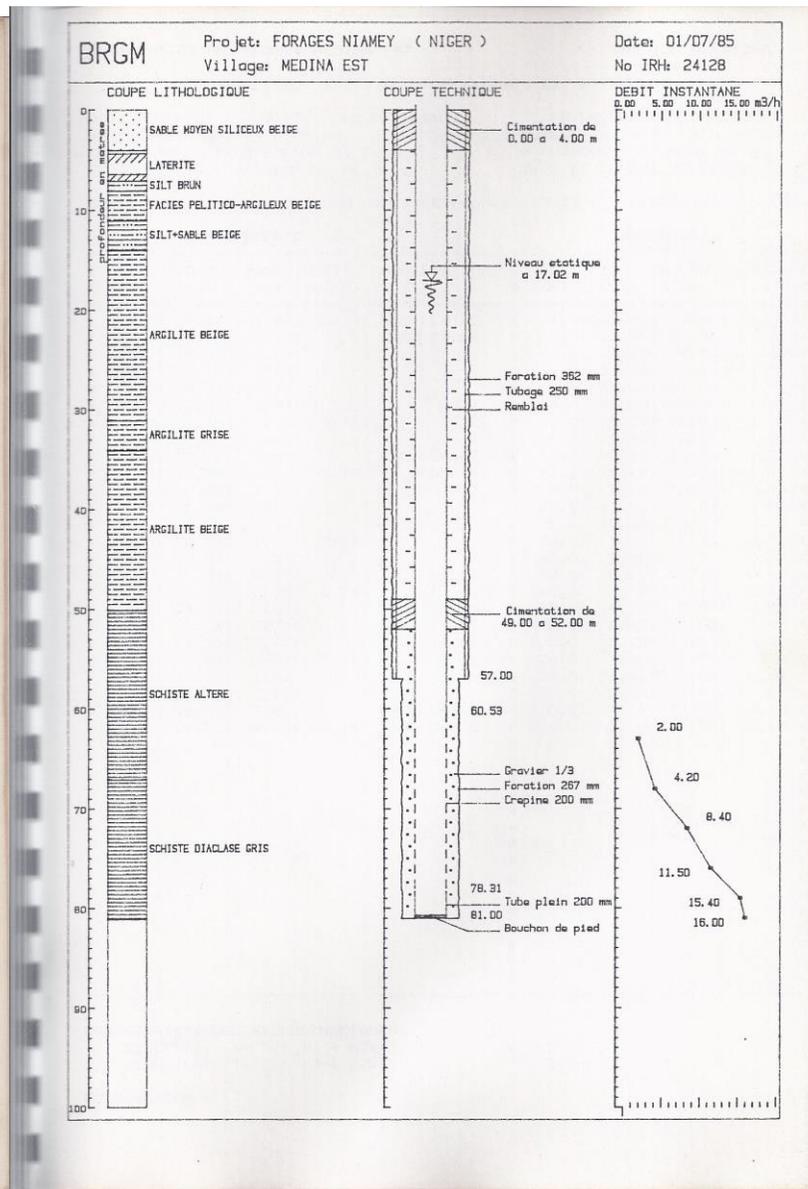
Température eau : pH =
 Conductivité à 20°: Q/s =

EQUIPEMENT DE L'OUVRAGE

SUPERSTRUCTURES: Antibourbier

OBSERVATIONS

DOC. ANNEXE: Situation - Coupe techn. - Pomp. essai - Chimie



70_CSI Gaweye

Bureau de Recherches Géologiques et Minières - B.P. 6009 - Av de Concor - 45060 ORLEANS CEDEX - FRANCE

No IRH : 24145 NIGER No de classement: 66

CARACTERISTIQUES ADMINISTRATIVES

PROJET : AEP NIAMEY (2PH) MAITRE D'OEUVRE : MHE DIH
 FINANCEMENT : FAC INGENIEUR CONSEIL: B.R.G.M.
 MARCHE : FORAGES NIAMEY ENTREPRENEUR : FORACO
 NUMERO DU PV : DATE RECEPTION :

DEPARTEMENT : NIAMEY X = 02°06'15"
 COMMUNE : NIAMEY Y = 13°29'03"
 DISTRICT : DISTRICT V Z = 187.00 m (+/- 5 m)
 QUARTIER : GAWEYE
 VILLAGE : GAWEYE (habitants)
 CARTE TOPO. : NIAMEY (numero:)

DESCRIPTION DU FORAGE

Forage exploite effectuée du 12/08/85 au 12/08/85
 Profondeur d'investigation: 40.0 m (équipe jusqu'à 40.0 m)

MODE D'EXECUTION		diametre	cote sommet	cote base
1 Rotary	boue	244 mm	0.00 m	14.00 m
2 M.F.T.	air	145 mm	14.00 m	40.00 m

AQUIFERE	Nom	Facies	Type
Principal	SOCLE META	Gr.gnei	fracture

VENUES D'EAU: Prof. (m):	22.00	38.00
Debits cum. (m3/h):	2.80	3.00

TUBAGE	type	diametre	cote sommet	cote base
1	PVC	140 mm	+ 0.30 m	22.41 m
2	PVC	140 mm	34.27 m	40.00 m

CREPINES type et ouvert.	diametre	cote sommet	cote base
1 PVC	1 mm	140 mm	22.41 m
2 PVC	1 mm	140 mm	34.27 m

GRAVIER : roule later. Granulo.: 1/3 Hauteur: 28.00 m
 CIMENTATION: de la cote 0.0 m a la cote 3.0 m
 de la cote 10.0 m a la cote 12.0 m

DESCRIPTION DES POMPAGES

POMPAGE DE DEVELOPPEMENT (effectue le 12/08/85)
 POMPAGE D'ESSAI (effectue le 13/08/85)

N.S./sol:	14.11 m	Duree pomp.:	3 h 00 mn	Duree remontees:	3 h 00 mn
Palier type		debit	duree	niv. dyn.	rabatt.
1 pompage		3.77 m3/h	3 h 00 mn	19.68 m	5.57 m

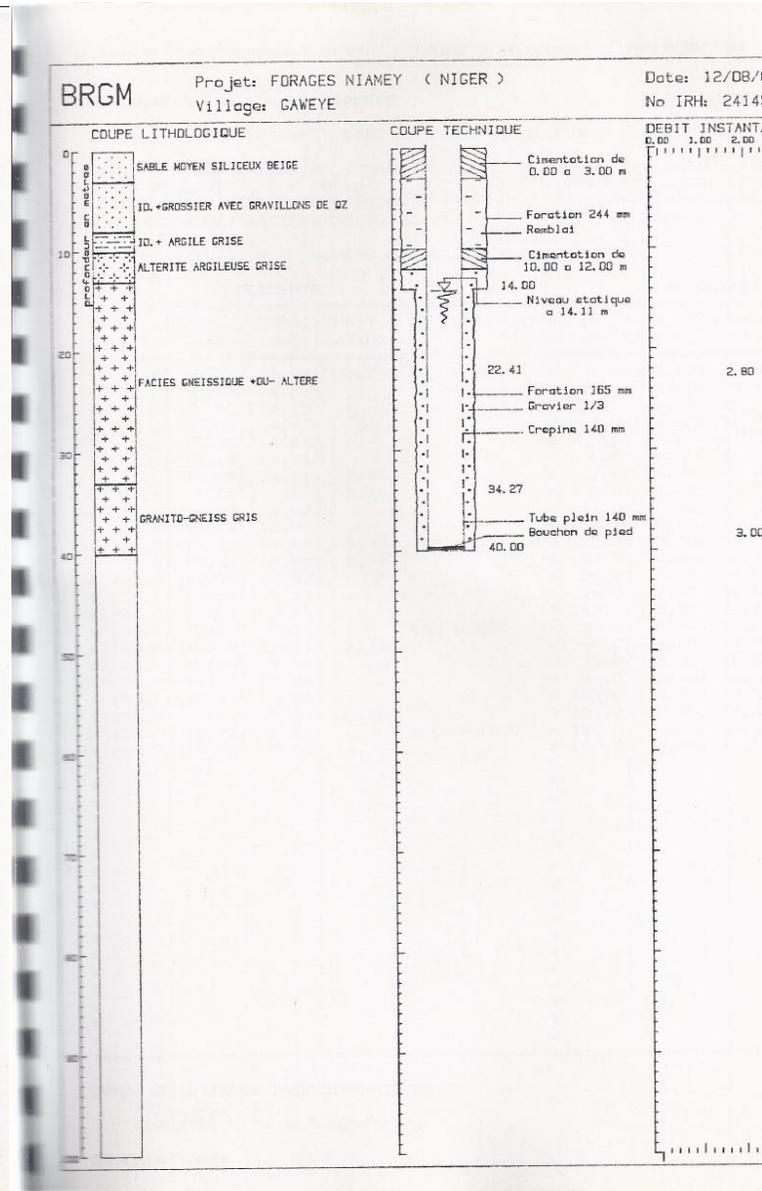
Temperature eau : pH =
 Conductivité à 20°: 0/s =

EQUIPEMENT DE L'OUVRAGE

SUPERSTRUCTURES: Antibourbier

OBSERVATIONS

DOC. ANNEXE: Situation - Coupe techn. - Pomp. essai - Chimie



72_Kirkissoye Garage

Service de Recherches Géologiques et Minières - B.P. 6009 - Av de Concor - 45060 ORLEANS CEDEX - FRANCE

IRH : 24105 NIGER No de classement: 15

CARACTERISTIQUES ADMINISTRATIVES

PROJET : AEP NIAMEY (2PH) MAÎTRE D'OEUVRE : MHE DIH
 FINANCEMENT : FAC INGENIEUR CONSEIL: B.R.G.M.
 MARCHE : FORAGES NIAMEY ENTREPRENEUR : FORACO
 NUMERO DU PV : DATE RECEPTION :

DEPARTEMENT : NIAMEY X = 00°00'00"
 COMMUNE : NIAMEY Y = 00°00'00"
 DISTRICT : DISTRICT V Z = 182.00 m (+/- 5 m)
 QUARTIER : KIRKISSOYE
 VILLAGE : KIRKISSOYE (habitants)
 CARTE TOPO. : NIAMEY (numero:)

DESCRIPTION DU FORAGE

Forage exploite effectué du 28/05/85 au 29/05/85
 Profondeur d'investigation: 45.0 m (équipe jusqu'à 45.0 m)

MODE D'EXECUTION	diametre	cote sommet	cote base
1 Rotary boue	244 mm	0.00 m	9.00 m
2 M.F.T. air	165 mm	9.00 m	45.00 m

AQUIFERE	Nom	Facies	Type
Principal	S.M.LIPTAK	Gr.gnei	fracture

VENUES D'EAU: Prof. (m):	13.00	14.00	32.00	39.00	41.00
Debits cum. (m ³ /h):	0.50	1.40	10.00	11.00	12.00

TUBAGE	type	diametre	cote sommet	cote base
1	PVC	140 mm	+ 0.59 m	21.47 m
2	PVC	140 mm	33.20 m	45.00 m

CREPINES type et ouvert.	diametre	cote sommet	cote base
1 PVC 1 mm	140 mm	21.47 m	33.20 m

GRAVIER : roule later. Granulo.: 1/3 Hauteur: 33.00 m
 CIMENTATION: de la cote 0.0 m a la cote 3.0 m
 de la cote 10.0 m a la cote 12.0 m

DESCRIPTION DES POMPAGES

POMPAGE DE DEVELOPPEMENT (effectue le 30/05/85)
 POMPAGE D'ESSAI (effectue le 31/05/85)

N.S./sol: 9.82 m	Duree pomp.: 3 h 00 mn	Duree remonte: 3 h 00 mn
Palier type	debit	niv. dyn. rabatt.
1 pompage	7.20 m ³ /h	12.21 m 2.39 m

Température eau : pH =
 Conductivité à 20°: Q/s =

EQUIPEMENT DE L'OUVRAGE

SUPERSTRUCTURES: Antibourbier

OBSERVATIONS

DOC. ANNEXE: Situation - Coupe techn. - Pomp. essai - Chimie

