

## Caractérisation physico-chimique et bactériologique de la rivière Soumsoum, Adamaoua, Cameroun

Solange MABREY SADJO<sup>1</sup>, Samaila William MONDEH<sup>1</sup>, Abdou HAMADOU<sup>1</sup>,  
Sabine DANALA DANGA<sup>1</sup>, Léopold EKENGÉLE NGA<sup>1\*</sup> et Dieudonné Lucien BITOM<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Université de Ngaoundéré, Département des Sciences de la Terre, Laboratoire Sol et Environnement (SEN),  
BP 454, Ngaoundéré, Cameroun

<sup>2</sup> Université de Yaoundé I, Département des Sciences de la Terre, BP 812, Yaoundé, Cameroun

(Reçu le 27 Novembre 2025 ; Accepté le 19 Janvier 2026)

\* Correspondance, courriel : [ekengeleleopold@gmail.com](mailto:ekengeleleopold@gmail.com)

### Résumé

Cette étude a pour objectif de déterminer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la rivière Soumsoum. 12 échantillons ont été prélevés par saison et 6 composites ont été constitués. Les paramètres physico-chimiques ont été mesurés in situ à l'aide d'un multi paramètres, les teneurs en ions majeurs par spectrométrie de masse à plasma inductif (ICP/MS). Les germes bactériologiques d'après les normes AFNOR NF V08-010 et ISO 6887-1 ont été déterminés pour chaque échantillon. Des dilutions décimales à l'aide de l'eau peptonée tamponnée ont été effectuées. Les résultats révèlent que ces eaux sont turbides (4 à 16 UTN en saison sèche ; 55 à 126 UTN en saison de pluies) ; en saison de pluies, les teneurs en nitrates (17,2 à 144,5 mg/L) sont au-delà de la valeur recommandée par l'OMS et avec 100 % de contamination en Salmonelles et clostridium et 33 % en *Escherichia Coli*. Ces résultats permettront d'attirer l'attention des autorités et sensibiliser les populations sur les risques sanitaires liés à l'usage de ces eaux.

**Mots-clés :** *paramètres physico-chimiques, salmonelle, Escherichia coli, cours d'eau Soumsoum, commune de Ngaoundéré I, Adamaoua.*

### Abstract

**Physico-chemical and bacteriological characterization of the Soumsoum river, Adamawa Cameroon**

This study aimed to determine the physicochemical and bacteriological quality of the Soumsoum River water. Twelve samples were collected per season, and six composite samples were prepared. Physicochemical parameters were measured in situ using a multiparameter analyzer, and major ion concentrations were measured by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). Bacteriological activity was assessed according to AFNOR NF V08-010 and ISO 6887-1 standards; for each sample, decimal dilutions were performed using buffered peptone water. The results reveal that these waters are turbid (4 to 16 NTU in the dry season; 55 to 126 NTU in the rainy season), nitrate levels (17.2 to 144.5 mg/L in the rainy season) exceed the WHO recommended limit and there is 100 % contamination with Salmonella and Clostridium and

33 % with *Escherichia coli*. These results will help raise awareness among authorities and the public about the health risks associated with the use of these waters.

**Keywords :** *physico-chemical parameters, salmonella, Escherichia coli, Soumsoum watercourse, Ngaoundere municipality I, Adamawa.*

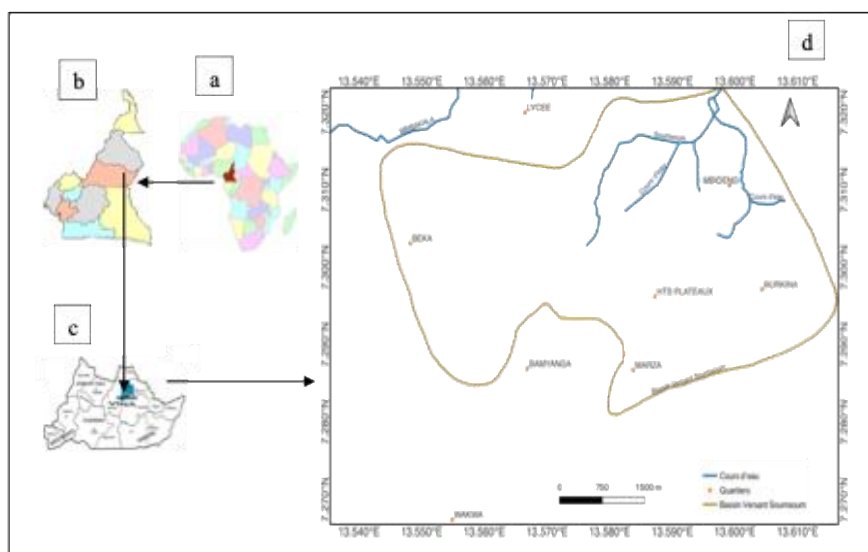
## 1. Introduction

La pollution des eaux de surface fait actuellement l'objet d'une attention particulière à l'échelle mondiale [1]. Les activités anthropiques interfèrent sur les eaux de surface en créant des problèmes environnementaux et sanitaires [2]. En Europe, les eaux de surface (lacs, rivières, fleuves, sources) sont dans un état critique à cause de la contamination par le mercure et d'autres polluants toxiques [3]. En Afrique, l'utilisation accrue des pesticides en agriculture explique la présence des résidus de pesticides dans les eaux de surface [2]. Plusieurs études ont mis en évidence une contamination chimique et bactériologique des cours d'eau. Les travaux de [4], portant sur l'impact des pratiques agricoles sur la pollution des eaux de surface en République du Bénin, ont montré que les cours d'eau des zones agricoles étaient contaminés par les pesticides, les nitrates, les phosphates, les sulfates, l'ammonium, ainsi que par des coliformes fécaux et totaux et des streptocoques fécaux, résultant de l'utilisation de fertilisants chimiques et organiques. Les travaux de [5] portant sur l'évaluation de la qualité des eaux de surface de la rivière Kadicha au Nord du Liban ont montré que cette rivière était contaminée par des coliformes totaux et thermotolérants, provenant des lixiviats des décharges ainsi que des rejets directs liés aux activités récréatives et à l'élevage. [6], dans le cadre d'une étude menée en Algérie sur la pollution bactériologique de l'Oued Mazafran et le profil de résistance d'*Escherichia coli*, ont démontré que cette rivière était contaminée par les coliformes fécaux et totaux, les clostridiiums sulfito-réducteurs ainsi que *Escherichia coli*, provenant des eaux usées domestiques et des déchets solides. Les travaux de [7] portant sur la pollution physique et bactériologique de l'eau du fleuve dans la basse vallée de l'Ouémé pendant les périodes de basses et hautes eaux au Bénin ont révélé une contamination par les coliformes totaux, les coliformes thermotolérants ainsi que par *Escherichia coli*. De même, [8] dans le cadre d'une étude des paramètres physico-chimiques des eaux du marigots Houet réutilisées pour le maraîchage à l'Ouest du Burkina Faso, ont observé des concentrations élevées en sodium, phosphates, nitrates et ammonium. Ces polluants proviendraient des eaux usées domestiques du centre-ville de Bobo-Dioulasso, des effluents industriels issus de la station d'épuration, ainsi que des activités anthropiques telles que l'utilisation de fertilisants organiques et chimiques et les lixiviats des décharges. Au Cameroun, plusieurs études ont été menées sur la pollution des eaux de surface dans les régions du Nord-Ouest [9], de l'Est [10 - 12], de l'extrême Nord [13] et de l'Adamaoua [14]. Cependant, à Ngaoundéré, comme dans d'autres villes camerounaises de taille comparable, la croissance urbaine n'est pas toujours accompagnée de la mise en place d'infrastructures adéquates d'adduction en eau potable [15]. En conséquence, le réseau de distribution ne dessert que les quartiers résidentiels et les coupures récurrentes de l'approvisionnement obligent les ménages à recourir aux eaux de surface. Par ailleurs, plusieurs activités anthropiques contribuent à la pollution des cours d'eau : la lessive pratiquée directement dans les rivières, une gestion insuffisante des déchets solides et liquides déversés dans l'environnement ainsi que le maraîchage et l'agriculture avec usage des fertilisants chimiques et organiques. Les jardins situés en bordure des cours d'eau sont irrigués par les eaux de ces derniers et une partie des eaux d'arrosage retourne rapidement dans les rivières. Les substances issues de ces activités peuvent avoir des impacts négatifs sur la qualité des eaux de la rivière Soumsoum. Ainsi, la consommation de légumes irrigués avec ces eaux pourrait exposer la population, en particulier celle de la commune de Ngaoundéré I, zone de la présente étude, à des risques sanitaires importants à moyen et long terme. C'est dans ce contexte, et dans le but d'évaluer l'impact des activités anthropiques sur la rivière Soumsoum, que la présente étude a été entreprise.

## 2. Matériel et méthodes

### 2-1. Milieu physique

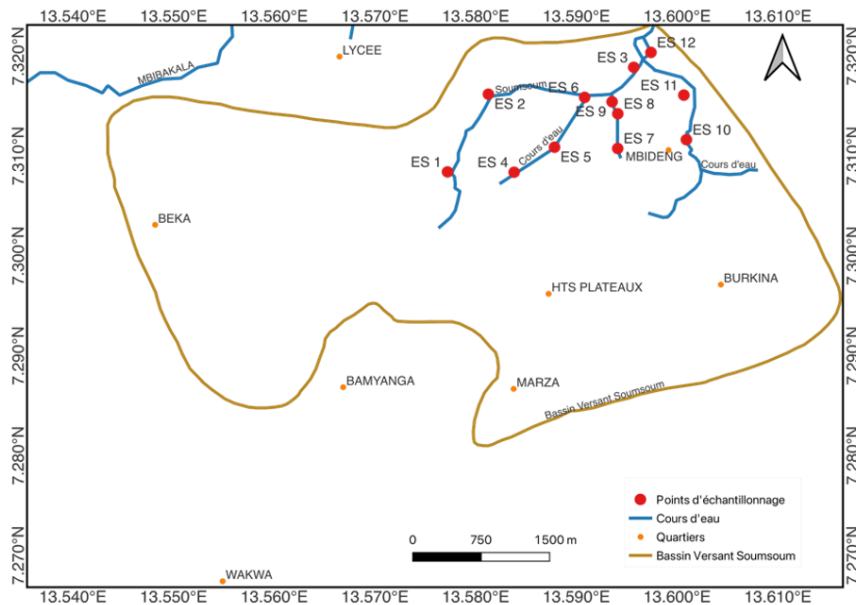
La commune de Ngaoundéré I est limitée à l'Ouest par l'Arrondissement de Martap, au Sud et à l'Est par l'Arrondissement de Nyambaka et au Nord par l'Arrondissement de Ngaoundéré II. Elle couvre une superficie de 1 270 km<sup>2</sup> [16] et est localisée entre 7° 270' et 7° 320' de latitude Nord et entre 13° 540' et 13° 610' de longitude Est (**Figure 1**). Sur le plan géologique, les roches sont de nature cristalline, constituées de granite recouvert par endroit de coulées basaltiques issues des éruptions qui se sont produites sur ce massif. La rivière Soumsoum, objet de cette étude est l'un des affluents de la rivière Mabanga et est située dans la commune de Ngaoundéré I (Adamaoua-Cameroun) [16]. Elle a une longueur de 7,45 km et s'écoule du Sud vers le Nord (**Figure 1**) [17].



**Figure 1 :** Carte de localisation (a) du Cameroun dans l'Afrique, (b) de l'Adamaoua dans le Cameroun, (c) de Ngaoundéré dans l'Adamaoua, (d) de la zone d'étude

### 2-2. Méthodes d'étude

Trois campagnes de terrain ont été menées dans le cadre de cette étude. La première campagne s'est déroulée le 13 mars 2022 et a consisté à identifier la rivière Soumsoum y compris les potentielles sources de pollution à proximité. Les deux dernières campagnes se sont déroulées le 18 mars et le 28 septembre 2022 respectivement pour l'échantillonnage en saison sèche et en saison de pluies. Elles ont permis de mesurer in situ les paramètres physico-chimiques (température, pH, conductivité) à l'aide d'un multiparamètres de marque PCE-PHD 1 et de prélever des échantillons dans des flacons en polyéthylène neufs préalablement rincés trois fois avec l'eau à analyser puis transporter au laboratoire à l'abri de la lumière et au froid dans des glacières isothermes. Par ailleurs, l'échantillonnage destiné à l'analyse bactériologique a été effectué dans des bouteilles en verre neufs. 12 échantillons ont été prélevés par saison (**Figure 2**) pour constituer 6 composites soient 3 pour la saison sèche et 3 pour la saison de pluie en fonction de leur proximité à une source de pollution et leur répartition spatiale.



**Figure 2 : Carte d'échantillonnage**

Les travaux de laboratoire ont porté sur l'analyse de la turbidité, des teneurs en ions majeurs et des paramètres bactériologiques.

- La turbidité a été déterminée à l'aide d'un turbidimètre de marque HACH ;
- Les teneurs en cations ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ) et anions ( $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ) majeurs ont été déterminées par spectrométrie d'émission à l'aide d'un générateur inductif de plasma couplée à la spectrométrie de masse (ICP/MS) au laboratoire Bureau Veritas, Burnaby, British Columbia, Canada ;
- Les paramètres bactériologiques (Salmonelles, Clostridiums, Escherichia coli) ont été déterminés d'après les normes AFNOR NF V08-010 et ISO 6887-1, au laboratoire de Microbiologie de l'Institut Universitaire de Technologie (Ngaoundéré); pour chaque échantillon, des dilutions décimales à l'aide de l'eau peptonée tamponnée ont été effectuées.

### 3. Résultats et discussion

#### 3-1. Sources de pollution identifiées à proximité de la rivière Soudoum

Les décharges de déchets, les jardins avec usage de fertilisants organiques et minéraux ainsi que la lessive constituent les sources de pollution identifiées à proximité de la rivière Soudoum (**Figures 3**).



**Figures 3 : Images des sources de pollution à proximité de la rivière Soudoum : a) décharge de déchets, b) jardin avec usage de fertilisants organiques et minéraux, c) et d) lessive et décharge des déchets**

### 3-2. Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la rivière Soumsoum

Les variations des paramètres physico-chimiques des eaux de la rivière Soumsoum sont présentées sur la **Figure 4**. Les températures varient de 21,6 à 25,6 °C en saison sèche et de 22,5 à 23,8 °C en saison de pluies (**Tableau 1**). Globalement, elles sont légèrement élevées en saison sèche qu'en saison de pluies et correspondent aux variations saisonnières des températures atmosphériques ambiantes [18]. Ces températures sont similaires à celles trouvées par certains auteurs [9] qui ont obtenu des eaux à température reflétant celle ambiante avec des valeurs moyennes comprises entre 18,3 et 23,4 °C. Les valeurs de pH en saison sèche comprises entre 6,95 et 7,32 et entre 7,06 et 7,16 en saison de pluies (**Tableau 1**) indiquent une gamme de caractéristique faiblement basique sur les deux périodes de prélèvement. Les eaux analysées sont conformes aux normes (6,5-8,5) recommandées par l'OMS [19]. En effet, ces pH pourraient être liés à la lithologie ou au substratum de la zone d'étude [14]. En outre, le pH des eaux naturelles est non seulement lié à la nature des terrains traversés, mais il varie habituellement entre 7,2 et 7,6 [20]. Ils sont proches de ceux des zones aurifères de Wakaso dans l'Adamaoua [14] et de Bétaré-Oya à l'Est du Cameroun [12] avec des valeurs respectives comprises entre 6,12 et 8,12 ; 5,42 et 8,84. Les valeurs de conductivité se situent entre 128,9 et 349  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en saison sèche et entre 85,3 et 166,70  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en saison de pluies (**Tableau 1**). Les eaux sont plus minéralisées en saison sèche qu'en saison de pluies, mais dans l'ensemble faiblement minéralisées. Ces faibles valeurs de conductivité traduisent un renouvellement rapide de ces eaux [21]. Les valeurs de turbidité quant à elles sont comprises entre 4 et 16 NTU en saison sèche et entre 55 et 126 NTU en saison de pluies (**Tableau 1**) et ne correspondent pas à la valeur recommandée (5 NTU) par l'OMS [19]. L'essentiel des échantillons est plus turbide en saison de pluies (100 %) qu'en saison sèche (67 %). En effet, la pluviométrie favoriserait la turbidité [20]. Dans une étude portant sur l'évaluation de la qualité de l'eau de la rivière Densu au Ghana, les résultats ont montré que ces eaux sont plus turbides en saison des pluies qu'en saison sèche, pouvant être attribuées à la topographie du bassin et aux activités anthropiques qui y sont entreprises. En effet, la dissolution des matériaux du sol, en particulier pendant les saisons des pluies et le ruissellement qui s'ensuit dans les cours d'eau affectent la turbidité des cours d'eau récepteurs [22].

### 3-3. Caractéristiques des ions majeurs

Les concentrations en nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) varient entre 12,32 et 40,71 mg/L en saison sèche et entre 17,20 et 144,50 mg/L en saison de pluies (**Tableau 1**). En saison de pluies, la quasi-totalité des eaux étudiées a des teneurs en nitrates au-delà de celle recommandée (50 mg/L) par l'OMS [19]. La présence des nitrates dans les eaux naturelles est fréquemment associée aux activités agricoles [23]. Ces composés peuvent atteindre les eaux de surface notamment par l'application excessive de fertilisants azotés inorganiques et de fumier [19]. Dans le but d'améliorer la productivité de leurs jardins et champs, la majorité des habitants de la zone d'étude utilise ces fertilisants. Par conséquent, les eaux de ruissellement transportent les engrais des parcelles agricoles vers les bas-fonds, contribuant ainsi à l'augmentation de la charge en nitrates dans les cours d'eau [23]. Par ailleurs, une part des nitrates pourrait également provenir des eaux usées domestiques [8, 19, 24] ainsi que des lixiviats issus des décharges [8]. Les concentrations en ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) vont de 0,02 à 0,03 mg/L en saison sèche, tandis qu'en saison pluvieuse elles ont un maximum de 0,04 mg/L. La présence de l'ammonium dans l'eau est à rapprocher des autres éléments azotés identifiés (nitrates) et des résultats de l'analyse bactériologique [20]. La corrélation parfaite ( $r = 1$ ) observée entre l'ammonium et *Escherichia coli*, ainsi que la corrélation positive notable entre l'ammonium et les nitrates ( $r = 0,78$ ) durant la saison sèche, suggèrent que l'ammonium partage des origines similaires à celles des nitrates, provenant des sources mentionnées précédemment. Ce résultat corrobore les travaux de [25] selon lesquels l'ammonium provient des engrais utilisés dans les activités agricoles, ainsi que ceux de Eliku

et Leta [1] qui attribuent la présence d'ammonium à la biodégradation des déchets domestiques et agricoles. Les chlorures (Cl) et les sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) ont respectivement des concentrations comprises entre 7,40 et 17,45 mg/L et entre 1,6 et 5,15 mg/L en saison sèche ; en saison pluvieuse elles oscillent entre 3,84 et 6,86 mg/L, 1,17 et 2,11 mg/L (**Tableau 1**). Ils ont des valeurs inférieures à celles recommandées par l'OMS [19]. Les chlorures peuvent avoir pour origine des minéraux tels que la halite (NaCl) ou la sylvite (KCl), tandis que les sulfates peuvent résulter de formations évaporitiques telles que la barytine ( $\text{BaSO}_4$ ) ou le gypse ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) [26]. Toutefois, la présence de ces formations géologiques n'a pas été identifiée dans la zone d'étude, ce qui limite leur contribution potentielle à la mise en solution de ces ions. Par conséquent, ces éléments sont vraisemblablement d'origine anthropique, principalement associés aux activités agricoles dans la zone [25]. En saison sèche les concentrations en sodium ( $\text{Na}^+$ ) fluctuent entre 5,58 et 25,9 mg/L, celles du potassium ( $\text{K}^+$ ) varient entre 5,25 et 16,5 mg/L, 1,98 à 3,53 mg/L pour  $\text{Mg}^{2+}$  et 17,8 à 27,9 mg/L pour  $\text{Ca}^{2+}$ . En saison de pluies, les teneurs en sodium sont comprises entre 5,88 et 14,80 mg/L, celles de  $\text{K}^+$  vont de 4,22 à 7,08 mg/L, celles de  $\text{Mg}^{2+}$  de 1,11 à 1,42 mg/L et de 7,19 à 13,40 mg/L pour  $\text{Ca}^{2+}$  (**Tableau 1**). Ces cations présentent des valeurs inférieures à celles recommandées par l'OMS [19]. Les fortes corrélations observées entre ces éléments traduisent des origines communes. Ils possèdent avec la conductivité et les bicarbonates des corrélations positives, ce qui amène à dire que leur origine serait liée à la lithologie. Selon [27], les teneurs en cations varient essentiellement suivant la nature des terrains traversés et du temps de transit de l'eau dans le massif rocheux. Ainsi, les granites qui sont des roches riches en minéraux tels que les feldspath alcalins, les plagioclases (anorthite) et les micas (biotite) [26] sont les formations géologiques majoritaires dans la présente zone d'étude. L'altération de ces minéraux par le phénomène d'hydrolyse libérerait ces cations ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) dans les eaux étudiées. En outre, la présence de ces cations pourrait également être attribuée à des apports d'origine anthropique, résultant notamment des rejets domestiques, des déchets d'origine humaine et animale ainsi que de l'utilisation d'engrais agricoles [27]. Les teneurs en bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ) oscillent entre 31,13 et 151,60 mg/L en saison sèche et entre 4,27 à 88,43 mg/L en saison de pluies (**Tableau 1**). Cette variabilité serait liée aux processus de diffusion et de dissolution du  $\text{CO}_2$  d'origine atmosphérique et pédologique [28]. Les teneurs en fluorures (F) varient de 0,11 à 0,46 mg/L en saison sèche et de 0,08 à 0,09 mg/L en saison de pluies. Toutes les eaux analysées présentent des concentrations en fluorures inférieures à la limite recommandée par l'OMS [19], fixée à 1,5 mg/L. La concentration en fluorures dans les eaux naturelles dépend principalement du type de formation géologique et de l'intensité des précipitations. La concentration en fluorures dans les eaux naturelles dépend principalement du type de formation géologique et de l'intensité des précipitations. Leur présence peut avoir une origine à la fois naturelle et anthropique. D'une part, la contamination naturelle résulte de la minéralisation des eaux liée aux interactions eau-roche, entraînant la dissolution de certains minéraux et la libération de quantités variables, parfois excessives et potentiellement toxiques, d'éléments chimiques. D'autre part, l'origine anthropique peut être associée aux activités agricoles, notamment à travers l'utilisation d'engrais phosphatés comme le soulignent certains auteurs [23, 27, 29].

### 3-4. Faciès hydrochimique des eaux étudiées

La classification hydrochimique [30] (**Figure 5**) a permis d'identifier deux faciès hydrochimiques distincts selon la saison. En saison sèche, un faciès bicarbonaté calcique et magnésien prédomine, représentant 67 % des échantillons tandis qu'un faciès chloruré et sulfaté calcique et magnésien constitue 33 %. Pendant de la saison des pluies, la tendance s'inverse : le faciès chloruré et sulfaté calcique et magnésien domine (67 %), tandis que le faciès bicarbonaté sodique et potassique représente 33 % des eaux. Les faciès bicarbonatés traduisent principalement un processus de dissolution minérale, notamment des silicates, alors que le faciès chloruré et sulfaté calcique et magnésien reflète une contamination des eaux sous l'influence de facteurs anthropiques [12].

Tableau 1 : Paramètres physico-chimiques

Echantillons	Température (° C)		pH		CE (µS/cm)		Turbidité (NTU)		Na <sup>+</sup> (mg/L)		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)		K <sup>+</sup> (mg/L)		Mg <sup>2+</sup> (mg/L)		Ca <sup>2+</sup> (mg/L)		F <sup>-</sup> (mg/L)		Cl <sup>-</sup> (mg/L)		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	
	SS	SP	SS	SP	SS	SP	SS	SP	SS	SP	SS	SP	SS	SP	SS	SP	SS	SP	SS	SP	SS	SP	SS	SP	SS	SP	SS	SP
ES <sub>1</sub>	21,6	22,5	7,32	7,16	265	166,7	16	55	23,1	13,3	0,03	< LD	14	5,87	3,11	1,11	24	13,4	0,46	0,09	17,45	6,86	40,71	144,5	5,15	1,17	31,13	4,27
ES <sub>2</sub>	25,6	23,8	7,22	7,06	349	159	4	56	25,9	14,8	0,03	0,04	16,5	7,08	3,53	1,42	27,9	10	0,18	0,08	13,26	3,84	22,89	61,33	2,68	2,11	151,6	88,43
ES <sub>3</sub>	24,4	22,7	6,95	7,08	128,9	85,3	9	126	5,58	5,88	0,02	< LD	5,25	4,22	1,98	1,17	17,8	7,19	0,11	0,08	7,4	4,21	12,32	17,21	1,6	2,03	64,44	7,93
Max	25,6	23,8	7,32	7,16	349	166,7	16	126	25,9	14,8	0,03	0,04	16,5	7,08	3,53	1,42	27,9	13,4	0,46	0,09	17,45	6,86	40,71	144,5	5,15	2,11	151,6	88,43
Min	21,6	22,5	6,95	7,06	128,9	85,3	4	55	5,58	5,88	0,02	< LD	5,25	4,22	1,98	1,11	17,8	7,19	0,11	0,08	7,4	3,84	12,32	17,2	1,6	1,17	31,13	4,27
Moyenne	23,86	23	7,16	7,1	247,63	137	9,66	79	18,19	11,33	0,03	0,04	11,92	5,72	2,87	1,23	23,23	10,2	0,25	0,09	12,7	4,97	25,3	74,4	3,14	1,77	82,39	33,54
Normes OMS [19]	/		6,5-8,5		/		5		200		/		/		/		/		1,5		250		50		250		/	

SS : Saison sèche ; SP : Saison de pluies ; LD : limite détection = 0,02

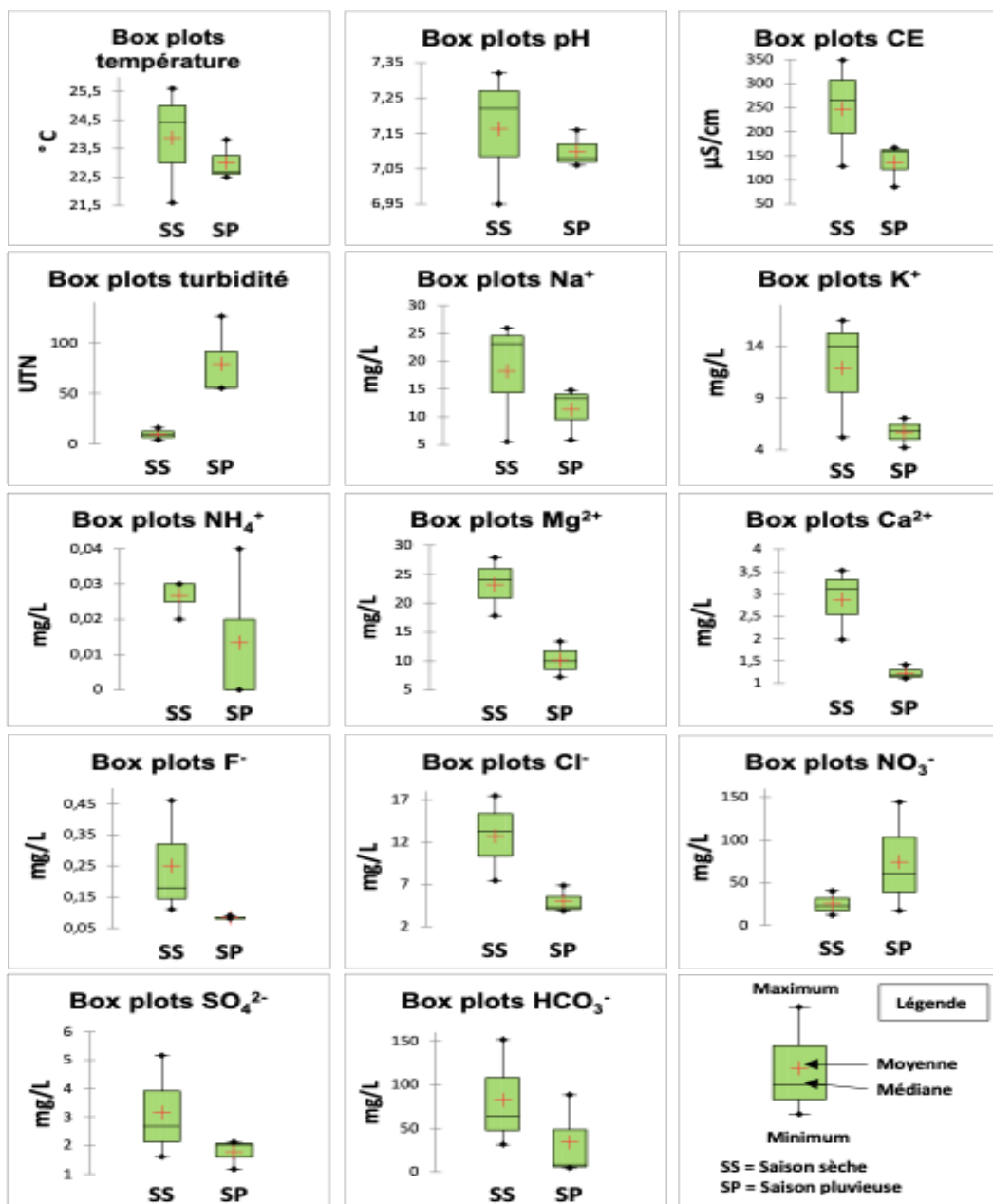
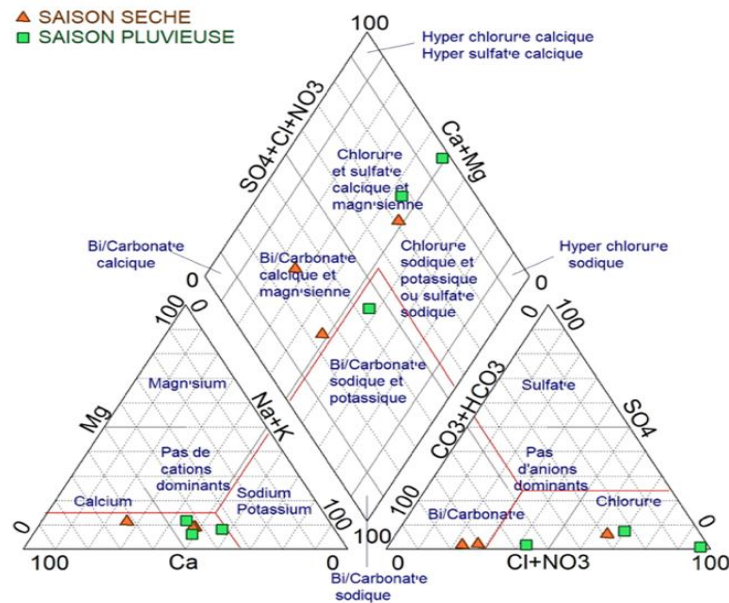


Figure 4 : Box plots des principaux paramètres hydrochimiques



**Figure 5 :** Diagramme de Piper montrant les différents faciès hydrochimiques identifiés dans la rivière Soumsoum au cours de l'année 2022

### 3-5. Paramètres bactériologiques

L'analyse bactériologique (**Tableau 2**) a révélé la présence des Salmonelles et de clostridiens sulfite-réducteurs dans tous les échantillons, tandis que *Escherichia coli* n'a été détectée que dans un seul échantillon (ES2). Ces résultats indiquent que Salmonella et les clostridiens sont systématiquement présents dans les eaux analysées, alors que *Escherichia coli* est limitée à ES2. La présence de ces micro-organismes confirme l'impact anthropique sur la qualité des eaux du Soumsoum, en particulier les déchets solides et liquides ainsi que les activités agropastorales à proximité de la rivière Soumsoum. Ces résultats corroborent les travaux d'autres auteurs [5, 6, 8, 18] qui stipulent que *Escherichia coli* constitue un indicateur de pollution fécale, majoritairement d'origine humaine.

**Tableau 2 :** Paramètres bactériologiques

Echantillons	Salmonelles (UFC/mL)	Clostridiens sulfite réducteurs (UFC/mL)	Escherichia coli (UFC/mL)
ES <sub>1</sub>	Présent	42	Absent
ES <sub>2</sub>	Présent	44	61
ES <sub>3</sub>	Présent	14	Absent
Max	-	44	61
Min	-	42	-
Moyenne	-	33,33	61
Normes OMS [19]	-	-	Ne doit pas être détectable dans un échantillon de 100 mL

### 3-6. Analyse de corrélations

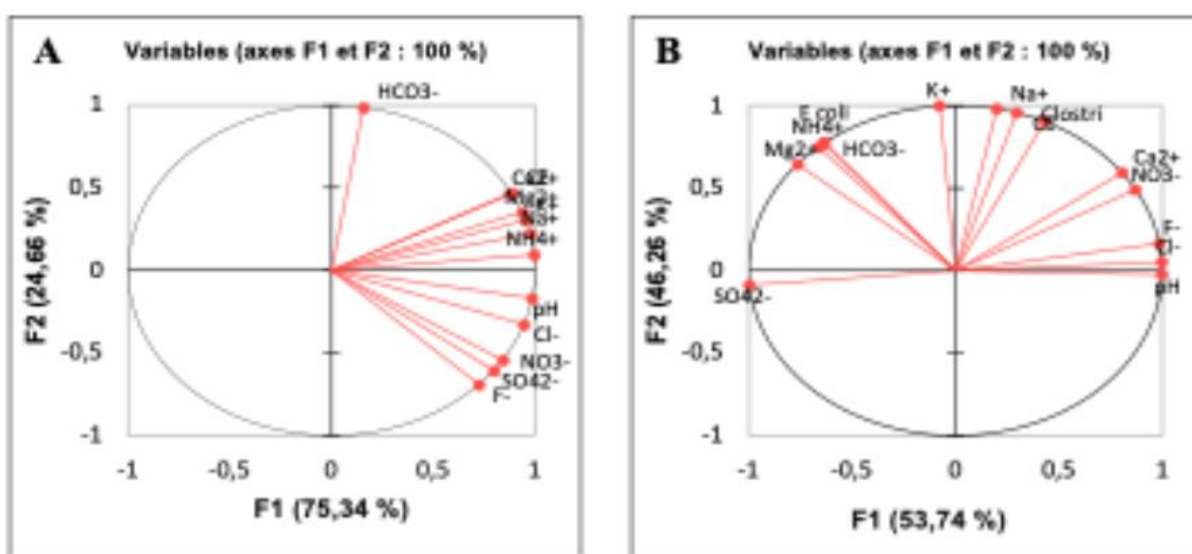
Les corrélations ont été calculées entre les paramètres physico-chimiques et bactériologiques (**Figure 6**) (**Tableau 3 et 4**). Leur examen met en évidence une bonne corrélation entre la CE et les cations ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ), entre le pH et les anions ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) en saison sèche ; en saison de pluies, des corrélations parfaites sont observées entre E coli et  $\text{NH}_4^+$  (1), pH et  $\text{Cl}^-$  (1), Clostridium et  $\text{Na}^+$  (1). De bonnes corrélations sont également observées entre  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{NO}_3^-$  (0,99),  $\text{Mg}^{2+}$  et  $\text{HCO}_3^-$  (0,99), pH et  $\text{F}^-$  (0,98), CE et clostridiens (0,99).

**Tableau 3 : Matrice de corrélation de Pearson entre les paramètres physico-chimiques et bactériologiques en saison sèche**

Variables	pH	CE	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
pH	1,00											
CE	0,79	1,00										
Na <sup>+</sup>	0,92	0,97	1,00									
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,97	0,93	0,99	1,00								
K <sup>+</sup>	0,89	0,98	1,00	0,98	1,00							
Mg <sup>2+</sup>	0,86	0,99	0,99	0,97	1,00	1,00						
Ca <sup>2+</sup>	0,79	1,00	0,96	0,92	0,98	0,99	1,00					
F <sup>-</sup>	0,83	0,32	0,55	0,65	0,48	0,43	0,32	1,00				
Cl <sup>-</sup>	0,99	0,69	0,85	0,91	0,80	0,77	0,68	0,91	1,00			
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,92	0,49	0,70	0,78	0,63	0,59	0,49	0,98	0,97	1,00		
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,89	0,42	0,64	0,73	0,57	0,53	0,42	0,99	0,95	1,00	1,00	
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0,01	0,60	0,37	0,25	0,45	0,49	0,60	-0,57	-0,17	-0,41	-0,47	1,00

**Tableau 4 : Matrice de corrélation de Pearson entre les paramètres physico-chimiques et bactériologiques en saison de pluies**

Variables	pH	CE	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Clostr	E coli
pH	1,00													
CE	0,41	1,00												
Na <sup>+</sup>	0,17	0,97	1,00											
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-0,65	0,42	0,63	1,00										
K <sup>+</sup>	-0,10	0,87	0,96	0,82	1,00									
Mg <sup>2+</sup>	-0,78	0,25	0,48	0,98	0,70	1,00								
Ca <sup>2+</sup>	0,79	0,88	0,74	-0,05	0,53	-0,24	1,00							
F <sup>-</sup>	0,98	0,57	0,36	-0,50	0,09	-0,65	0,89	1,00						
Cl <sup>-</sup>	1,00	0,48	0,25	-0,59	-0,02	-0,73	0,84	0,99	1,00					
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,86	0,82	0,66	-0,17	0,42	-0,35	0,99	0,94	0,90	1,00				
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-0,99	-0,51	-0,29	0,56	-0,01	0,71	-0,85	-1,00	-1,00	-0,91	1,00			
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0,68	0,39	0,60	1,00	0,80	0,99	-0,09	-0,53	-0,62	-0,21	0,60	1,00		
Clostr	0,27	0,99	1,00	0,55	0,93	0,39	0,80	0,45	0,34	0,73	-0,38	0,52	1,00	
E coli	-0,65	0,42	0,63	1,00	0,82	0,98	-0,05	-0,50	-0,59	-0,17	0,56	1,00	0,55	1,00



**Figure 6 : Cercle de corrélation entre les paramètres physico-chimiques en saison sèche (A) et pluvieuse (B)**

#### 4. Conclusion

L'objectif principal de cette étude était de caractériser la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la rivière Soumsoum. Les résultats indiquent que ces eaux sont faiblement minéralisées, légèrement basiques en moyenne et présentent des valeurs de turbidité élevées durant la saison des pluies. Les concentrations des ions majeurs sont inférieures aux limites recommandées par l'OMS, à l'exception des nitrates, dont les teneurs sont élevées en saison des pluies. La quasi-totalité des échantillons montre également une contamination bactérienne. L'analyse des résultats révèle que la qualité des eaux de la rivière Soumsoum est impactée par plusieurs activités anthropiques, notamment l'agriculture et le maraîchage le long des berges avec usage de fertilisants chimiques et organiques, la lessive pratiquée directement dans le cours d'eau, ainsi que les lixiviats des décharges et les eaux usées domestiques. Compte tenu des risques sanitaires liés à la consommation de légumes irrigués avec ces eaux polluées, l'usage des eaux de la rivière Soumsoum pour l'irrigation maraîchère est fortement déconseillé.

#### Références

- [1] - T. ELIKU and S. LETA, " Spatial and seasonal variation in physicochemical parameters and heavy metals in Awash River, Ethiopia ", *Applied Water Science*, 8 (6) (2018) 177, <https://doi.org/10.1007/s132010180803x>
- [2] - A. ADJAGODO, D. T. M. AGASSOUNON, N. C. KELOME et R. LAWANI, " Flux des polluants liés aux activités anthropiques, risques sur les ressources en eau de surface et la chaîne trophique à travers le monde : synthèse bibliographique ", *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10 (3) (2016) 1459 - 1472
- [3] - COMMISSION AU CONSEIL ET AU PARLEMENT EUROPEEN (CCPE), " Mise en œuvre de la directive-cadre sur l'eau (2000/60/ce) et de la directive inondations (2007/60/ce) ", rapport de la commission au conseil et au parlement européen, Bruxelles, COM, (2025) 2 final, 46 p.
- [4] - R. A. N. LAWANI, N. C. KELOME, D. T. M. AGASSOUNON, J. B. HOUNKPE et A. ADJAGODO, " Effets des pratiques agricoles sur la pollution des eaux de surface en République du Bénin ", *Larhyss Journal*, 14 (2) (2017) 173 - 190, ISSN 1112-3680
- [5] - F. MERHABI, H. AMINE et J. HALWANI, " Evaluation de la qualité des eaux de surface de la rivière Kadicha ", *Lebanese Science Journal*, 20 (1) (2019) 10 - 34, <http://dx.doi.org/10.22453/LSJ-020.1.010-034>
- [6] - F. HAMAI-DI-CHERGUI, C. OUAHCHIA, R. KOUBA, A. DEMIAL et S. ZAMICHE, " Evaluation de la pollution bactériologique des eaux de l'Oued Mazafran et étude du profil de résistance d'Escherichia colis ", Séminaire International sur l'Hydrogéologie et l'Environnement, Ouargla (Algérie), (2019) 205 - 208
- [7] - A. ADJAGODO, D. T. M. AGASSOUNON, N. C. KELOME, E. W. VISSIN et E. AGBOSSOU, " pollution physique et bactériologique de l'eau du fleuve dans la basse vallée de l'Ouémé pendant les périodes de basses et hautes eaux au Bénin ", *European Scientific Journal*, 13 (33) (2017) 167 - 186, URL : <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2017.v13n33p167>
- [8] - H. DABRE, K. P. A. GOMGNIMBOU, A. SANON, K. M. GOMGNIMBOU et I. SANGARE, " Etude des paramètres physico-chimiques des eaux du marigot Houet réutilisées pour le maraîchage à l'Ouest du Burkina Faso ", *Afrique Science*, 27 (2) (2025) 26 - 38, <https://afriquescience.net/>
- [9] - M. A. MUFUR, T. M. AWAH, K. D. G. NONO, A. P. TAMFUH, P. WOTCHOKO and K. K. V. BEYALA, " Physico-chemical and bacteriological characterisation of surface water in Bamenda (North West Cameroon) ", *Applied Water Science*, 11 (2021) 185, <https://doi.org/10.1007/s13201-021-01512-3>
- [10] - F. NTEP, A. E. AGUIZA, A. G. A. ASSOA et E. C. NGANGUE, " Distribution spatiale de la pollution aux métaux lourds des ressources en eaux des sites miniers en exploitation de la localité de Bétaré-oya, Est\_Cameroun ", *Afrique Science*, 26 (5) (2025) 80 - 91, <http://www.afriquescience.net>
- [11] - K. P. S. KOUASSY, " Variabilité hydroclimatologique et qualité des eaux dans un bassin aurifère en exploitation : cas du bassin versant de la Kadéy (Est-Cameroun) ", Thèse de Doctorat, Université de Yaoundé I, Cameroun, (2021) 199 p. [En ligne]. Disponible sur: <https://dicames.online/jspui/handle/20.500.12177/11054>

- [12] - F. RAKOTONDRABE, N. J. R. NDAM, Z. MFONKA, R. E. HARILALA, A. A. J. NYANGONO and A. A. AKO, " Water quality assessment in the Bétaré-Oya gold mining area (East-Cameroon) : Multivariate Statistical Analysis approach ", *Science of the Total Environment*, 610-611 (2018) 831 - 844, <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.080>
- [13] - ABOUBAKAR, W. ABDOUL et L. BOUBA, " Caractérisation des eaux de surface aux alentours d'une société agro-industrielle de Maroua-Cameroun ", *Larhyss Journal*, 14 (1) (2017) 209 - 225, ISSN 1112-3680
- [14] - M. A. NGOUNOUNO, L. L. M. NGUEYEP, S. T. KINGNI, S. N. NFORSOH and I. NGOUNOUNO, " Evaluation of the impact of gold mining activities on the waters and sediments of Lom river, Wakaso, Cameroon and the restorative effect of Moringa Oleifera seeds ", *Applied Water Science*, 11 (2021) 113, <https://doi.org/10.1007/s13201-021-01445-x>
- [15] - G. J. KOUYE, " Problématique de l'accès à l'eau potable dans la ville de Ngaoundéré et sa zone périurbaine ", *Carnets de géographes (cdg), Open Edition Journals*, 4 (2020) 6 p., URL : <https://journals.openedition.org/cdg/5331>
- [16] - PROGRAMME NATIONAL DE DEVELOPPEMENT PARTICIPATIF (PNDP) et MINISTERE DE L'ECONOMIE, DE LA PLANIFICATION ET DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE (MINEPAT), " *Plan communal de développement de Ngaoundéré 1<sup>er</sup>* ", (2013) 252 p.
- [17] - MINISTERE DE L'HABITAT ET DU DEVELOPPEMENT URBAIN (MINHDU), " *Atlas de la résilience et d'adaptation aux effets du changement climatique à Ngaoundéré (Cameroun)* ", *Projet Villes Ouvertes en Afrique-Ngaoundéré*, (2019) 121 p.
- [18] - E. K. AHOUSI, K. N. KEUMEAN, A. M. KOUASSI et Y. B. KOFFI, " Etude des caractéristiques hydrogéochimiques et microbiologiques des eaux de consommation de la zone périurbaine de la ville de Man : cas du village de Kpangouin (Côte d'Ivoire) ", *Int. J. Bio. Chem. Sci*, 11 (6) (2018) 3018 - 3033, <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i6.37>
- [19] - ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE (OMS), " *Directives de qualité pour l'eau de boisson* ", 4<sup>ème</sup> éd. Intégrant le premier additive, (2017) 539 p., ISBN 978-92-4-254995-9
- [20] - J. RODIER, B. LEGUBE, N. MERLET et COLLABORATEURS, " *L'analyse de l'eau* ", Ed. Dunod, Paris, 9<sup>e</sup> Edition, (2009) 1526 p.
- [21] - I. ALHASSANE, A. B. M. SANI, S. ISSOUFOU, I. M. S. SOULEYMANE et O. BOUREIMA, " Caractérisation Hydrogéochimique des Aquifères du Bassin de Timia (Massif de l'Air, Nord du Niger) ", *Eurp. Sci. J*, 15 (30) (2019) 301 - 316, URL : <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2019.v15n30p301>
- [22] - S. A. Ofosu, K. A. Adjei and S. N. Odai, " Assessment of the quality of the Densu river using multicriterial analysis and water quality index ", *Appl Water Sci*, 11 (2021) 183, <https://doi.org/10.1007/s13201-021-01516-z>
- [23] - MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MELCCFP) " *Détermination des anions fluorure, chlorure, nitrate et sulfate dans l'eau : dosage par chromatographie ionique avec détecteur conductivimétrique* ", 6 p., ISBN 978-2-550-94600-7
- [24] - L. P. LIKANGO, K. TSHINYANGU, K. FOMA, K. KAYISU, I. SAILE, M. KAZADI et S. ABANI, " Etude comparative du niveau de pollution des cours d'eau Angombode et Mayi ya chumvi à Masako en RD Congo ", *International Journal of Engineering Development and Research*, 13 (3) (2025) 228 - 242, ISSN : 2321-9939
- [25] - R. K. OROU, G. SORO, D. T. SORO, R. M. N'GUESSAN FOSSOU, O. Z. ONETIE, E. K. AHOUSI et N. SORO, " Variation saisonnière de la qualité physico-chimique des eaux souterraines des aquifères d'altérites du département d'Agboville (Sud-Est de la Côte d'Ivoire) " *European Scientific Journal*, 12 (17) (2016) 213 - 240, URL:<http://dx.doi.org/10.19044/esj.2016.v12n17p213>
- [26] - PROSPECTORS AND DEVELOPERS ASSOCIATION OF CANADA (PDAC) "Les roches et les minéraux", 41 p. Disponible sur : <https://fr.slideshare.net/slideshow/notions-de-fond-les-roches-et-les-mineraux/69105566>
- [27] - N. T. L. L. JOKAM, P. NBENDAH, Y. W. FANTONG et A. FOUPEPE, " Etude pilote sur la pollution des eaux de surface et souterraines à Garoua et ses environs et son impact sur la santé des populations riveraines (EPESS Garoua) ", *Projet Ressources du Sol et du Sous-sol des Régions du Nord et du Sud-Ouest (PRESS NO & SW). Rapport technique, Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR)*, (2019) 125 p.
- [28] - B. M. S. ABDOU, " Evaluation des ressources en eau souterraine dans le bassin de Dargol (Liptako-Niger) ", Thèse de Doctorat, Université de Liège et d'Abdou Moumoumi, (2012) 265 p. [En ligne]. Disponible sur : <https://www.scirp.org>
- [29] - Y. Y. J. TOSSOU, " Caractérisation des anomalies fluorées des eaux souterraines du socle cristallin Précambrien de la partie centrale du Bénin (Afrique de l'Ouest) : apport des outils hydrogéochimiques, pétrographiques et minéralogiques ", Thèse de Doctorat, Université de Liège et d'Abomey-Calavi, (2016) 164 p.
- [30] - A. M. PIPER, " A graphic procedure in the geochemical interpretation of water-analyses ", *Eos Trans. AGU*, 25 (6) (1944) 914 - 928, doi: 10.1029/TR025i006p00914