

Biodiversité de la faune de quelques puits d'Awae, Région du Centre-Cameroun : influence de quelques facteurs abiotiques

Blandine Laure TAYOU NENGEM¹, Gabriel Bertrand ZAMBO¹,
Oumarou Farikou POUNTOUGNIGNI^{1,2}, Rodrigue NANFACK DONGMO¹
et Serge Hubert ZEBAZE TOGOUET^{1*}

¹ Université de Yaoundé 1 Faculté des Sciences, Laboratoire d'Hydrobiologie et Environnement, BP 812, Yaoundé, Cameroun

² Université d'Ebolowa, Institut Supérieur d'Agriculture, du Bois, de l'Eau et de l'Environnement (ISABEE), Laboratoire d'Analyse Agroenvironnement, BP 118 Ebolowa, Cameroun

(Reçu le 28 Avril 2026 ; Accepté le 29 Mai 2026)

* Correspondance, courriel : zebasehu@yahoo.fr

Résumé

La biodiversité de la faune souterraine en relation avec quelques facteurs abiotiques à Awae a été étudiée dans le Département de la Mefou Afamba, Région du Centre - Cameroun. Les travaux ont été menés sur 12 mois (Janvier à Décembre 2022) dans 8 Puits choisis au hasard. Les analyses physicochimiques et biologiques ont été effectuées sur le terrain et au laboratoire suivant les méthodes standards. La faune souterraine a été collectée à l'aide d'un filet phréatobiologique de 150 μ m d'ouverture de maille en toile fine monté sur un cercle métallique et les organismes ont été identifiés à l'aide des clés d'identification et d'ouvrages appropriés. Les résultats des analyses physicochimiques ont montré que ces eaux sont faiblement minéralisées ($72,29 \pm 66,94$ μ S/cm), légèrement acides ($6,02 \pm 0,38$ UC), moyennement oxygénées ($66,18 \pm 20,74$ %) avec une température moyenne de ($25,23 \pm 1,66$) °C. L'ensemble des résultats physicochimiques permet de conclure que ces eaux sont écologiquement de qualité critique. Au total, 570 individus appartenant à 3 Embranchements (Arthropodes, Mollusques et Annélides), 7 Classes, 11 Ordres et 22 Genres ont été identifiés. L'embranchement des Arthropodes a été dominant avec 97,54 % de l'abondance totale et une forte représentativité des Chironomidae et des Formicidae. Les Ordres des Coléoptères et Diptères ont été les plus diversifiés avec 10 taxa chacun. La structure de la faune révèle une communauté faiblement diversifiée et équidistribuée. La stygofaune dominée par les Diptères (47%), les Hyménoptères (31%) et les Coléoptères (8%), indique une dégradation de la qualité des eaux. Ces eaux utilisées par les populations pour des besoins domestiques nécessitent un traitement préalable. La construction de ces ouvrages d'approvisionnement domestique en eau devrait respecter les normes, ce qui limiterait substantiellement la contamination des eaux.

Mots-clés : biodiversité, stygofaune, facteur abiotique, puits, Awae, Cameroun.

Abstract

Biodiversity of the Fauna in Some Wells in Awae, Central Region of Cameroon : Influence of Some Abiotical Factors

The biodiversity of Subterranean fauna in relation to selected abiotic factors in wells in Awae, located in the Mefou Afamba division of the Central Region of Cameroon. The study was conducted over a 12 months' period (January to December 2022), in 8 randomly selected wells. Physicochemical and biological analyses were carried out both in situ and in the laboratory following standard methods. subterranean fauna was collected using a phreatobiological net with 150 μ m mesh size made of fine fabric mounted on a metal ring. Organisms were identified using taxonomic keys and relevant literature. Results of physicochemical analyses revealed that the water was weakly mineralized ($72,29 \pm 66,94 \mu\text{S/cm}$), slightly acidic ($6,02 \pm 0,38 \text{ UC}$), and moderately oxygenated ($66,18 \pm 20,74 \%$), with an average Temperature of $25,23 \pm 1,66 ^\circ\text{C}$. Overall, these parameters indicate that the waters are of critical ecological quality. Nitrate ($0,44 \pm 1,02 \text{ mg/L}$) and Orthophosphate ($0,66 \pm 1,03 \text{ mg/L}$) concentration were low. A total of 570 Organisms belonging to 3 Phyla (Arthropods, Molluscs and Annelids), 7 Classes, 11 Orders and 22 Genera were recorded. The phylum Arthropoda dominated this fauna with 97.54% of the total abundance, with the strong contribution from Chironomidae and Formicidae. Les orders Coleoptera and Diptera were the most diversified each comprising 10 taxa. The faunal structure indicates a poorly diversified and unevenly distributed community. The Stygofauna was dominated by Diptera (47%), Hymenoptera (31%), and Coleoptera (8%), suggesting a degradation in water quality. These waters used by local populations for domestic purposes, require prior treatment. The construction of these water supply structures should comply with established standards to significantly reduce water contamination.

Keywords : *biodiversity, stygofauna, abiotic factors, wells, Awae, Cameroon.*

1. Introduction

Les eaux souterraines représentent environ 97% des eaux douces continentales liquides et 30 % de l'eau douce de la planète [1, 2]. Elles constituent la principale source d'eau douce de l'humanité [3]. Les eaux souterraines constituent une ressource essentielle pour l'humanité car 75 à 90% de la population mondiale utilisent une eau d'origine souterraine [4]. Leur étude permet une meilleure compréhension de ces écosystèmes et favorise leur gestion, leur protection et leur conservation [2]. Au-delà de leur rôle de réservoir d'eau, elles abritent une biodiversité spécifique, notamment des organismes stygobies adaptés aux conditions particulières du milieu souterrain, caractérisé par une faible disponibilité des ressources trophiques et une relative stabilité environnementale [5]. Ces organismes présentent diverses adaptations biologiques, telles qu'un métabolisme ralenti, une reproduction réduite et une résistance accrue au jeûne [6 - 9]. La faune souterraine constitue également un indicateur pertinent de la qualité des ressources en eau. Cependant, les pressions anthropiques entraînent souvent une dégradation des caractéristiques physico-chimiques et biologiques de ces milieux aquatiques [8]. Les recherches sur les eaux souterraines ont connu un essor important au cours des dernières années notamment en Afrique [10 - 13]. Au Cameroun, des études sur la qualité physicochimique et la faune des eaux souterraines ont été menées dans plusieurs localités, dans le Noun [14], à Edéa [15], à Yaoundé [16] à Tiko [17] et tout récemment à Douala [18]. Les résultats issus de ces travaux montrent que ces eaux sont fortement minéralisées et sujettes à une pollution d'origine anthropiques d'une part et d'autre part, hébergent une faune aquatique très diversifiée composée de Crustacés Isopodes Stygobies du genre *Metastenasellus* [15, 17 - 20]. Considérée comme une zone à forte activité agricole, la localité d'Awae village ne bénéficie pas d'une adduction en eau potable, ce qui amène les

populations à recourir aux eaux souterraines sans toutes fois se préoccuper de leurs qualités. De plus, aucune étude n'a été faite sur l'écologie et la structure des organismes peuplant des milieux souterrains d'Awae village, ainsi que l'influence de l'urbanisation et de l'exploitation agricole sur la structure spatio-temporelle de ces communautés. Cette étude vient évaluer la qualité des eaux de certains puits situés à Awae village à travers l'analyse des paramètres physico-chimiques. Elle visait également à identifier d'éventuels indicateurs de biodiversité des eaux souterraines et à sensibiliser le public à l'importance de la préservation de la qualité des ressources en eaux souterraines ainsi que leur biodiversité. L'accent a été mis sur leurs importances économique, social et scientifique, ainsi que sur les risques sanitaires encouru par les populations lorsque ces eaux sont de mauvaises qualité ou impropre à la consommation. La présente étude vise donc à évaluer la qualité de l'eau de certains puits à travers des paramètres physico-chimiques et à identifier d'éventuels indicateurs biologiques de la qualité des eaux souterraines de quelques puits d'Awae village.

2. Matériel et méthodes

2-1. Matériel

2-1-1. Présentation de la zone d'étude

L'étude a été réalisée à Awae village dans le Département de la Mefou et Afamba, (Région du Centre au Cameroun), à environ 50 km de Yaoundé. La localité couvre une superficie d'environ 900 km² et se situe entre 600 à 730m d'altitude [21]. Le climat est de type bimodal, marqué par 4 saisons alternant périodes pluvieuses et sèches, avec une pluviométrie annuelle comprise entre 1500 et 2000 mm/an avec une température moyenne de 23,55° C et une amplitude thermique annuelle de 2,39° C [22, 23]. Les sols principalement ferrallitiques rouges, argileux et très riches en fer ont particulièrement sensible à l'érosion [24]. Les mouvements de terrain sont souvent aggravés par l'action humaine telle que l'agriculture intensive et la déforestation qui, décapant le couvert végétal, accroît une perte de la fertilité et le ruissellement diffus [24]. La ville concentre moins de 0,1 % de la population du Cameroun au regard des données du recensement de la population de 2005, avec un taux annuel moyen de croissance démographique estimé à 2,8% sur la période 1987-2005 [21].

2-1-2. Points d'échantillonnage et description

Un total de 8 stations d'échantillonnage (P1 à P8) a été choisi pour ce travail (*Figure 1*). Les Coordonnées géographiques, les caractéristiques morphométriques et les sources de pollution des puits étudiés sont représentés dans le *Tableau 1*.

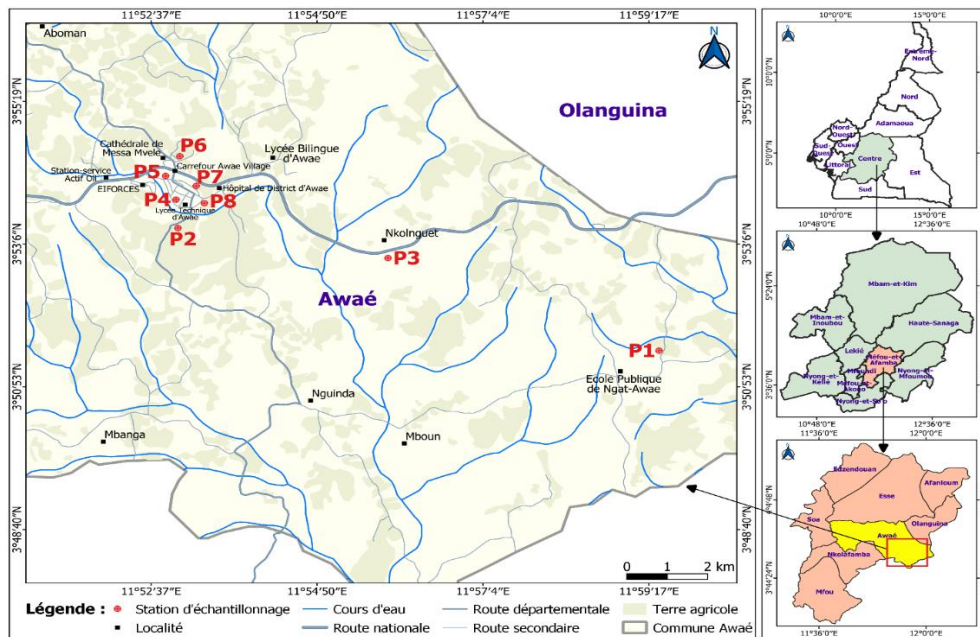


Figure 1 : Localisation des différentes stations d'échantillonnage d'Awae village pendant la période d'étude

Tableau 1 : Coordonnées géographiques, caractéristiques morphométriques et sources de pollution des puits étudiés

Quartier	Puits (P)	Coordonnées GPS		Caractéristiques morphométriques	Activités principales et sources de pollution
		Latitude (°N) Longitude (°E)	Altitude (m)		
Ngat	P1	03°51.26,1' 011°59.28,1'	706	Prof : 12,5 m Diam : 50,1 cm Non aménagé et ouvert	Grande plantation d'ananas
Mekiyat	P2	03°53.24,1' 011°52.57,1'	710	Prof : 7,71 m Diam : 124 cm Aménagé et fermé	Agriculture maraîchère
Port Gentil	P3	03°52.58,6' 011°55.45,6'	704	Prof : 12,10 m Diam : 58,2 cm Non aménagé et ouvert	Cacaoyère, lessive, Vaisselle
Lycée	P4	03°53.47,4' 011°52.57,2'	691	Prof : 15 m Diam : 95,5 cm Aménagé et fermé	Effluents de l'école
Haoussa	P5	03°54.69' 011°52.48,8'	705	Prof : 10,59 m Diam : 126 cm Non aménagé et ouvert	Effluents domestiques, porcheries
Messa	P6	03°54.26,5' 011°52.58,8'	706	Prof : 8,87 m Diam : 142 cm Aménagé et fermé	Pépinière, habitation spontanées, eaux domestiques
Témoin de Jéhovah	P7	03°54.2,5' 011°53.15,4'	700	Prof : 6,45 m Diam : 120 cm Aménagé et fermé	Champs, maisons d'habitation
Koabang	P8	03°53.46' 011°53.19,9'	715	Prof : 7,71 m Diam : 124 cm Non aménagé et ouvert	Toilette, poubelles, champs

2-2. Méthodes d'échantillonnage

2-2-1. Mesure des paramètres morphométriques et prélèvement de l'eau pour analyses physicochimiques

Les mesures des paramètres physicochimiques se sont déroulées à la fois sur le terrain et au laboratoire suivant les recommandations de [25, 26]. Les prélèvements pour l'analyse physicochimique de l'eau ont été effectués avant la récolte de la faune à l'aide d'un seau de 5 L. La température a été mesurée puis l'eau a été transvasée sans faire de bulles dans les flacons en polyéthylène de 1000 mL à double bouchage et ramenés au laboratoire en enceinte réfrigérée. Au laboratoire, L'oxygène dissous a été mesuré à l'aide d'un oxymètre portatif de marque HANNA HI 9146, tandis que le pH a été déterminé à l'aide d'un Multiparamètre de marque LAQUA HORIBA PC 220. Par ailleurs, les paramètres tels que les formes d'Azote et les Orthophosphates ont été déterminés de façon directe par spectrophotométrie HACH DR/3900, tandis que l'alcalinité et l'oxydabilité ont été mesurées par titration.

2-2-2. Échantillonnage de la faune

La récolte de la faune des puits a été réalisée à l'aide du filet phréatobiologique modifié [27], muni d'un cône filtrant en soie et d'une toile fine de 64 μm de maille monté sur un cercle métallique de 40 cm de diamètre. Au minimum vingt coups de traction du filet ont été effectués dans chaque puits ceci pour permettre d'obtenir un échantillon assez représentatif du peuplement de chaque puits [28]. Les organismes récoltés dans chaque station ont été fixés à de l'alcool 96° puis acheminés au laboratoire. Ensuite ils sont rincés à l'eau du robinet puis triés sous une loupe binoculaire Wild M5 avec un éclairage épiscopique, transvasés dans des piluliers étiquetés contenant de l'alcool à 70%, pour les opérations d'identifications et de comptage des organismes. Certains organismes ont été directement identifiés à la loupe alors que d'autres ont été identifiés au microscope à l'aide des clés appropriées [29 - 36] et des ouvrages classiques [30, 37 - 39].

2-3. Analyse des données et calcul des indices

Les données obtenues ont été regroupées en saison et pour l'analyse des résultats, les programmes Excel et SPSS 20.0 ont été utilisés. Le logiciel SPSS 20.0 a permis d'effectuer les tests non paramétriques de Kruskal Wallis et de Mann Whitney. Ces tests ont permis de montrer s'il existe ou pas une différence significative entre les paramètres physico-chimiques des puits étudiés. Le test r de Spearman a permis de rechercher des corrélations entre les paramètres physicochimiques et biologiques. Les indices écologiques notamment la Richesse taxonomique, l'Équitabilité de Pielou (J'), l'indice de diversité de Shannon-Weaver (H') et l'abondance relative ont été calculés sur Excel.

3. Résultats

3-1. Paramètres physico-chimiques

Les résultats des paramètres physiques suivants ont révélé des différences significatives ($P < 0,05$) par rapport aux puits et aux saisons. Il s'agit de la Température (**Figure 2A**) avec des valeurs comprises entre 24,30 au puits P7 pendant la PSS (Petite Saison Sèche) et 26,80°C au puits P4 pendant la PSP (Petite Saison de Pluie). Les valeurs moyennes saisonnières de la Couleur (**Figure 2C**) oscillent entre 0 pendant la GSS au puits P8 et 205 Pt. Co en GSP au puits P5. En revanche pour les MES (**Figure 2B**) et la Turbidité (**Figure 2D**), aucune différence significative n'a été observée ($p > 0,05$). Les MES présentent des valeurs comprises entre 0 à 34 mg/L (**Figure 2B**), tandis que la Turbidité varie de 0 à 35 FTU (**Figure 2D**).

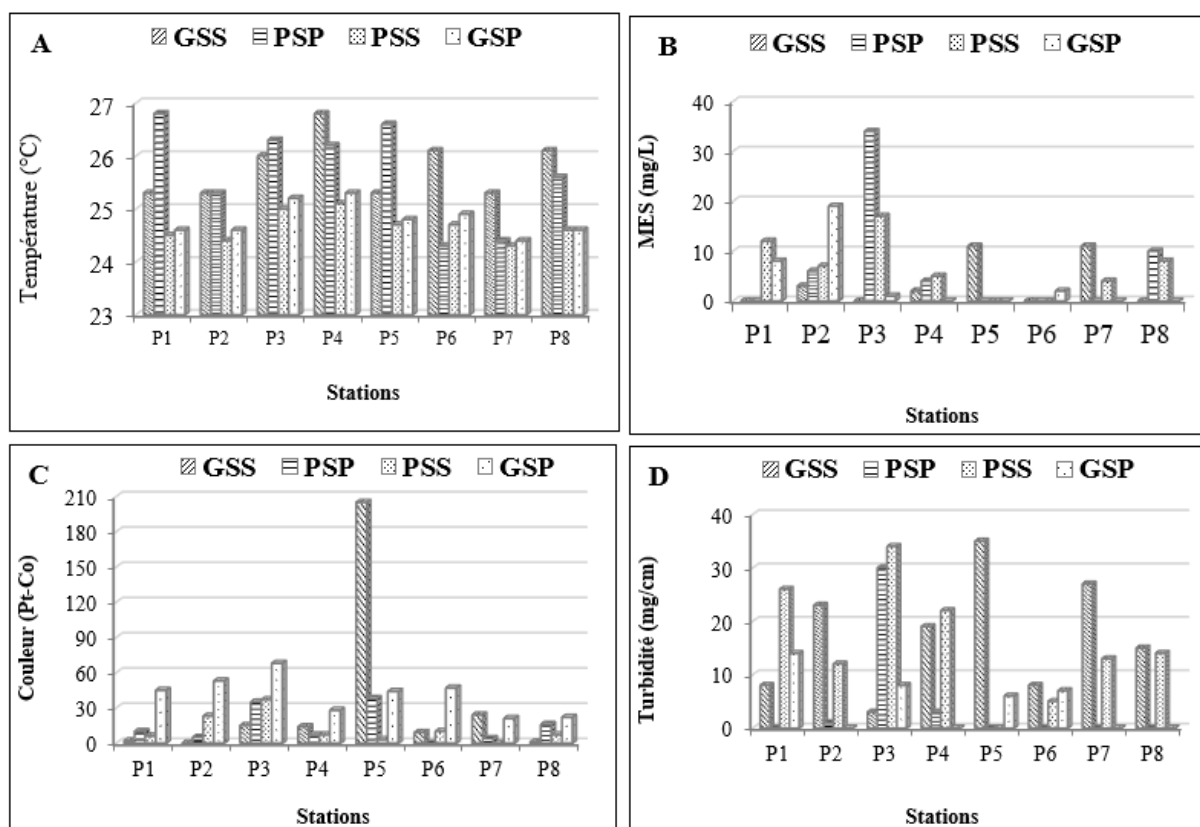


Figure 2 : Variation Spatio-temporelle et saisonnière de la Température (A), des Matières En Suspension (MES) (B) de la Turbidité (D) et de la Couleur (C)

Les variations spatio-temporelles du pH, du pourcentage de saturation en Oxygène dissous, de la Conductivité et de la concentration en Nitrates, sont présentées sur la **Figure 3**. Elles ont révélé ainsi des eaux faiblement acides dans les puits. Le pH varie de 5,30 UC au puits P7 pendant la PSS et 7,01UC au puits P1 pendant la GSS avec une moyenne générale de $6,02 \pm 0,38$ UC (**Figure 3D**). Les concentrations en Nitrates ont varié entre 0 au puits P7 à la PSP et 5,30 mg/L au puits P5 pendant la GSP (**Figure 4D**). Ces variations ne montrent pas de différence significative entre les puits. Les résultats des Paramètres tels la saturation de l'eau en Oxygène dissous et la Conductivité électrique ont montré des différences significatives par rapport aux puits et aux saisons. La saturation en Oxygène dissous de l'eau des puits étudié a varié entre 5,30 en PSS dans la plupart des puits et 100 % en PSP (**Figure 3B**). Les valeurs de la Conductivité ont varié entre 19,32 au puits P3 pendant la PSS et 285,60 $\mu\text{S}/\text{cm}$ au puits P8 pendant la GSS, (**Figure 3C**).

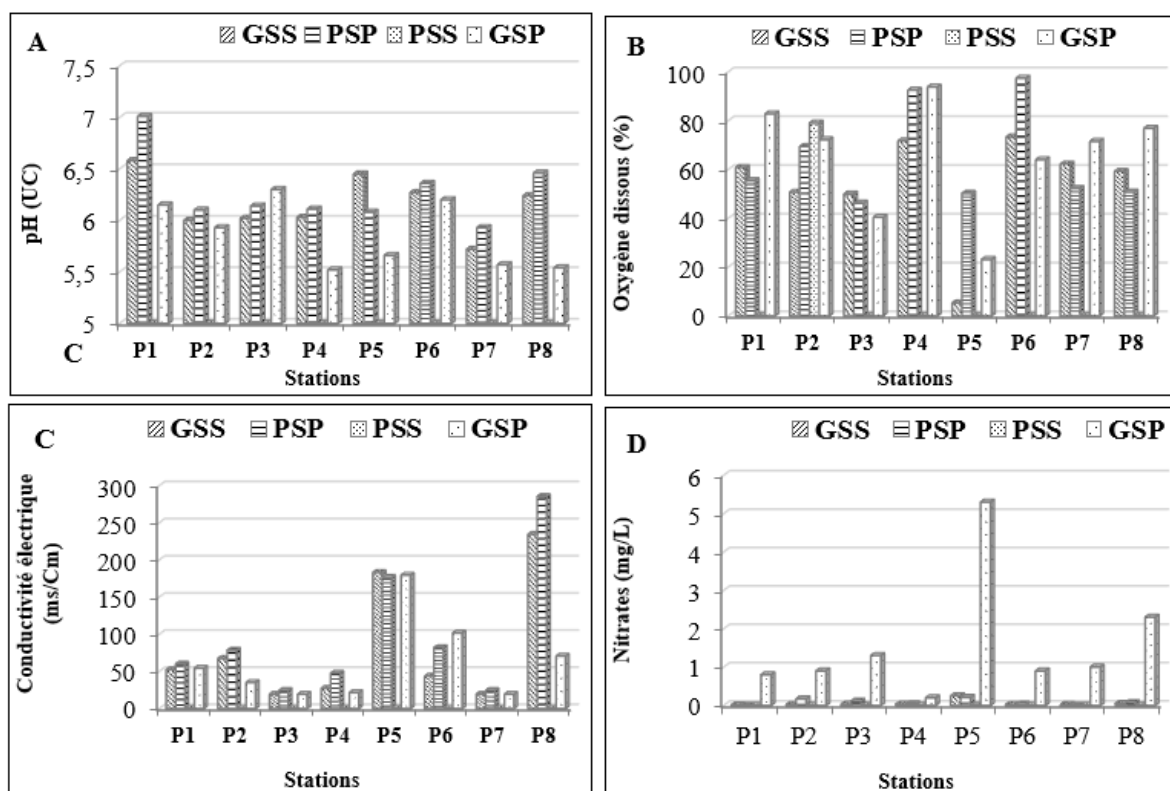


Figure 3 : Variation Spatio-temporelle du pH (A), de l'Oxygène dissous (B), de la Conductivité électrique (C) et des Nitrates (D)

Les Orthophosphates et l'Alcalinité n'ont montré aucune différence significative par rapport aux puits et aux saisons. Les concentrations en Orthophosphates ont varié de 0 mg/L au puits P6 pendant la GSS à 2,5 mg/L au puits P5 pendant GSP (**Figure 4A**). Les valeurs de l'Alcalinité varient entre 0,30 et 30 mg/L de HCO_3^- , autour d'une moyenne de $6,77 \pm 6,29$ mg/L de HCO_3^- (**Figure 4C**). Les concentrations en Matières Organiques Oxydables (Oxydabilité) (**Figure 4B**) révèlent une différence significative entre les saisons ($p = 0,01$). Les valeurs oscillent entre 3,75 mg/L au puits P3 en PSP et 28,63 mg/L au puits P1 en GSP.

3-2. Faune aquatique souterraine d'Awae

La faune identifiée est composée de 570 individus appartenant à 45 Taxa. Ces taxa sont répartis en 3 Embranchements (Arthropodes, Mollusques et Annélides), 7 Classes (Insectes, Oligochètes, Gastéropodes, Myriapodes, Arachnides, Crustacées et Collembolés), 12 Ordres (Coléoptères, Diptères, Odonates, Hyménoptères, Hétéroptères, Oligochètes, Basommatophore, Myriapode, Diploure, Acarien, Isopodes.).

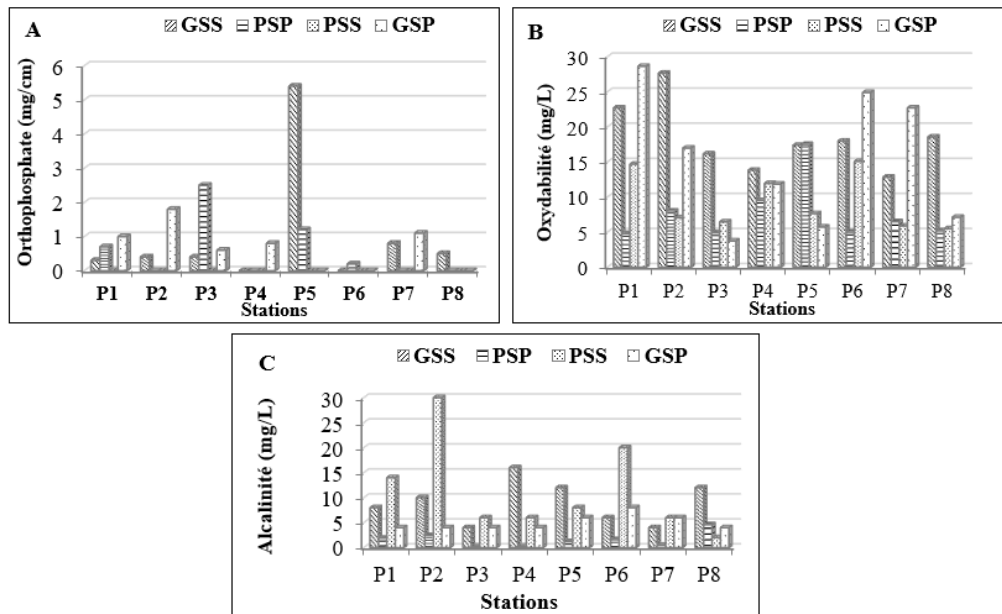


Figure 4 : Variation Spatio-temporelle et saisonnières des Orthophosphates (A) de l'Oxydabilité (B) et Alcalinité (C)

3-2-1. Richesse taxonomique

Des 12 Ordres inventoriés, les Coléoptères et les Diptères ont été les plus diversifiés avec 10 familles chacun (**Figure 6**). Ils sont suivis des Acariens et des Odonates qui comptent 5 et 4 familles respectivement. Les Basommatophores sont représentés par deux familles alors que les Oligochètes comptent une seule Famille (**Figure 5**). L'Ordre des Isopodes est représentés par deux Familles qui comptent les espèces stygobies : les Asellidae et les Oniscidae. Dans chacune de ces familles, une espèce a été identifiées, respectivement *Proasellus* sp et *Oniscus* sp.

3-2-2. Abondances relatives des Taxa

Globalement, l'embranchement des Décapodes a été le plus abondants avec 556 individus soit 97,54% d'abondance total. Les larves du genre *Chironomus* (Chironomidae) constituent le taxon dominant dans l'ensemble des puits étudiés suivie des Formicidae (**Figure 6**). Par ailleurs, 17 Familles sont faiblement représentées, chacune n'étant illustrée que par 1 seul individu. Les Annélides et les Mollusques ont été moins abondants représentant respectivement 1,92% et 0,52% de l'abondance totale (**Figure 6**).

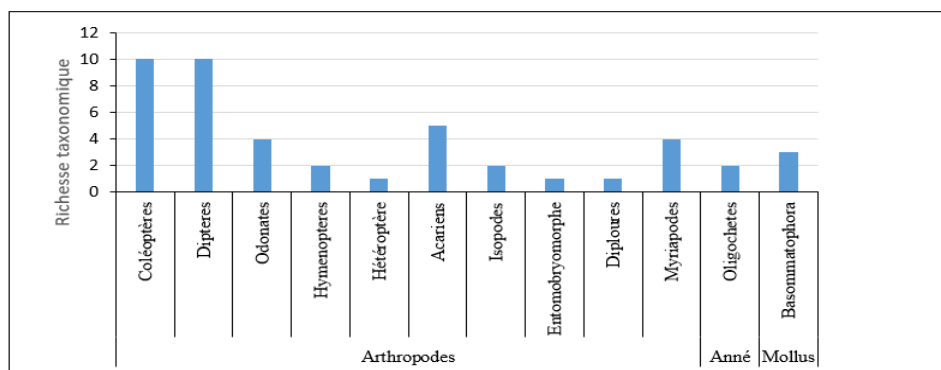


Figure 5 : Richesse taxonomique des Ordres de la faune récoltée
Anné : Annélides ; Mollus : Mollusques

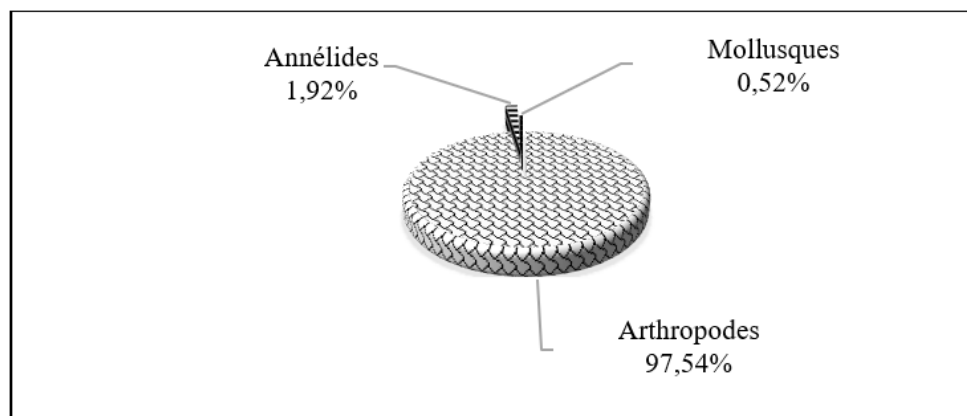


Figure 6 : Abondance relative des taxons de la faune récoltée

3-2-3. Abondance relative saisonnière des taxa

Sur le plan saisonnier, les Arthropodes ont été les plus abondants avec 98,2% d'abondance totale des individus récoltés (**Figure 7**). Toutefois, la faune enregistrée a été plus abondante en Grande Saison Sèche (GSS) soit 42,63% d'abondance totale tandis qu'en Petite Saison Sèche (PSS) la faune a été moins abondante avec 24,07% d'abondance totale (**Figure 8**). Aucune différence significative entre les saisons n'a été relevée ($p = 0,71$). Le récapitulatif de la faune récoltée dans chaque puits est résumé dans le **Tableau 2**. Globalement, les résultats montrent que cette stygofaune est dominée par les Diptères qui représentent 47% de la faune, suivie des Hyménoptères avec 31% de la faune et enfin les Coléoptères avec 8% de la faune. Ce qui montre une nette dominance des espèces stygoxènes et une paucispécificité des espèces stygobies. En effet, les espèces stygobies sont représentées uniquement par *Proasellus* sp. dans le puits P4 et *Oniscus* sp. dans le puits P8.

3-2-4. Indice de Shannon et Weaver et Equitabilité de Pielou

L'indice de diversité au cours de cette étude a varié de 1,76 bits/Ind au puits P7 à 2,97 bits/Ind autour d'une moyenne de $2,36 \pm 0,47$ bits/Ind. Quant à l'Equitabilité de Pielou, les valeurs ont oscillé entre 0,48 au puits P7 et 0,85 au puits P2 autour d'une moyenne de $0,70 \pm 0,14$ (**Figure 8**).

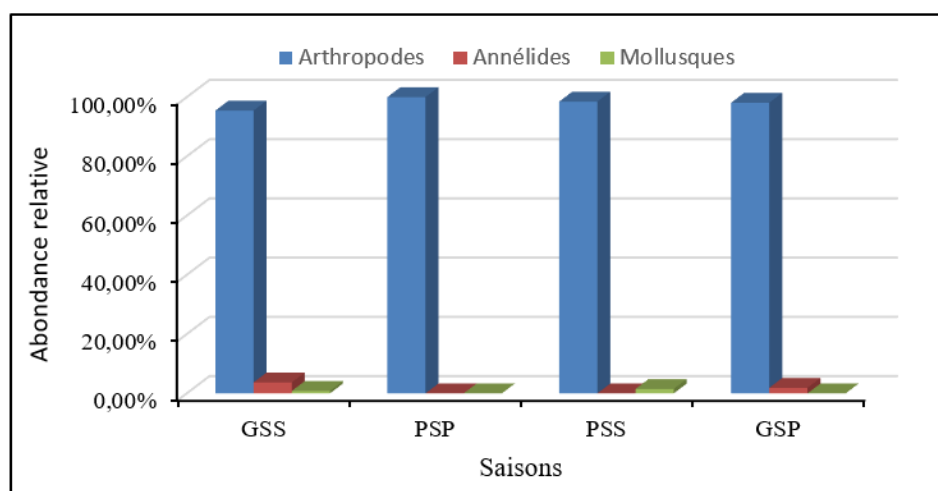


Figure 7 : Abondance relative saisonnière des Taxa récoltés

Tableau 2 : Récapitulatif de la faune dans les 8 puits d'Awae pendant la période d'étude

Classe	Ordre	Familles	Genres	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	TOTAL
Insectes	Coléoptères	Elmidae	<i>Riolus</i>	0	0	0	0	1	0	4	0	5
		Dytiscidae	<i>Lachophilus</i>	0	0	2	0	1	0	0	0	3
		Hydrophilidae	<i>Hydrocyphon</i>	0	1	0	0	0	0	0	2	3
			<i>Lithoglyphus</i>	0	1	0	0	0	2	0	0	3
		Carabidae	<i>Coecolinus</i>	0	0	0	0	0	1	0	1	2
		Staphylinidae	<i>Phleocharus</i>	0	0	0	1	0	0	2	8	11
		Scirtidae		0	0	0	0	1	0	0	0	1
		Pselaphidae		0	0	0	0	0	0	1	0	1
		Japygidae		1	0	0	0	0	1	0	0	2
		Campodeidae		0	1	0	0	0	0	0	0	1
		Elateridea		0	0	0	0	15	0	0	0	15
	Diptères	Chironomidae	<i>Chironomus</i>	19	2	26	4	51	12	74	31	219
		Chaoboridae	<i>Dixa</i>	2	0	2	0	0	0	0	1	5
		Culicidae	<i>Culex</i>	11	0	4	0	14	2	0	2	33
		Tipulidae		0	0	0	0	0	0	1	0	1
		Dixidae		0	0	0	0	0	1	0	0	1
		Simuliidae		0	0	1	0	0	0	1	0	2
		Thaumaleidae		0	0	0	1	0	0	0	0	1
		Hygrophilidae		0	0	0	0	3	0	0	0	3
		Psychodidae	<i>Pericoma</i>	0	0	0	0	3	0	0	0	3
		Ceratopogonidae	<i>Dasyheilea</i>	1	0	0	0	0	0	2	0	3
	Odonates	Tabanidea		0	0	1	0	0	0	0	0	1
		Gomphidae		0	0	0	0	0	1	0	0	1
		Libellulidae	<i>Libellula</i>	0	1	0	6	0	0	0	1	8
		Aeshnidae		0	0	0	1	0	0	0	0	1
	Hyménoptères	Formicidae		0	7	11	18	56	6	13	65	176
		Agriotypidae		0	0	0	0	0	0	1	0	1
	Hétéroptère	Nepidae	<i>Ramatra linearis</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	2
Clitellate	Oligochètes	Lumbriculidae	<i>Lumbricus</i>	0	0	0	0	0	6	3	0	9
		Naididae	<i>Dero</i>	0	0	0	4	0	0	0	0	4
Gasteropodes	Basommatophores	Hydrobidae	<i>Lithoglyphus</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1
		Lymnaeidae	<i>Aplexa</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1
		Planorbidae		0	0	0	0	0	0	0	1	1
Myriapodes	Diplodes	Julidae	<i>Cylindroiulus</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1
		Paurodidae		0	0	0	0	2	0	0	0	2
		Scutigera	<i>Scutigerella</i>	0	0	0	10	0	0	0	0	10
		Cryptopidae		0	0	0	0	0	0	0	2	2
	Diploures	Japygidae		1	2	0	0	0	1	0	0	4
Arachnides	Acariens	Theriidae		1	0	3	0	0	0	0	0	4
		Pachygnathidae		0	0	3	2	0	0	0	0	5
		Ixodidae		0	0	0	2	0	0	0	0	2
		Ceratozetidae		0	1	0	0	0	0	0	0	1
		Penthalodidae		1	0	6	0	0	0	0	0	7
Crustacés	Isopodes	Asellidae*	<i>Proasellus</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1
		Oniscidae*	<i>Oniscus</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Collemboles	Entomobryomorphe	Entomobryidae	<i>Orchesella</i>	0	0	0	0	1	3	2	0	6
Nombre total d'individu				37	16	59	50	147	37	108	116	570
Nombre total de Taxa				8	8	10	11	11	13	13	11	
Richesse stygobie				0	0	0	1	0	0	0	1	

NB : * pour les familles avec des espèces stygobies.

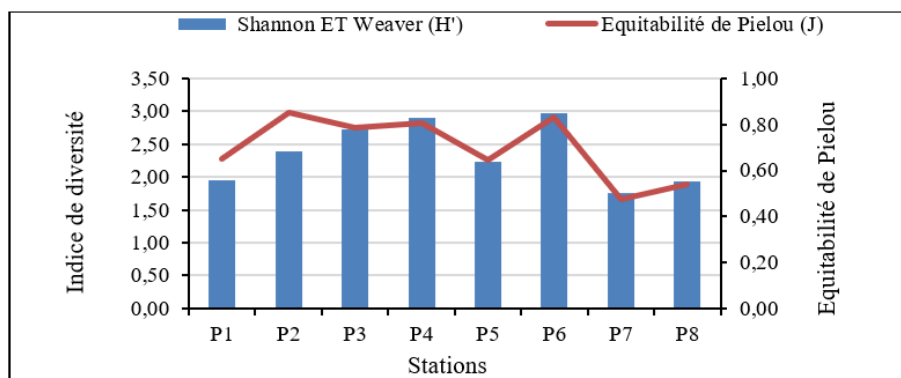


Figure 8 : Variation spatiale et saisonnière de l'indice de diversité et d'Equitabilité de Pielou

3-2-5. Corrélation entre les paramètres physico-chimique et biologique

L'analyse de corrélation de Spearman a permis de mettre en évidence les relations entre les paramètres physico-chimiques et la faune récoltée. D'après les résultats (**Tableau 3**), 8 familles ont été corrélées aux paramètres physico-chimiques. Il apparaît que la teneur en oxygène dissous a été négativement corrélée à la famille des Chironomidae ($r = -0,399^*$) et positivement corrélée à la famille des Libellulidae ($r = 0,413^*$). La famille Hydrophilidae s'est révélée être influencée positivement au CO₂ ($r = 0,389^*$) et au Nitrate ($r = 0,480^{**}$) et négativement corrélée aux Nitrites ($r = -0,358^*$). Le pH, a été d'une part, négativement corrélée aux familles des Staphylinidae ($r = -0,422^*$) et des Libellulidae ($r = -0,377^*$), et d'autre part positivement corrélée aux Chaoboridae ($r = 0,469^{**}$). Les Matières en Suspension (MES) et la Turbidité ont présenté des corrélations positives avec les familles des Penthalodidae ($r = 0,409^*$) et Elmidae ($r = 0,355^*$). L'augmentation des concentrations en Nitrates a influencé négativement l'abondance des familles des Chaoboridae ($r = -0,419^*$) et positivement la famille des Hydrophilidae ($r = 0,480^{**}$). Enfin, l'Azote Ammoniacal a été favorable à l'épanouissement des Ceratometidae ($r = 0,356^*$).

Tableau 3 : Variations du coefficient de corrélation r de Spearman entre les organismes identifiés et quelques variables physicochimiques de l'eau

	Oxygène	Ph	CO ₂	MES	Turbidité	Nitrate	Nitrite	NH ₄
Chironomidae	-,399*	-0,145	-0,041	0,536	0,165	-0,330	0,454	-,371
Libellulidae	,413*	-,377*	-0,399	-0,179	-0,302	-0,069	-0,289	,124
Elmidae	0,156	-0,149	,733*	0,546	,352*	0,452	0,047	,452
Hydrophilidae	0,378	0,634	,389*	-,756*	0,756	,480**	-,358*	,126
Staphylinidae	-0,082	-,422*	0,577	0,082	0,577	0,577	0,247	,082
Chaoboridae	0,687	,469**	0,516	0,356	0,454	-,419*	0,503	-,025
Penthalodidae	0,592	-0,147	0,296	,409*	,355*	0,405	0,171	-,109
Ceratometidae	-0,247	0,083	0,247	0,247	0,415	0,247	0,412	,356*

****.** Corrélation significative au seuil 0.01; ***** Corrélation significative au seuil 0.05.

4. Discussion

Les caractéristiques physico-chimiques des eaux souterraines, varient selon la profondeur des puits ainsi que les activités anthropiques environnantes [41]. Les paramètres tels que la Température, le pH, la Turbidité et la Conductivité électrique constituent des indicateurs essentiels pour l'évaluation de la qualité des eaux souterraines [42]. Les résultats de ce travail révèlent que la Température des eaux souterraines de la zone

d'étude a été élevée en grande saison sèche. Ce résultat serait lié à la réduction de la colonne d'eau, à la profondeur et l'ouverture des puits, ce qui laisserait passer les rayons solaires directement dans ces puits. Il a été montré à cet effet, que la Température des eaux des puits dépend de la profondeur des puits, de leur état de protection, du niveau d'eau dans le puits ainsi que la topographie [43]. Ce résultat corrobore les travaux menés dans les eaux souterraines du Sud-Ouest du Cameroun [17]. Les valeurs élevées de la Turbidité, supérieures aux normes recommandées de 5 FTU traduisent une pollution organique des eaux souterraines liée à l'introduction des débris dans les puits non protégés [44, 45]. Ainsi, la protection des puits par l'aménagement de margelles hautes permet de prévenir les risques de pollution des eaux [46]. Les eaux présentent un pH globalement acides ($6,02 \pm 0,38$ UC) similaire à celles observés à Yaoundé [47, 48]. Cette acidité serait liée à la nature siliceuse du socle de la région. Il a été rapporté à cet effet que le pH d'une eau souterraine bien que sensible à diverses fluctuations, n'est pas très différent de celui du sol qui l'encaisse [49]. Les teneurs en Oxygène dissous enregistrées dans ces eaux des puits, révèlent une valeur moyenne en Oxygène dissous de $66,18 \pm 20,74$ Ce résultat s'expliquerait par la faible activité photosynthétique [50, 51]. Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés dans d'autres études menées à Yaoundé [15]. Les concentrations en Orthophosphates ont été relativement élevées dans l'ensemble des puits et dépassent la valeur recommandée de 0,40 mg/L [44]. Ce qui s'expliquerait par l'apport d'engrais en quantité excessive, la présence des latrines traditionnelles aux alentours des puits et les rejets d'eau résiduaires dans le milieu naturel qui arriverait par infiltration dans le milieu souterrain [52]. Les résultats similaires ont également été rapportés dans le Sud-ouest camerounais [17]. Les teneurs en Nitrates enregistrées sont globalement inférieures à la valeur seuil de 50 mg/L recommandée pour les eaux de boisson [53], indiquant une faible contamination azotée. Toutefois, leur présence, même à de faibles concentrations, peut favoriser le développement des bactéries nitrifiantes. Ces nitrates proviendraient principalement des apports diffus liés aux activités anthropiques, notamment l'utilisation d'engrais, les déjections humaines et animales, ainsi que la décomposition de la matière organique sous l'action des microorganismes.

Ainsi, bien que les concentrations observées restent modérées, elles traduisent une influence des activités humaines sur la qualité des eaux souterraines. Cette situation suggère une pollution organique d'origine diffuse, résultant de l'infiltration des effluents domestiques, du ruissellement provenant des habitations et du lessivage des sols agricoles. Au cours de cette étude, 45 Taxa ont été identifiés soit 01 hypogés et 44 épigés. Les genres *Chironomus* (larves de Diptères) de la famille des Chironomidae ont été les plus abondants dans la plupart des puits, ce qui s'expliquerait par l'état de protection des puits, aux caractéristiques physicochimiques de l'eau et au climat local [15]. La présence de l'espèce Stygobie *Proasellus* sp dans le puits P4, assez pauvre en famille polluotolérantes comme les Chironomidae suggère une relation positive entre la présence d'espèces Stygobies et la qualité des eaux [36]. La même observation est faite dans le puits P8, avec la présence de l'espèce stygobie *Oniscus* sp. [56]. La famille des Asellidae échantillonnée à Awae en très faible nombre a aussi été signalée à Tiko [57] et à Douala [58]. La faible diversité des taxa identifiée entre 8 et 13 ne permet de tirer des conclusions définitives. Toutefois, sachant que l'effort d'échantillonnage est une variable importante pour la détermination de la biodiversité, nous pouvons suggérer qu'il fallait plus de temps ou plus de station d'échantillonnage dans ce travail. La variation des paramètres physico-chimique influence la structure et la distribution des communautés biologiques dans les hydrosystèmes souterrains [59]. La richesse taxonomique De la faune récolté présente une corrélation négative avec le pH et les Nitrites, indiquant que l'augmentation de ces paramètres pourrait être défavorable au développement de certains organismes souterrains. En revanche, des corrélations positive ont été observés avec le CO₂, les Matières en Suspensions (MES), la Turbidité et l'Azote ammoniacal. Ces résultats diffèrent toutefois de ceux obtenus dans les eaux souterraines de Tiko, probablement en raison des particularités géologiques et pédologiques propres à chaque zone d'étude [17]. Certains travaux ont montré que les hydrosystèmes souterrains tendent vers des environnements légèrement acides, généralement moins favorables au développement des organismes strictement hypogés, ce qui pourrait expliquer les faibles abondances observées dans certains puits [60 - 62].

5. Conclusion

Il ressort de ce travail que, les eaux des puits étudiés présentent une température moyenne, un pH globalement acide, et une oxygénation modérée. Elles sont également riches en matières organiques et sont sujettes à une contamination directe par des pollutions domestiques et agricoles. La plupart des paramètres physicochimiques ont montré des valeurs plus élevées pendant la grande saison des pluies. Au total, 570 organismes répartis en 45 taxa, 12 Ordres, 7 Classes et 3 Embranchements ont été recensés. L'embranchement des Arthropodes est le plus abondant, tandis que les Ordres des Coléoptères et des Diptères sont plus diversifiés. Le genre *Chironomus* domine la stygofaune dans l'ensemble des puits étudiés. Cette stygofaune est peu abondante et peu diversifiée. Les paramètres tels que l'Oxygène dissous, les MES, le pH la Turbidité et l'Azote ammoniacale influencent significativement la distribution des organismes dans ces milieux. Ces résultats mettent en évidence une dégradation de la qualité des eaux souterraines étudiées, liée à un enrichissement en matières organiques. D'où la nécessité de mettre en place des mesures de gestion, de suivi et de protection des puits, afin de préserver la qualité de ces eaux et de limiter les sources de contamination.

Références

- [1] - C. BOSCA, Groundwater law and administration of sustainable development. *Mediterranean Magazine of Science, Training and Technology*, 02 (2002) 013 - 017
- [2] - D. L. DANIELOPOL, Incorporating ecological perspectives in European groundwater management policy. *Environmental Conservation*, 31 (3) (2004) 185 - 189
- [3] - AIEA (Agence Internationale de l'Energie Atomique), Les eaux souterraines. <https://www.iaea.org/fr/themes/les-eaux-souterraines>, (2019) consulté le 05/07/2022
- [4] - A. BOUGHROUS, « Biodiversité, écologie et qualité des eaux souterraines de deux régions arides du Maroc : le Tafilalet et la région de Marrakech. Thèse de Doctorat d'État, Faculté des Sciences. Université Cadi Ayyad Semailia, Marrakech, Maroc, (2007) 236 p.
- [5] - C. BOUTIN & M. BOULANOUAR, Méthodes de capture de la faune stygobie : expérimentation de différents types de pièges appâtés dans les puits de Marrakech (Maroc occidental). *Bulletin de la Faculté Sciences de Marrakech (Section Sciences de la Vie)*, 2 (1983) 05 - 021
- [6] - M. BRUNKE, Hyporheic invertebrates the clinical nature of interstitial communities structured by hydrological exchange and environmental gradients. *Journal of the North American Benthological Society*, 18 (1999) 344 - 362
- [7] - J. ISSARTEL, Behavioural, ventilatory and respiratory responses of epigean and hypogean crustaceans to different temperatures. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part A, Molecular & Integrative Physiology*, 141 (2005) 01-07
- [8] - F. MALARD, J. GIBERT & R. LAURENT, L'aquifère de la source du lez : un réservoir d'eau et de la biodiversité. *Karstologia*, 30 (1997) 049-054
- [9] - F. MALARD, S. PLENET & J. GIBERT, The use of invertebrates in groundwater monitoring: a rising research field. *Ground Water Monitoring and Remediation*, 16 (1996) 103-113
- [10] - G. MAGNIEZ, Sur la biogéographie des Stenasellidae Africains (Crustacés Isopodes stygobies). *Mémoire Biospéologie*, Moulis, XI, 38 (1984) 051-054
- [11] - G. MESSANA, Africa, Biospeleology. In. *Encyclopedia of Caves and Karst Science*. J.Gunn. Fitzroy Dearborn. New, London (2003) 024-025
- [12] - L. PERRITAZ, Africa, North. In. *Encyclopedia of Caves and Karst Science* J. Gunn. Fitzroy Dearborn. New, London, (2003) 013-016

- [13] - D. MERZOUG, Faune aquatique des puits et sources de la région d'Oum-El-Bouaghi (Nord-Est algérien). *Hydroécologie Appliquée*, 17 (2010) 077-097
- [14] - G. N. NKEMEGNI, Etude de la qualité des eaux souterraines des puits et sources Dans l'Arrondissement de Mfou. Université de Yaoundé I. Faculté des Sciences. Mémoire de Master, (2010) 46 p.
- [15] - R. P. TUEKAM KAYO Essai de biotypologie faunistique des eaux souterraines de quelques localités des régions du Centre et Littoral du Cameroun : influence de quelques facteurs abiotiques. Thèse de Doctorat/PhD, (2013) 291 p.
- [16] - B. L. TAYOU NENGEM, Diversité de la stygofaune et qualité physicochimique de quelques puits à Yaoundé. Mémoire de master, (2017) 83 p.
- [17] - S. CHINCHE BELEGFE, S. H. ZEBAZE TOGOUET, P. G. T. MOANONO, F. POUNTOUGNIGNI OUMAROU, R. P. TUEKAM KAYO & A. FOMENA. Impact of physicochemical parameters on biodiversity and groundwater quality in Tiko, Cameroon. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 7(6) (2019) 039-046
- [18] - F. POUNTOUGNIGNI OUMAROU, C. PISCART, N. SOB, S. H. ZEBAZE TOGOUET, Distribution of stenaseillidae in Africa and description of a new species of *Metastenasellus* from Cameroonian groundwaters. *Subterranean Biology*, 40 (2021) 175 - 194
- [19] - S. H. ZEBAZE TOGOUET, C. BOUTIN, T. NJINE, N. KEMKA, & S. FOTO MENBOHAN, First data on the groundwater quality and aquatic fauna of some wells and springs from Yaoundé (Cameroun). *European Journal of Water Quality*, 40 (2009) 51-74
- [20] - G. NANA NKEMEGNI, Biodiversité de la stygofaune dans les Hauts Plateaux Bamoun (Ouest-Cameroun). Thèse de Doctorat/PhD, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé I, (2017) 173 p.
- [21] - ANONYME, Plan Communal de Développement d'Awae (PCDA), (2013) 131 p.
- [22] - B. SUCHEL, Les climats du Cameroun. Université de Bordeaux III, (1987) 1863 p.
- [23] - M. MENA, Evolution des précipitations à Yaoundé. *African Journal of Climate Change and Resource Sustainability*, (2016) 389-407
- [24] - SEGALIN, Les sols et la géomorphologie au Cameroun. *Horizon*, (1967) Consulté le 01/01/2023
- [25] - APHA, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th ed., American Public Health Association, Washington, D.C., (1998) 1150 p.
- [26] - J. RODIER, B. LEGUBE, N. MARLET & R. BRUNET, L'analyse de l'eau. 9e édition, Dunod, Paris, France, (2009) 1579 p.
- [27] - L. CVETKOV, Un Filet Phréatobiologique. *Bulletin de l'Institut de Zoologie Museum, Sofia*, (1968) 215 - 219
- [28] - B. IDBENNACER, Recherches écologiques, biogéographiques et démographiques sur la faune aquatique souterraine de la région de Guelmim (Sud-ouest de l'Anti-Atlas marocain). Thèse de 3ème cycle, Faculté de Science Semlalia, Marrakech, (1990) 275 p.
- [29] - H. TACHET, P. RICHOUX, M. BOURNAUD & P. USSEGLIO-POLATERA, Invertébrés d'eau douce : Systématique, biologie et écologie. Nouvelle édition, revue et augmentée, CNRS édition, Paris, France, (2010) 607 p.
- [30] - J. MOISAN, Guide d'identification des principaux Macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec, surveillance volontaire des cours peu profonds, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Ministère du Développement Durable, de l'Environnement, (2010) 280 p.
- [31] - R. ARGANO, Isopoda terrestria: Oniscidea. In: C. Juberthie. and V. Decou (eds) *Encycopaedia Biospeologica*, T.I. Société de Biospéologie. Moulis-Bucarest, (1994) 141-146
- [32] - CHAPPUIS, P. A. 1951. Isopodes et Copépodes cavernicoles. *Revue de Zoologie et de Botanique Africaines*, 44 (1951) 342-359
- [33] - N. COINEAU, J. P. HENRY, MAGNIEZ G. & NEGUESCU I. Isopoda Aquatica. In: *Encyclopedia Biospeologica*, C. Juberthie and V. Decu edition, Tome 1. Société de Biospéologie, Moulis, Bucarest, (1994) 123-140

- [34] - G. MAGNIEZ, Contribution à la systématique des Stenasellinae d'Afrique (Crustacea Asellota). *International Journal of Speleology*, 2 (1966) 173 - 190
- [35] - R. J. LINCOLN, Metastenasellus wikkiensis sp. n. from warm-water springs in north-eastern Nigeria (Asellota: Asellidae: Stenasellinae). *Bulletin of the British Museum (Natural History) Zoology*, London, 24 (3) (1972) 213-221
- [36] - S. H. ZEBAZE TOGOUET, R. P. TUEKAM KAYO, C. BOUTIN, M. NOLA & S. FOTO MENBOHAN, impact de la pression anthropique sur l'eau et la faune aquatique des puits et sources de la région de Yaoundé (Cameroun, Afrique Centrale). *Bulletin de la société d'Histoire Naturelle de Toulouse*, 147 (2011) 027 - 041
- [37] - J. R. DURAND & C. LEVEQUE, *Flore et Faune aquatique de l'Afrique Sahélo-Soudanienne Tome 1*. ORSTOM, Document Technique 44, Paris, France, (1980) 389 p.
- [38] - G. DELVARE & H. P. ABERLENC, Les insectes d'Afrique et d'Amérique tropicale clés pour la reconnaissance de famille. Prifas /Cirad/ Gerdat. Montpellier, (1989) 302 p.
- [39] - H. TACHET, P. RICHOUX, M. BOURNAUD & P. USSEGLIO-POLATERA, Invertébrés d'eau douce : Systématique, biologie et écologie. Nouvelle édition, revue et augmentée, CNRS édition, Paris, France, (2000) 588 p.
- [40] - C. E. SHANNON & W. WEAVER, The mathematical theory of communication. University Illinois press, Urbana, Etats-Unis, (1948) 117 p.
- [41] - K. O. MUSA, E. A. KUDAMNYA, A. O. OMALI et T. I. AKUH, Physico- chemical characteristics of surface and groundwater in Obajana and its environs in Kogi state, Central Nigeria. *African Journal of Scientific Technology*, 8 (2014) 521 - 531
- [42] - M. NOLA, T. NJINE, A. MONKIEDJE & R. TAILLEZ, Approche calorimétrique des eaux de la nappe phréatique superficielle de la ville de Yaoundé (Cameroun). *Microbiologie Hygiène Alimentaire*, 31 (1999) 9-13
- [43] - F. HUANG, Y. ZHANG, D. ZHANG & X. CHEN, Environmental Groundwater Depth for Groundwater-Dependent Terrestrial Ecosystems in Arid/Semiarid Régions : A Review. *International Journal of Environmental Research in Public Health*, 16 (5) (2019) 763 p.
- [44] - OMS, Number you should know. Reaching a billion and Ending Neglected tropical diseases. A gateway to universal DXhealth coverage. 5th progress report on the London declaration on NTDs. (2017). (WHO/CED/PHE/WSH/18.03)
- [45] - S. H. ZEBAZE TOGOUET, Recherche d'espèces animales indicatrices de la qualité des Eaux souterraines du Cameroun. Rapport de stage post-doctorat. AUF-UY I Université Toulouse III, (2004)
- [46] - C. BOUTIN, Biogéographie historique des crustacés Isopodes Cirolanidea stygobies du groupe *Typhlocirolana* dans le bassin méditerranéen. C. R. Académie des Sciences de Paris, Sciences de la vie/ Life sciences, 316 (1993) 2 : 5 - 21
- [47] - M. NOLA, T. NJINE, C. BOUTIN, M. MESSOULI, P. SERVAIS, S. FOTO MENBOHAN, L. M. NGOBIDJECK, S. H. ZEBAZE TOGOUET & N. KEMKA, Rétention d'Escherichia coli d'une eau D'infiltration en sol équatorial au Cameroun (Afrique Centrale) : Rôle des divers horizons du Sol. *Journal of the Cameroon Academy of Science*, 2 (2004) 107-116
- [48] - P. E. NDOM EFOUDOU, Minéralogie géochimie et aspect géotechnique d'altération su roche sédimentaires de Douala (Littoral camerounais). Thèse de Doctorat/ Ph. D, Université de Yaoundé I, (2010) 212 p.
- [49] - M. NOLA, T. NJINE, A. MONKIEDJE & R. TAILLEZ, Approche calorimétrique des eaux de la nappe phréatique superficielle de la ville de Yaoundé (Cameroun). *Microbiologie Hygiène Alimentaire*, 31 (1999) 09-013
- [50] - R. GINET & V. DECOU, Initiation à la biologie et à l'écologie souterraine. J. P Delarge édition, Paris France, (1977) 345 p.

- [51] - W. F. HUMPHREYS, Groundwater ecosystems in Australia: an emerging understanding. Keynote address. Proceedings of the *International Association of Hydrogeologists Conference*, Darwin, (2002) 12-17
- [52] - OMS, Number you should know. Reaching a billion and Ending Neglected tropical diseases. A gateway to universal DXhealth coverage. 5th progress report on the London declaration on NTDs, (2017) 567 p.
- [53] - OMS, Guidelines for Drinking-water Quality. World Health Organization, 4th ed. WHO Press, (2011) 564 p.
- [54] - M. NISBET & J. VERNEAUX, Composantes chimiques des eaux courantes. Discussion et proposition de classes en tant que bases d'interprétation des analyses chimiques. *Annals Limnology*, 6 (2) (1970) 161-190
- [55] - J. P. CHIPPAUX, P. HOUSSIER, S. GROSS, C. BOUVIER & F. BRISSAUD Étude de la pollution de l'eau souterraine de la ville de Niamey, Niger. *Bulletin Society Pathology Exotica*, 94 (2) (2002) 119-123
- [56] - D. M. GALASSI, B. FIASCA, T. LORENZO, A. MONTANARI, S. PORFIRIO & S. FATTORINI, Groundwater biodiversity in a chemoautotrophic cave ecosystem: How geochemistry regulates micro crustacean community structure. *Aquatic Ecology*, 51 (2017) 075 - 090
- [57] - S. CHINCHE, S. H. ZEBAZE TOGOUET, P. G MOANONO, F. POUNTOUGNIGNI OUMAROU, R. P. TUEKAM KAYO & A. FOMENA, Impact of physicochemical parameters on biodiversity and groundwater quality in Tiko, Cameroon. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 7 (6) (2019) 39 - 46
- [58] - F. POUNTOUGNIGNI OUMAROU, Stygofaune en zones industrielles et non industrielles de la ville de Douala (Cameroun) : Impact de quelques facteurs environnementaux. Thèse de Doctorat/ Ph. D, Université de Yaoundé I, (2025) 202 p.
- [59] - K. GLANVILLE, T. RYAN, M. TOMLINSON, MURIUKI, M. RONAN & A POLLETT, a method for catchment scale mapping of Groundwater-Dependent ecosystems to support natural resource management. *Environmental Management*, 57 (2) (2016) 432 - 449
- [60] - W. F. HUMPHREYS, Rising from Down under : developments in subterranean biodiversity in Australia from a groundwater fauna perspective. *Invertebrate*, 22 (2) (2008) 085 - 101
- [61] - A. J. BOULTON, G. D. HANCOCK, P. J. & M. S. HARVEY, biodiversity functional roles and ecosystem services of groundwater invertebrates. *Invertebrates Systematics*, 22 (2008) 103 - 116
- [62] - C. GRIEBER, & M. AVRAMOV, groundwater ecosystem services : à review. *Freshwater Science*, 34 (1) (2015) 355 - 367