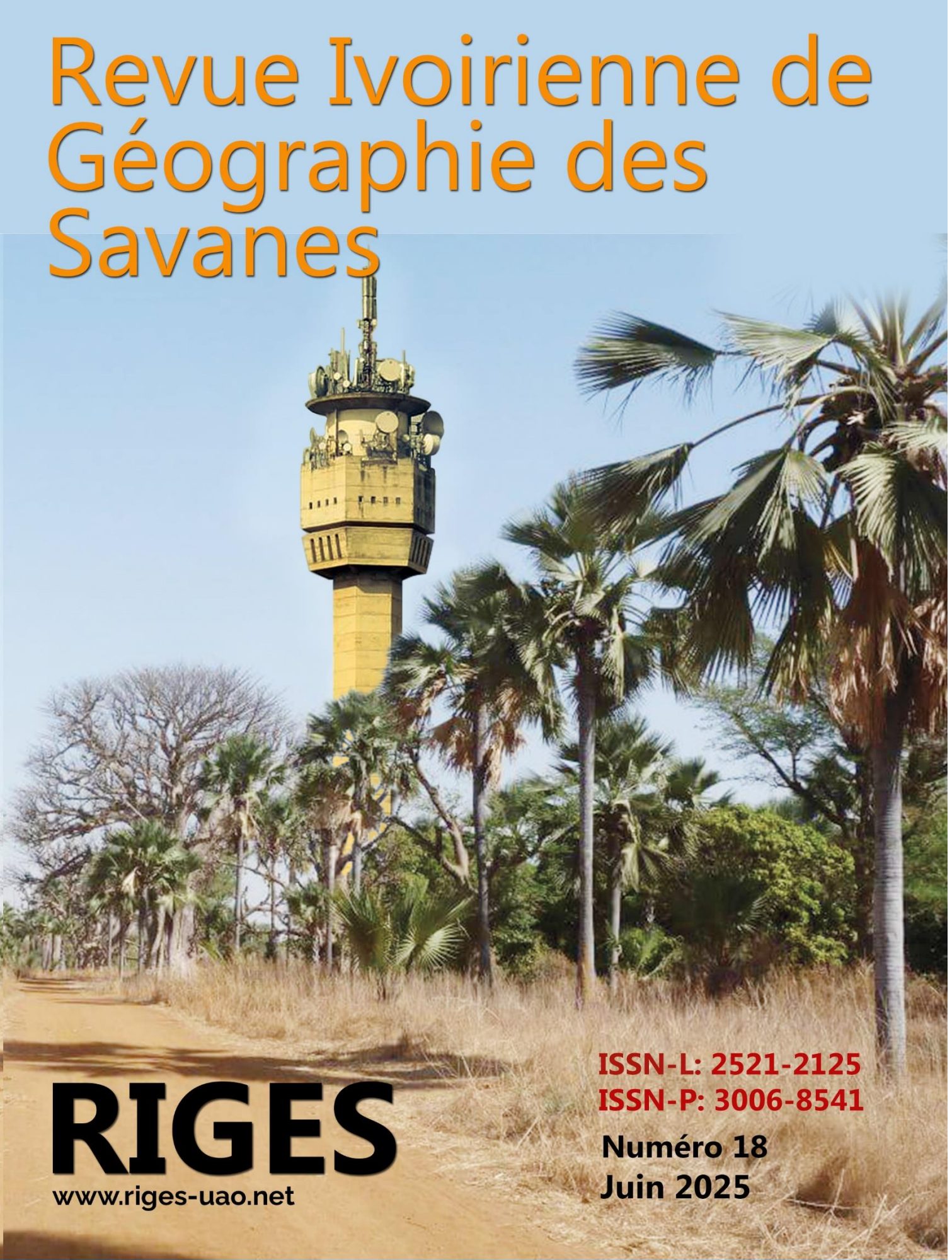


Revue Ivoirienne de Géographie des Savanes



RIGES

www.riges-uao.net

ISSN-L: 2521-2125

ISSN-P: 3006-8541

Numéro 18

Juin 2025



Publiée par le Département de Géographie de l'Université Alassane OUATTARA de Bouaké

INDEXATIONS INTERNATIONALES



ADVANCED SCIENCE INDEX

<https://journal-index.org/index.php/asi/article/view/12202>

Impact Factor: 1,3

SJIF Impact Factor

<http://sjifactor.com/passport.php?id=23333>

Impact Factor: 8,333 (2025)

Impact Factor: 7,924 (2024)

Impact Factor: 6,785 (2023)

Impact Factor: 4,908 (2022)

Impact Factor: 5,283 (2021)

Impact Factor: 4,933 (2020)

Impact Factor: 4,459 (2019)

ADMINISTRATION DE LA REVUE

Direction

Arsène DJAKO, Professeur Titulaire à l'Université Alassane OUATTARA (UAO)

Secrétariat de rédaction

- **Joseph P. ASSI-KAUDJHIS**, Professeur Titulaire à l'UAO
- **Konan KOUASSI**, Professeur Titulaire à l'UAO
- **Dhédé Paul Eric KOUAME**, Maître de Conférences à l'UAO
- **Yao Jean-Aimé ASSUE**, Maître de Conférences à l'UAO
- **Zamblé Armand TRA BI**, Maître de Conférences à l'UAO
- **Kouakou Hermann Michel KANGA**, Maître de Conférences à l'UAO

Comité scientifique

- **HAUHOUOT** Asseypo Antoine, Professeur Titulaire, Université Félix Houphouët Boigny (Côte d'Ivoire)
- **ALOKO** N'Guessan Jérôme, Directeur de Recherches, Université Félix Houphouët Boigny (Côte d'Ivoire)
- **BOKO** Michel, Professeur Titulaire, Université Abomey-Calavi (Benin)
- **ANO** Kouassi Paul, Professeur Titulaire, Université Félix Houphouët Boigny (Côte d'Ivoire)
- **MOTCHO** Kokou Henri, Professeur Titulaire, Université de Zinder (Niger)
- **DIOP** Amadou, Professeur Titulaire, Université Cheick Anta Diop (Sénégal)
- **SOW** Amadou Abdoul, Professeur Titulaire, Université Cheick Anta Diop (Sénégal)
- **DIOP** Oumar, Professeur Titulaire, Université Gaston Berger Saint-Louis (Sénégal)
- **WAKPONOU** Anselme, Professeur HDR, Université de N'Gaoundéré (Cameroun)
- **SOKEMAWU** Koudzo, Professeur Titulaire, Université de Lomé (Togo)
- **HECTHELI** Follygan, Professeur Titulaire, Université de Lomé (Togo)
- **KADOUZA** Padabô, Professeur Titulaire, Université de Kara (Togo)
- **GIBIGAYE** Moussa, Professeur Titulaire, Université Abomey-Calavi (Bénin)

EDITORIAL

La création de RIGES résulte de l'engagement scientifique du Département de Géographie de l'Université Alassane Ouattara à contribuer à la diffusion des savoirs scientifiques. RIGES est une revue généraliste de Géographie dont l'objectif est de contribuer à éclairer la complexité des mutations en cours issues des désorganisations structurelles et fonctionnelles des espaces produits. La revue maintient sa ferme volonté de mutualiser des savoirs venus d'horizons divers, dans un esprit d'échange, pour mieux mettre en discussion les problèmes actuels ou émergents du monde contemporain afin d'en éclairer les enjeux cruciaux. Les enjeux climatiques, la gestion de l'eau, la production agricole, la sécurité alimentaire, l'accès aux soins de santé ont fait l'objet d'analyse dans ce présent numéro. RIGES réaffirme sa ferme volonté d'être au service des enseignants-chercheurs, chercheurs et étudiants qui s'intéressent aux enjeux, défis et perspectives des mutations de l'espace produit, construit, façonné en tant qu'objet de recherche. A cet effet, RIGES accueillera toutes les contributions sur les thématiques liées à la pensée géographique dans cette globalisation et mondialisation des problèmes qui appellent la rencontre du travail de la pensée prospective et de la solidarité des peuples.

Secrétariat de rédaction
KOUASSI Konan

COMITE DE LECTURE

- KOFFI Brou Emile, Professeur Titulaire, UAO (Côte d'Ivoire)
- ASSI-KAUDJHIS Joseph P., Professeur Titulaire, UAO (Côte d'Ivoire)
- BECHI Grah Félix, Professeur Titulaire, UAO (Côte d'Ivoire)
- MOUSSA Diakité, Professeur Titulaire, UAO (Côte d'Ivoire)
- VEI Kpan Noël, Maître de Conférences, UAO (Côte d'Ivoire)
- LOUKOU Alain François, Maître de Conférences, UAO (Côte d'Ivoire)
- TOZAN Bi Zah Lazare, Maître de Conférences, UAO (Côte d'Ivoire)
- ASSI-KAUDJHIS Narcisse Bonaventure, Maître de Conférences, UAO (Côte d'Ivoire)
- SOKEMAWU Koudzo, Professeur Titulaire, U L (Togo)
- HECTHELI Follygan, Professeur Titulaire, U L (Togo)
- KOFFI Yao Jean Julius, Maître de Conférences, UAO (Côte d'Ivoire)
- Yao Jean-Aimé ASSUE, Maître de Conférences, UAO
- Zamblé Armand TRA BI, Maître de Conférences, UAO

Sommaire

Kouamé Firmin KOSSONOU, Akoua Assunta ADAYÉ, Kiyofolo Hyacinthe KONÉ <i>Adaptations des riziculteurs face aux contraintes agricoles dans la région de l'Agnéby-Tiassa (sud de la Côte d'Ivoire)</i>	9
HASSANE KAKA Ibrahim <i>Contribution de la géomatique dans la résolution des problèmes d'inondation dans la ville de Tahoua, Niger</i>	32
Cheldon-Rech NKALA-KOUTIA, Guerchinie Vardhelle E. NKOUNKOU, Christ Charel NZIHOU-TSIMBA <i>Technologies de l'environnement : cartographie des têtes d'érosion et analyse de l'efficacité des méthodes antiérosives face aux risques environnementaux dans le quartier Nkombo à Brazzaville (R. Congo)</i>	53
Thomas Mathieu DIABIA <i>Disponibilité en eau potable et observation de l'hygiène des mains dans la ville de Bouaflé (Centre-ouest de la Côte d'Ivoire)</i>	77
Abdoul Aziz DOUBLA 1 <i>Migrations hydriques et gestion collective des eaux souterraines, une crise cachée dans le bassin versant du Mayo-Tsanaga (Extrême-Nord Cameroun)</i>	93
BALOUBI Makodjami David <i>Gouvernance du foncier urbain à Akpro-Missérété (Sud-Est du Bénin) : enjeux et perspectives</i>	118
KOUA-OBA Jovial <i>Condition de vie et résilience des étudiants migrants à Brazzaville</i>	136
Labaly TOURE, Moussa SOW, KOFFI Yéboué Stéphane Koissy, Mouhamadou Lamine Diallo <i>Analyse spatiale de la typologie et des modes de résolution des conflits fonciers dans les régions de Kaolack et Kaffrine (Centre du Sénégal)</i>	153
KONÉ Diaba, ZUO Estelle épouse DIATE, KOFFI Brou Émile <i>Problématique d'accès aux structures sanitaires publiques dans l'espace rural et urbain de la sous-préfecture de Bouaké (Centre, Côte d'Ivoire)</i>	172

Assane DEME, Frédéric BATIONO,	
<i>L'exploitation des périmètres maraîchers dans la commune de Tenado au Burkina Faso : entre contraintes de gestion de l'eau et stratégies d'adaptations des usagers</i>	189
Konan Norbert KOFFI, Affoué Sonya ALLA, Tchan André DOHO BI	
<i>Aménagement des périphéries urbaines et déterminants de l'insuffisance des infrastructures et équipements de base à Katiola (Centre-Nord Côte d'Ivoire)</i>	210
SIP Sié Jean Pierre	
<i>Les enjeux de la décentralisation en Côte d'Ivoire : Quelle stratégie de gestion des problèmes environnementaux par les autorités municipales de la ville de Bouna ?</i>	228
DONFACK Olivier	
<i>Résilience énergétique et autonomie locale : le recours au solaire comme stratégie d'adaptation dans la ville de Bafoussam (Ouest-Cameroun)</i>	243
BAKANA Adachi Larissa	
<i>Mode de vie et santé des enfants en milieu défavorisé : cas des quartiers Case- Barnier, Itsali, Massina et Moutabala de l'arrondissement 7 Mfilou en république du Congo</i>	263
BROU Hokouassi Kouassi Juste	
<i>Les bâtiments logistiques dans la structuration spatiale en zone portuaire à Abidjan</i>	277
AUBIN BEFRUDE SESSOMISSOU ADJAKIDJE, GBODJA HOUEHANOU FRANÇOIS GBESSO, SEDAMI IGOR ARMAND YEVIDE, GILDAS N'DIKOU IDAKOU, CAROLLE AVOCEVOU-AYISSO, ADANDE BELARMAIN FANDOHAN	
<i>Connaissances et perceptions des populations locales sur les usages, la valorisation et l'introduction de <i>Ritchiea capparoides</i> (andrews) britten dans les espaces verts urbains au Bénin</i>	301
DJENAISSSEM NAMARDE Thierry, AHOLOU Coffi Cyprien, NYONKWE NGO NDJEM Marie Louise Simone, ALLARANE Ndonaye	
<i>Analyse de l'habitat dégradé dans les quartiers anciens d'Aného au Togo</i>	320
BOKO Nouvêwa Patrice Maximilien, GOLO BANDZOUZI Alphonse Cédrique Bienvenu, DARE Gamba Nana, VISSIN Expédit W., HOUSSOU Christophe Sègbè, BŁAŚEJCZYK Krzysztof	
<i>Evaluation de l'impact du bioclimat humain sur la prévalence des maladies diarrhéiques chez les enfants de 0 à 5 ans à Godomey (Abomey-Calavi, Bénin)</i>	341
BOULY SANE, Tidiane SANE, Cheikh FAYE	
<i>Potentiel hydrique et usages de la ressource en eau dans le bassin-versant d'Agnak (Basse Casamance méridionale, Sénégal)</i>	359

ATOUNGA Macy Rick, PAKA Etienne, BERTON-OFOUEME Yolande <i>Vendeurs et consommateurs des médicaments de la rue dans l'arrondissement 9 Djiri (Brazzaville, République du Congo)</i>	375
SANGARÉ Nouhoun, GBOCHO Yapo Antoine, AFFORO Guy Matthieu Ettien <i>Implications socio-économiques et spatiales du déploiement de la SOTRA dans la ville de Bouaké (Côte d'Ivoire)</i>	396
Robert NGOMEKA, Clémence DITENGO, Dyvin Gloire Horis NKODIA <i>Les déterminants d'occupation des zones à risques dans l'Arrondissement 7 Mfilou-ngamaba à Brazzaville (République du Congo)</i>	416
KRAMO Yao Valère <i>Analyse des facteurs incitatifs et répulsifs de recours aux centres de sante conventionnels dans la ville de Katiola (Centre Nord de la Côte d'Ivoire)</i>	430
KOUTCHICO Patrice, GBENOU Pascal <i>Les systèmes alimentaires territorialisés : une alternative durable aux systèmes agroindustriels ?</i>	452
KOUASSI Charles Aimé, KOUAKOU Kouakou Philipps, KAMBIRE Bèbè <i>Impacts environnementaux du fumage de poissons sur le front lagunaire Ebrié d'Abobo-Doumé (Abidjan, Côte d'Ivoire)</i>	468
Florence BEIBRO AKA, SILUÉ Tangologo, YAPO Florence <i>Le commerce des vivriers dans les petits marchés et l'autonomisation des femmes dans la ville de Korhogo</i>	491
MIFOUNDU Jean Bruno, OKOUYA Claver Clotaire <i>La précarité dans le quartier périphérique de Simba-pelle à Talangai-Brazzaville (République du Congo)</i>	506
LINGUIONO Chelmyh Duplosin <i>Commercialisation des poissons d'eau-douce frais par les commerçants détaillants sur le marché dédragage à Brazzaville (République du Congo)</i>	520
Salé ABOU, Yakouba OUMAROU <i>Déterminants de l'adoption des variétés de cultures résistantes à la sécheresse dans la région semi-aride de Kibwezi au Kenya</i>	538
KOUAKOU Kan Rodrigue, TRA Bi Zamble Armand, DEMBELE Malimata <i>Systèmes de culture du palmier à huile et de l'hévéa et transformation du paysage dans les départements de Bongouanou et d'Arrah (Centre-Est de la Côte d'Ivoire)</i>	555

Tcheutchoua Tchendji Céline, Mediebou Chindji <i>Dynamiques urbaines et mutations socio-spatiales dans la ville de Bafoussam-Cameroun</i>	568
KOFFI Guy Roger Yoboué <i>Femme et vivrier dans un contexte de redynamisation de l'économie des ménages ruraux dans la sous-préfecture de Katiola</i>	583
Kanga Konan Victorien <i>Le port d'Abidjan, un Hub port sur le Côte Ouest Africaine ?</i>	597
KONE Tanyo Boniface, AYEMOU Anvo Pierre, APPIA Épse Niangoran Edith Adjo, KOUASSI Kouamé Sylvestre <i>Quartiers périphériques à Bouaké (Côte d'Ivoire) : entre difficultés d'assainissement et risques environnementaux et sanitaires, cas du quartier Maroc</i>	615
DOLLOU Andréa Cyrielle Blailatien, DIARRASSOUBA Bazoumana <i>Les centres de santé de la ville de Yamoussoukro sous l'emprise d'une gestion mitigée des déchets biomédicaux</i>	628
BRISSY Olga Adeline, KOUASSI Yao Privat, OURA Ahou Tatiana, KOUASSI Konan <i>Malnutrition chez les enfants de moins de 5 ans et résilience des mères dans le District Sanitaire de Bouaké Nord-Est (Centre, Côte d'Ivoire) dans un contexte de reconstruction post-crise</i>	644
Banto Fernand PEYENA, Yéboué Koissy Stéphane KOFFI, Joseph P. ASSI-KAUDJHIS <i>Filière manioc et autonomisation économique des femmes dans les villages de la sous-préfecture d'Adiaké</i>	658
Djiby SOW, Dimitri Samuel ADJONOHON, Tatiana MBENGUE, Cheikh Samba WADE, Madoune Robert SEYE, Derguène MBAYE, Moussa DIALLO, Lamine NDIAYE Pablo De ROULET, Jean Claude MUNYAGUA, Jérôme CHENAL <i>Jeunes et fractures numériques à Saint-Louis (Sénégal) : entre inégalités territoriales, vulnérabilités sociales et dynamiques d'adaptation</i>	677
Jean SODJI, Pierre OUASSA, Renaud Jean-Eudes Tundé MITCHOZOUNOU, Euloge OGOUWALE <i>Vulnérabilité de l'agriculture paysanne face aux événements hydro-climatiques dans la commune de Bonou au sud du Bénin (Afrique de l'Ouest)</i>	691
Louis G. SOHE, Euloge OGOUWALE, Placide CLEDJO <i>Régime hydrologique et processus d'eutrophisation de l'écosystème aquatique du lac Nokoué au sud du Bénin</i>	715
OKA Koffi Blaise <i>Prévalence du paludisme chez les exploitants de bas-fonds à Tiémékro (Centre-Est, Côte d'Ivoire)</i>	732

POTENTIEL HYDRIQUE ET USAGES DE LA RESSOURCE EN EAU DANS LE BASSIN-VERSANT D'AGNAK (BASSE CASAMANCE MERIDIONALE, SENEGAL)

BOULY SANE, Docteur

Département de Géographie, U.F.R. Sciences et Technologies, UASZ, Laboratoire
de Géomatique et d'Environnement, BP 523 Ziguinchor (Sénégal).

Email : B.SANE79@zig.univ.sn

Tidiane SANE, Maître de Conférences-CAMES

Département de Géographie, U.F.R. Sciences et Technologies, UASZ, Laboratoire
de Géomatique et d'Environnement, BP 523 Ziguinchor (Sénégal).

Email : tsane@univ-zig.sn

Cheikh FAYE, Maître de Conférences-CAMES

Département de Géographie, U.F.R. Sciences et Technologies, UASZ, Laboratoire
de Géomatique et d'Environnement, BP 523 Ziguinchor (Sénégal).

Email : cheikh.faye@univ-zig.sn

(Reçu le 15 mars 2025 ; Révisé le 15 Avril 2025 ; Accepté le 31 Mai 2025)

Résumé

Les variabilités climatiques ont de réelles conséquences sur l'état des ressources en eau de surface et souterraine. Il s'agit de la diminution des écoulements, de la baisse de l'infiltration et de la faible alimentation des nappes. Les activités socioéconomiques à fort caractère hydrique accentuées rendent le phénomène complexe. L'objectif que vise cette étude est de déterminer le potentiel hydrique, les usages de la ressource et les impacts des changements climatiques sur les ressources en eau dans la zone étudiée. L'étude repose sur une approche SIG et des enquêtes socioéconomiques. Les données d'occupations des sols, de précipitations, de morphopédologie, de relief et de piézomètres ont facilité l'évaluation du potentiel hydrique du bassin-versant. Elles sont complétées par les enquêtes déroulées auprès de 154 ménages en vue de recueillir leur avis sur l'état de la ressource en eau et des sources de collecte d'eau. Les résultats de la cartographie de prospection des eaux souterraines indiquent des variabilités du potentiel en eau qui concernent 19,67 km² soit 12,62 % et 57,73 km² soit 37,03 % de la superficie du bassin-versant indiquant respectivement des « zones très pauvres et pauvres » en eau souterraine. Cette variabilité spatiale du potentiel en eau est en concordance avec la dynamique climatique observée en Basse-Casamance. Elles ont amoindri l'alimentation des nappes souterraines, marqué par le tarissement significatif des puits et points d'eau de surface au courant des mois d'avril, mai et juin selon 34,21 % des répondants.

Mots-clés : Eaux souterraines, variabilité climatique, vulnérabilité, activités socioéconomiques, Bassin-versant, Basse-Casamance

WATER POTENTIAL AND USES OF WATER RESOURCES IN THE AGNAK WATERSHED (SOUTHERN LOWER CASAMANCE, SENEGAL)

Abstract

Climate variability has real consequences on the state of surface and groundwater resources. These include reduced runoff, reduced infiltration, and low groundwater recharge. Increased water-intensive socioeconomic activities make the phenomenon complex. The objective of this study is to determine the water potential, resource uses, and the impacts of climate change on water resources in the study area. The study is based on a GIS approach and socioeconomic surveys. Data on land use, precipitation, morphopedology, relief and piezometers facilitated the assessment of the water potential of the watershed. They are supplemented by surveys conducted with 154 households to gather their opinions on the state of water resources and water collection sources. The results of the groundwater prospecting mapping indicate variabilities in water potential that concern 19.67 km² or 12.62% and 57.73 km² or 37.03% of the watershed area, indicating respectively "very poor and poor areas" in groundwater. This spatial variability of water potential is consistent with the climatic dynamics observed in Lower Casamance. They have reduced the recharge of groundwater, marked by the significant drying up of wells and surface water points during the months of April, May and June according to 34.21% of respondents.

Key-words: Groundwater, climate variability, vulnerability, socio-economic activities, Watershed, Lower Casamance

Introduction

La variabilité climatique a une tendance significative sur l'évolution des ressources en eau dans les bassins hydrographique. Elles sont exacerbées par les mobilisations conséquentes de la ressource en eau pour les usages économiques. Les eaux souterraines jouent un rôle majeur pour les écosystèmes et nos sociétés, tout particulièrement dans les régions du monde soumises au stress hydrique où elles constituent une ressource en eau critique (Carrière, 2024, p.5).

Les diverses utilisations de l'eau, qu'elles soient agricoles, industrielles ou domestiques, peuvent avoir un impact significatif sur les nappes souterraines (Mehdi, 2024, p. 12). Ces dernières années, en raison des impacts des dynamiques climatiques, d'importantes pressions sont exercées sur les ressources en eau, en particulier celles souterraines. Ces pressions accumulées posent un problème d'allocation des ressources en eau qui, pour être géré dans de bonnes conditions, exige que des droits d'usage de l'eau soient clairement établis, et que les acteurs qui en bénéficient s'entendent sur une utilisation non conflictuelle de ces ressources (Baechler, 2021, p.56). En Basse Casamance, les variabilités climatiques ont considérablement impacté les ressources en eau globalement tributaires des apports pluviométrique. Au-delà des changements globaux observés, il s'agit d'une réduction de la recharge des nappes et

une dégradation de la qualité des eaux de surface et souterraine. Le bassin-versant d'Agnak, situé dans la partie méridionale de la Basse-Casamance est également affecté par les effets de la variabilité climatique. Il dispose d'un réseau hydrographique intermittent et alimenté par d'importantes ramifications. Ce potentiel hydrique favorise l'intérêt du développement des activités agricoles par les populations des terroirs adjacents ces cours d'eau. Cette étude a pour objectif de déterminer le potentiel hydrique, les usages de la ressource et les impacts des changements climatiques sur les ressources en eau dans le bassin-versant d'Agnak.

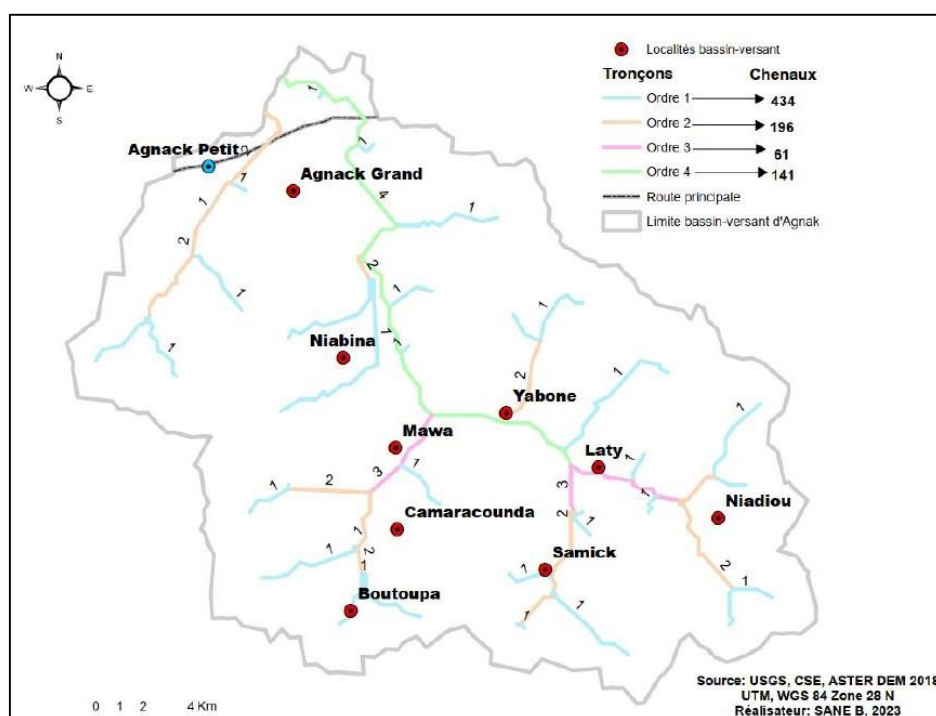
1. Matériel et méthodes

Pour aborder cette étude, des matériels et méthodes diverses ont été utilisés qui consiste à l'usage de données géospatiales et socioéconomiques.

1.1 Présentation du cadre d'étude

Situé dans la partie méridionale du Bassin-versant de la Casamance, le sous-bassin versant de Agnak est typiquement rural. Il dispose d'un réseau hydrographique relativement dense constitué de plusieurs chenaux secondaires qui alimentent les vallées et terres adjacentes propices au développement de l'agriculture. D'ailleurs, ce qui indique le nombre important d'actifs agricoles (grandes cultures et maraichage). Également, dans le bassin-versant, on y retrouve quelques acteurs qui s'intéressent à la pêche, au commerce et l'élevage.

Figure 1 : Présentation du bassin-versant d'Agnak



1.1. Données géospatiales et traitement des cartes thématiques

La détermination du potentiel d'eau souterraine est faite sur la base des données de géomorphologie, de pluviométrie, du SRTM, de l'occupation des sols. A l'aide de l'outil "*spatial analysis*" d'Arcgis, les densités de drainage et de couches linéaires ont été déterminées dans le bassin d'étude. Les données de mesures in situ du niveau piézométrique à savoir le débit d'exploitation, la profondeur et le niveau des ouvrages hydrauliques collectées par la DGPRES ont aidé à la réalisation des cartes piézométriques via l'outil "*Spline*" de l'extension Arc toolbox. Ces données spatiales ont été traitées et superposées par la méthode d'analyse multicritère AHP-Analytic.

Huit (8) paramètres qui contribuent à la prospection des eaux souterraines ont été utilisés pour déterminer le potentiel hydrique du bassin-versant de Agnak.

1.1.1. Géologie

Une étude géologique, à la fois lithologique et structurale, se révèle d'une importance capitale pour identifier les formations qui pourraient constituer des gisements d'eau souterraine et pour suivre leur évolution dans l'espace et dans le temps (Mehdi, 2024). L'utilisation ce paramètre est significativement important dans la prospection des eaux souterraines.

1.1.2. Géomorphologie

La géomorphologie d'une région est un facteur important pour évaluer le potentiel et la perspective des eaux souterraines, car elle contrôle leur mouvement sous la surface. Les terroirs du bassin-versant de Agnak reposent sur des formations de butes résiduels, de terrasses colluviales-alluviales et de vallons fonctionnels. On y identifie aussi des « formations de fleuve » de type vasières qui jouxtent des peuplements végétales hydrophiles.

1.1.3. Pédologie

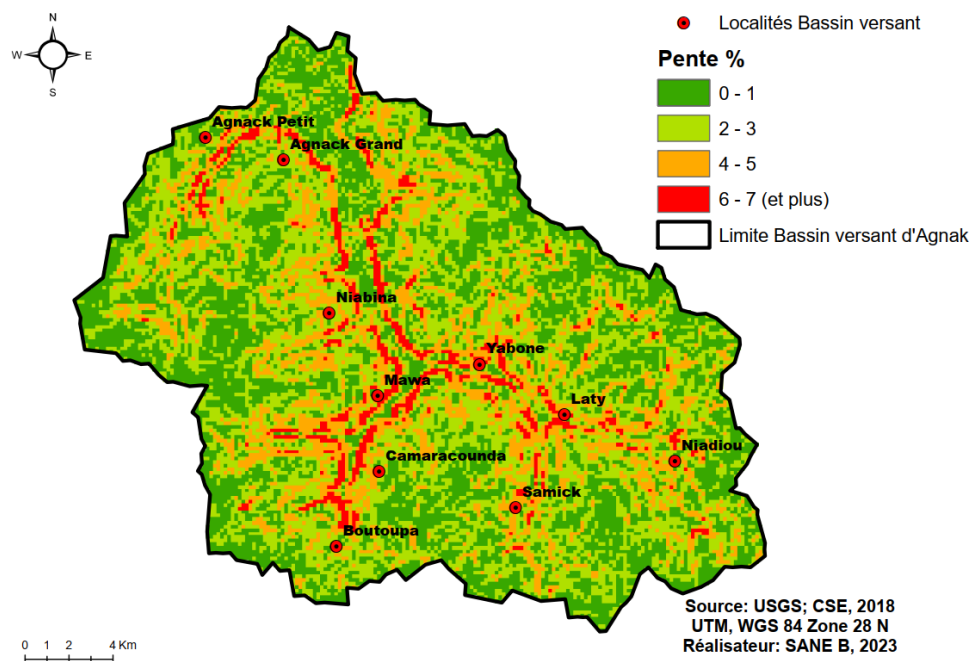
Selon les pédologues, le sol est un siège de processus complexe qui évolue dans le temps et l'espace. Le fonctionnement des sols est très lié aux conditions hydroclimatique et au mode d'usage qu'ils subissent. Le sol est un continuum spatial et les interactions qu'il entretient avec l'eau et les végétaux sont influencées par sa position dans l'espace (Degré *et al.*, 2011). La variation des unités de sols dans le bassin-versant étudié explique une distribution spatiale des niveaux d'infiltration des eaux.

1.1.4. Modèle Numérique de Terrain et Pente

L'infiltration est un facteur hydrologique efficace pour la recharge des eaux souterraines. Dans les endroits à faible pente, l'infiltration dans le sol est plus fréquente parce que le débit de surface sera moindre (Yacoub, 2021). Les zones à faible pente ont

tendance à retenir l'eau plus longtemps et ont une susceptibilité élevée à l'infiltration avec une grande probabilité de mouvement des eaux. Dans certains cas, les parties à topographie faibles, engorgent de l'eau pendant de longues périodes.

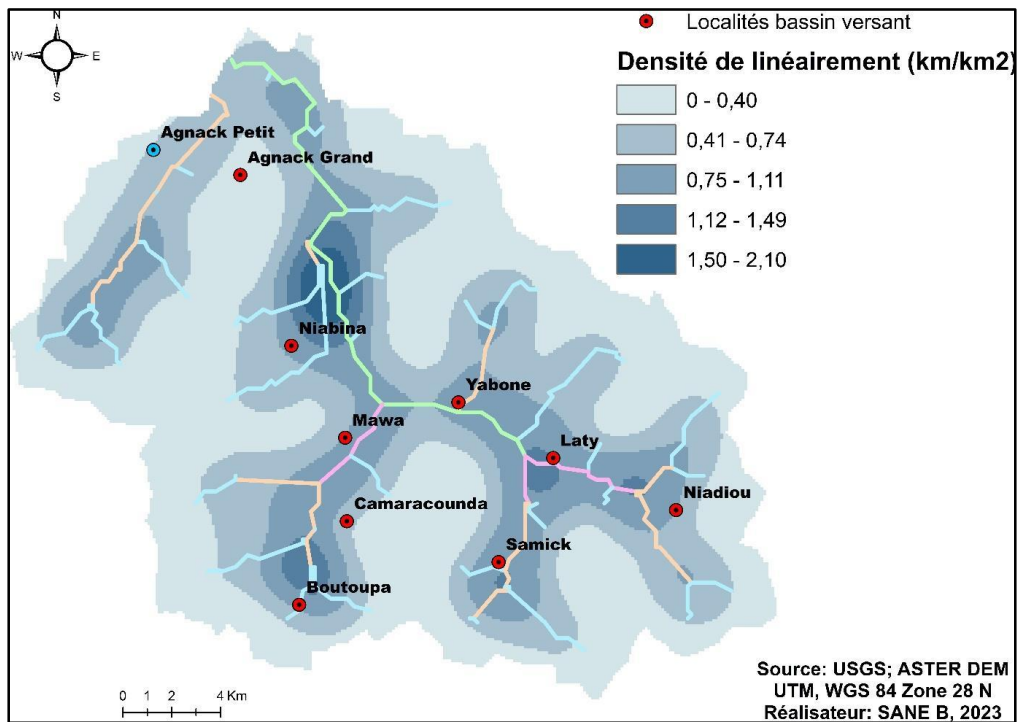
Figure 2 : Classes de pente % dans le bassin-versant d'Agnak



1.1.5. Densité de linéament

La densité de linéament est une caractéristique géologique importante qui montre la pénétration des précipitations dans le sol. Les linéaments sont des fractures linéaires naturelles sous la forme de défauts, articulations et fractures, qui peuvent être directement interprétées à partir d'images satellites (Agarwal & Garg, 2015). Dans les zones où la densité de linéament est élevée, l'approvisionnement en eau souterraine est élevé. Dans les zones où la densité de linéament est faible, l'approvisionnement en eau souterraine est moindre. De plus, les linéaments influencent la porosité secondaire et la perméabilité. La densité de linéaments de la zone d'étude varie de 0,40 à 2,10 m / m² (fig.3). Elle a été classifiée à cinq (5) catégories pour apprécier sa distribution à l'échelle spatiale et chaque catégorie à une valeur spécifique. La note la plus élevée de 2,10 (fig.3) a été attribuée aux sites avec une plus grande densité de linéaments trouvée dans les zones de confluence des différentes ramifications du cours du bassin-versant car ils sont les indicateurs directs de potentialité des eaux souterraines.

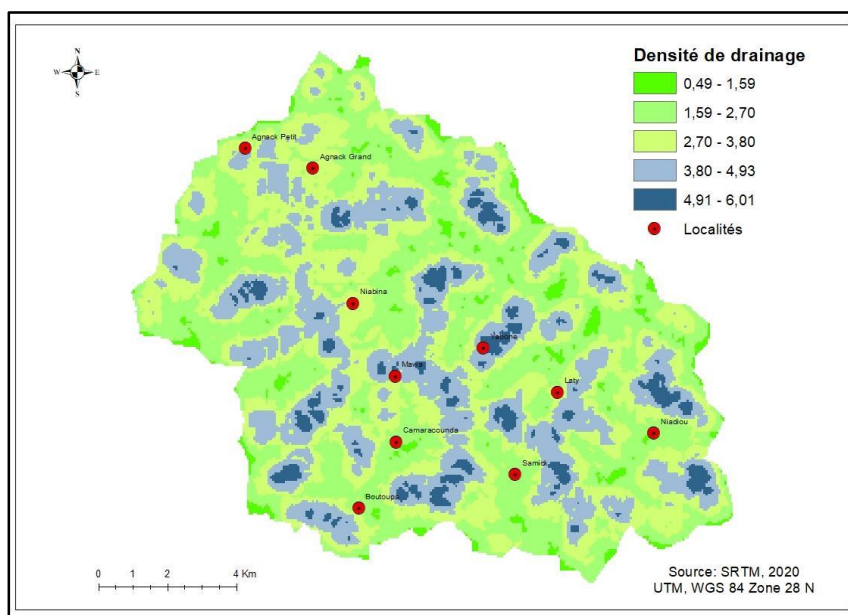
Figure 3 : Densité de linéament dans le bassin-versant de Agnak



1.1.6. Densité de drainage des eaux par bassin-versant

La densité de drainage (km/km²) exprime la proximité de l'espacement des canaux des cours d'eau, fournissant ainsi une mesure quantitative de la longueur moyenne des canaux des cours d'eau de l'ensemble du bassin-versant (Strahler, 1964 ; Singh *et al.*, 2014 in Faye *et al.*, 2021). Les densités de drainage les plus élevées sont comprises entre 4,91km/ km² et 6,01 km/ km² dans le bassin de Agnak. Pratiquement, plus de 75% de la superficie du bassin-versant a des densités faibles qui sont comprises entre 1 et 2,97 km/ km² (fig.4). Ces densités faibles à moyennes s'expliquent par la nature savanicole des paysages du bassin-versant d'Agnak.

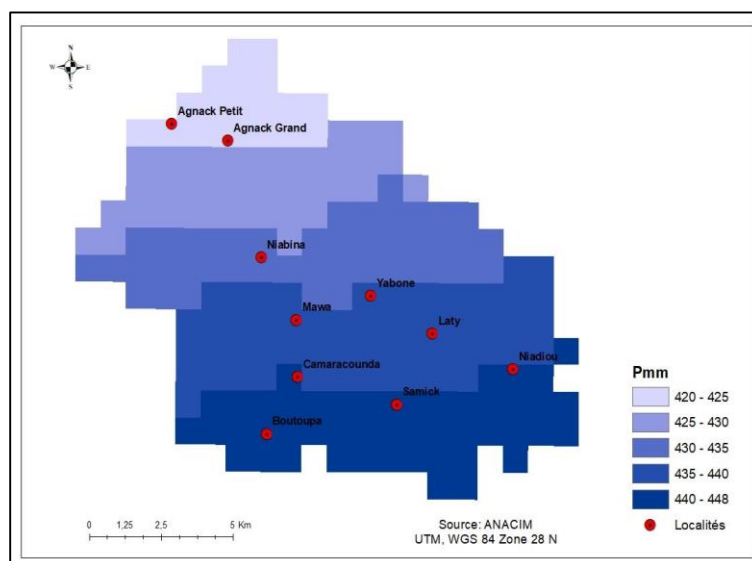
Figure 4 : Densité de drainage dans le bassin-versant d'Agnak



1.1.7. Pluviométrie

La méthode de Fournier (1958) a été adoptée pour déterminer les indices de précipitations mensuelles. Elles contribuent à la connaissance du débit d'eau des rivières. L'apport pluviométrique permet de manière spatio-temporelle d'indiquer le positionnement des rivières dans le système de drainage des cours d'eau à écoulement intermittent. Les précipitations concourent à la connaissance du potentiel des eaux souterraines, du fait de leur intensité dans une zone spécifique.

Figure 5 : Intensité des précipitations dans le bassin-versant d'Agnak



1.2. Assignment des poids des cartes par méthode multicritère

Après l'assignation des poids des cartes, l'outil « *weighted Sum* » a été utilisé pour superposer les cartes thématiques. Les cartes thématiques utilisées ont chacune un rôle spécifique sur la détermination des eaux souterraines dans le bassin versant. Les poids attribués aux différentes couches thématiques sont obtenus sur la base de la priorisation des couches par la méthode multicritère analytique. Les poids élevés (7) ont été attribués aux paramètres de géologie et de précipitations qui sont généralement les plus déterminant à la prospection des eaux souterraines (tableau 1). Les types de sols (5) et l'état de la couverture des sols (4,5) sont les deuxièmes paramètres considérés importants à la prospection des eaux souterraines. Les paramètres restants sont consignés dans le tableau 1.

Tableau 1 : Critères d'attribution de poids des cartes thématiques

Non .	Thème	Base de la catégorisation	Poids assigné
1	Géologie	Type de roche, caractère d'altération, joints, fractures, etc.	7,5
2	Sol	Perméabilité, porosité et texture	5
3	Utilisation terre	Type, statut et état de la couverture terrestre	4,5
4	Densité de drainage	Valeur de la densité de drainage	3,5
5	Densité des couches linéaires	Valeur linéaire	4
6	Pluviométrie	Quantité et distribution spatio-temporelle	7
7	Pente	Pourcentage de la pente	2,5
8	Géomorphologie	Type de terrain	3

Les poids attribués à chaque couche thématique reposent sur leur influence à la prospection des eaux souterraines. Les poids normalisés des 8 couches thématiques ont été agrégés dans l'environnement SIG via l'outil « *weighted-Sum* ». Les valeurs des indices sont obtenues sur la base de l'agrégation de certaines cellules intégrées dans le travail pour mieux le finaliser. Les poids affectés à chaque couche thématique ont été calculés par la moyenne totale de la colonne pour obtenir un poids normalisé assigné pour chaque thème (tableau 2).

Tableau 2 : Comparaison par paires entre les couches thématiques

	GG	Sol	UT	DD	LD	Pmm	SL	GM	Moyenne géométrique	Poids normalisé
GG	7/7	7/5	7/4.5	7/3.5	7/4	7/7	7/2.5	7/3	1,73	0,19
Sol	5/7	5/5	5/4.5	5/3.5	5/4	5/7	5/2.5	5/3	1,24	0,14
UT	4.5/7	4.5/5	4.5/4.5	4.5/3.5	4.5/4	4.5/7	4.5/2.5	4.5/3	1,11	0,12
DD	3.5/7	3.5/5	3.5/4.5	3.5/3.5	3.5/4	3.5/7	3.5/2.5	3.5/3	0,86	0,10
LD	4/7	4/5	4/4.5	4/3.5	4/4	4/3.5	4/2.5	4/3	0,99	0,11
Pmm	7/7	7/5	7/4.5	7/3.5	7/4	7/7	7/2.5	7/3	1,73	0,19
SL	2.5/7	2.5/5	2.5/4.5	2.5/3.5	2.5/4	2.5/3.5	2.5/2.5	2.5/3	0,62	0,07
GM	3/7	3/5	3/4.5	3/3.5	3/4	3/3.5	3/2.5	3/3	0,74	0,08
Total de la colonne	-	-	-	-	-	-	-	-	9,02	-

1.3. Techniques d'échantillonnage et déroulement des enquêtes socio-économiques

Le choix s'est fait par stratification en tenant compte de la position géographique des villages par rapport au cours d'eau principal. Ainsi, pour faciliter ce choix, nous avons intégré ce qu'on appelle "les relations de voisinage" au cours d'eau principal (cours d'eau d'ordre 4 selon la classification de Strahler, 1954). Des intervalles de valeurs ont été générés pour ressortir des distances entre le réseau principal et les localités du bassin-versant. En effet, on est parti du raisonnement selon lequel, les limites du bassin-versant n'ont rien à voir avec celles administratives, que la zone d'influence du réseau pourrait donner une lecture superficielle des rapports communautaires de l'eau entre terroirs d'un même bassin-versant. De plus, montrer les pratiques de gestion de l'eau que proposent les populations en rapport avec les dynamiques climatiques. A cet effet huit (8) villages ont été retenus pour la collecte de données socio-économiques (*Agnak-grand, Agnak-petit, Camaracounda, Boutoupa, Laty, Mawa, Samick et Yabone*). Par souci de précision et de représentativité du nombre de personnes à enquêter, le taux d'échantillonnage de 25 % a été retenu. Il a été appliqué au nombre de ménage des villages choisis ce qui donne un nombre de 154 ménages interrogés durant toute la collecte.

2. Résultats

2.1. Variation des eaux souterraines dans le bassin versant d'étude

La carte de prospection obtenue montre une variabilité du potentiel en eau sur l'étendue du bassin-versant. Les zones de prospection meilleures sont celles qui jouxtent les vallées ou cuvettes de décantation. La zone de prospection à indice « excellent » occupe une superficie de 5,46 km² soit 3,50 %. Les superficies de prospection à indices « très bon et modérée » sont de 25,08 km² soit 16,09 et 47,95

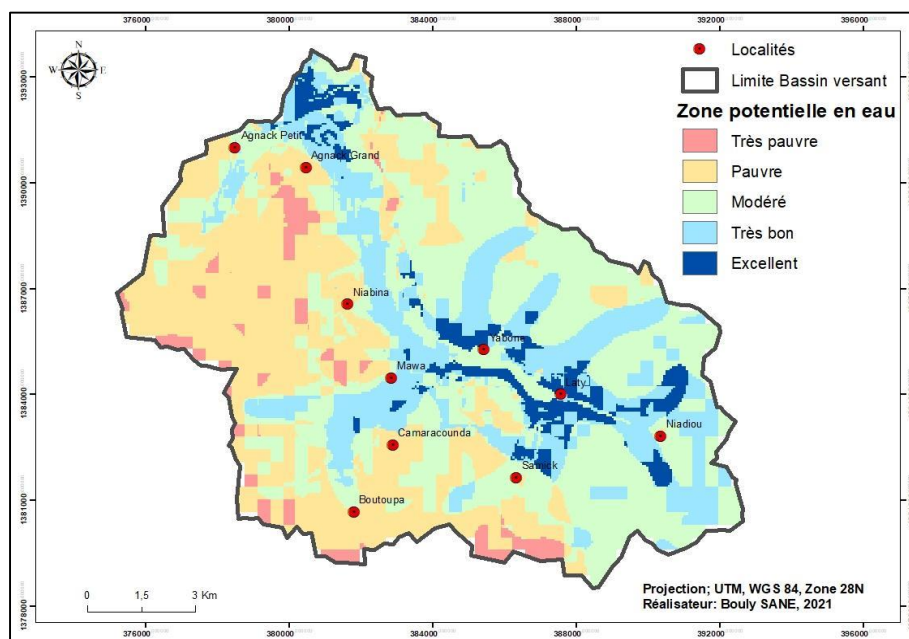
km² soit 30,76 % (tableau 3). Pour les dernières catégories « zone très pauvre et pauvre » concernent 19,67 km² soit 12,62 % et 57,73 km² soit 37,03 % de la superficie du bassin-versant.

Tableau 3 : Zone de prospection des eaux souterraines dans le bassin-versant

N°	GW PI	Indices de prospection des eaux souterraines	Superficie (km ²)	Pourcentage
1	0.15 -0.21	Très pauvre	19,67	12,62
2	0.21 -0.27	Pauvre	57,73	37,03
3	0.27 -0.33	Modéré	47,95	30,76
4	0.33 -0.39	Très bon	25,08	16,09
5	0.39 -0.46	Excellent	5,46	3,50

On déduit du résultat cartographique, que les zones où la concentration de l'eau est plus longue disposent de plus d'infiltration de l'eau pour alimenter la nappe souterraine. La figure 6 indique que les parties amont du bassin-versant, à proximité des exutoires, disposent de potentiels énormes d'eau souterraine. Le potentiel en eau à indice pauvre est plus observé au niveau des versants et des talus, zone où l'importance de la pente favorise un ruissellement plus rapide (fig.6). En plus, la nature des sédiments ferrugineux, sur une grande partie, présente une faible exposition aux eaux souterraines. La partie méridionale du bassin-versant présente une très bonne potentialité en eau souterraine. Quant à la partie septentrionale du bassin-versant, elle présente une très bonne voir excellente exposition aux eaux souterraines (fig.6). A l'étendue du bassin-versant, les localités où l'exposition aux eaux souterraines est très bonne à excellente sont Yabone, Latyr, Mawa et Samick. Pratiquement, ce sont les zones les moins peuplées de la zone d'étude où la dynamique des activités agricoles est moins importante que les localités restantes de la zone d'étude.

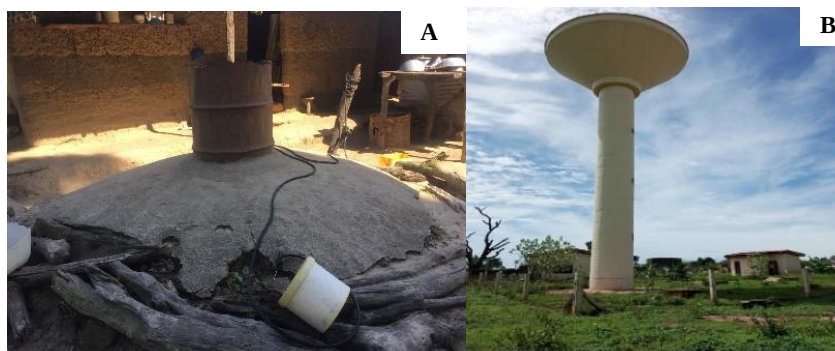
Figure 6 : Répartition spatiale des potentialités en eau souterraine dans le bassin-versant



2.2. Etats des sources de collectes d'eau et risques de pression sur la ressource en eau

Dans ce contexte de mutations environnementales, on note des prélèvements d'eau relativement importants pour les usages socio-économiques des populations. Les plus importants modes de collectes identifiés sont destinés à l'irrigation et à la consommation domestique. Il s'agit, le plus souvent, de sources de mini-forages solaires, des forages communautaires motorisés ou électriques, qui assurent la distribution de l'eau de boisson dans les villages. Les puits traditionnels (photo 1) et motorisés sont utilisés par les femmes comme source de collecte d'eau dans les villages visités. A ces ouvrages, s'ajoutent les bornes fontaines, qui ont renforcé significativement l'adduction en eau pour les populations.

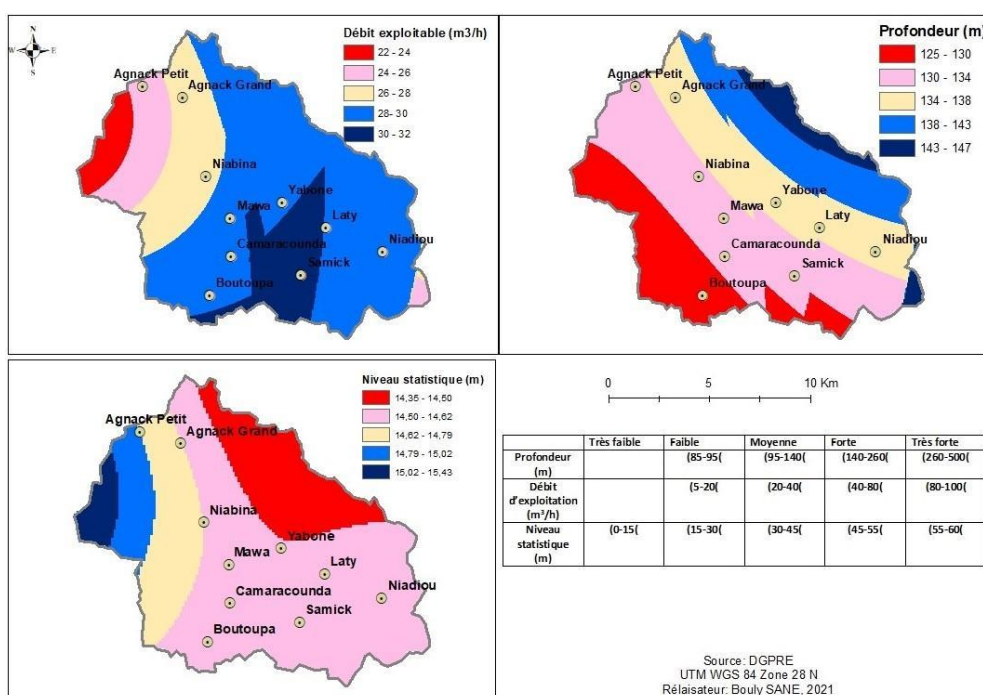
Photo 1 : (A) Puits à margelle traditionnelle destinée aux usages domestiques à Agnak-Grand (novembre, 2020) ; (B) Forage communautaire à Camaracounda.



Source : auteurs juin, 2023.

Toutefois, l'état de ses points de collectes est relativement déploré par les populations enquêtées. Certains, puits comme sur la photo (6-A) sont dans un état critique et l'eau collectée d'une qualité douteuse. Les forages communautaires dénombrés, comme celui implanté dans le village de Camaracounda (photo 6-B), desservent en eau un bon nombre des villages de la commune de Boutoupa-Camaracounda. Dans le cadre de l'évaluation de l'état des sources de collecte d'eau souterraines et de l'appréciation du potentiel en eau des ouvrages hydrauliques, une interpolation est faite à partir des données piézométriques des forages collectés par la DGPPE. Les cartes sont réalisées à partir des données du débit d'exploitation, de la profondeur de la nappe et du niveau statique. On observe sur les cartes des niveaux d'exploitation faible, moyen et fort sur le bassin-versant. Le niveau piézométrique des forages est moyen à élever sur l'étendue du bassin-versant. Les valeurs élevées, correspondant à la profondeur forte 143-147 m, se trouvent dans la partie orientale du bassin-versant. On note également dans cette partie des débits d'exploitation moyenne compris entre 20-40 m (fig.7). Pratiquement, les profondeurs observées sont comprises dans l'intervalle 95-140 m comme étant des valeurs moyennes. Pour les débits d'exploitation, des ouvrages piézométriques sont aussi dans l'intervalle d'exploitation moyenne 20-40 m, où le débit maximal se situe entre 30 et 32 m. Il en est de même pour le niveau statique des ouvrages de la nappe souterraine exploitée. Ces niveaux sont classés très faible voir faible sur une portion du territoire. Les niveaux statiques sont compris entre 14,35-15,43 m (fig.7).

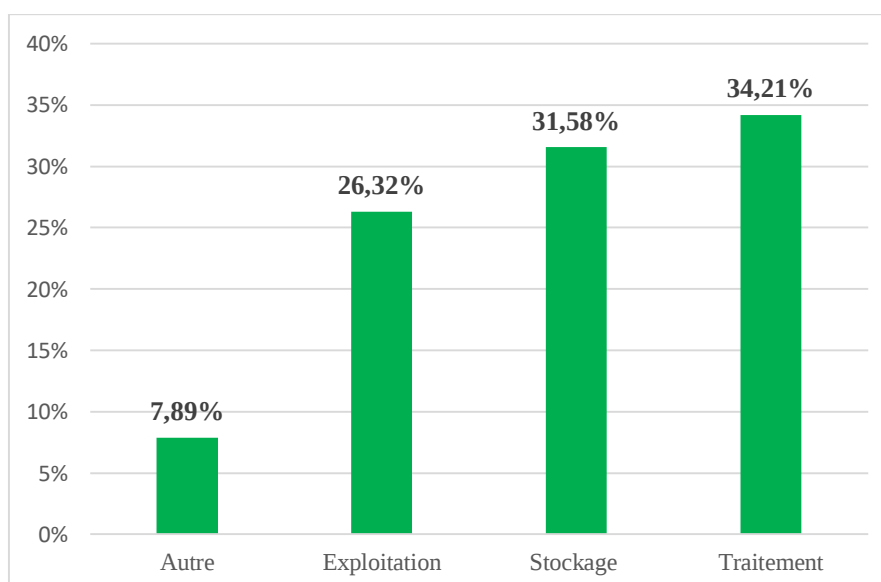
Figure 7 : Débits, niveaux statiques et profondeurs des eaux de la nappe exploitée dans le bassin-versant d'Agnak.



2.3. Perceptions des acteurs sur les défis liés à la gestion de l'eau dans le bassin-versant

La mobilisation de la ressource en eau souterraine suscite plusieurs défis en termes de partage et de coordination entre les différents acteurs. Il s'agit de la mise en relation des règles de gestion de l'eau aux pratiques et besoins socioéconomiques des communautés à l'échelle des bassins-versants. Au moment des enquêtes, les populations rencontrées ont mentionné le problème lié au traitement (34,21 %) des eaux à usage de boisson comme une contrainte majeure dans la zone. En effet, les eaux forées par les ouvrages hydrauliques sont pour la plupart passées au tamis et distribuées directement aux populations. Parfois, des traitements ponctuels sont effectués par la DGPRE au niveau de quelques ouvrages hydrauliques. D'après les résultats d'enquête, 31,58 % des populations mentionnent l'absence d'infrastructures adéquates destinées au stockage de la ressource en eau. La question de l'exploitation de la ressource en eau est évoquée également par 26,32 % des personnes interrogées (fig.8). Le manque de mini-forage dans les exploitations agricoles communautaires freine le développement du maraîchage dans les villages de Camaracounda, Mawa et Tourécounda. Pour maintenir leurs activités hors saison de pluies, les populations mettent en valeur les parcelles rizicoles en aménageant de petits puits forés par des jeunes moyennant une somme comprise entre 5000 et 10000 Fcfa/puits. Une pratique agricole qui pouvait être plus développée, si les exploitants agricoles étaient appuyés en matériels et ouvrages hydrauliques dans les fermes communautaires et familiales.

Figure 8 : Défis indiqués liés à la gestion de la ressource en eau souterraine dans le bassin

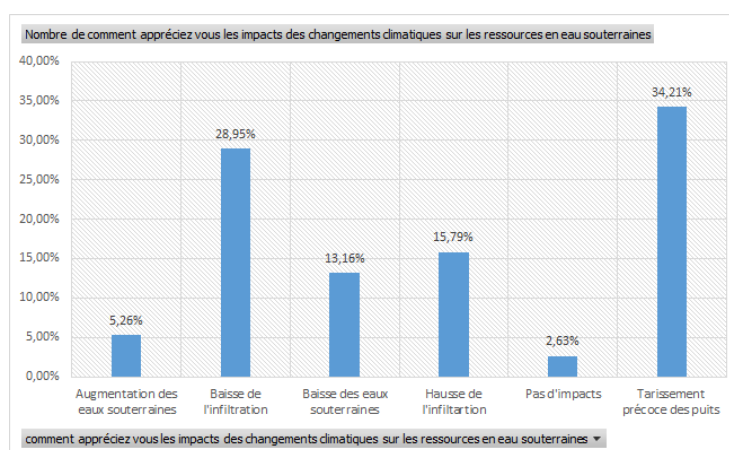


Source : Enquêtes, auteurs 2023.

2.4. Impacts de la variabilité climatiques sur les Ressources en eau souterraines

Les tendances climatiques dégradantes ont engendré des impacts sur les ressources en eau. Selon les populations interrogées, elles ont amoindri l'alimentation des nappes souterraines. En effet, 34,21 % mentionnent un tarissement des puits au courant des mois d'avril, mai et juin. Ces impacts sont plus perceptibles auprès des exploitants maraîchers, qui utilisent des puits de fortunes et mobilisent des volumes d'eau conséquente en temps d'activité. La baisse de l'infiltration est également revenue parmi 28,95 % des populations interrogées. Cette baisse est imputée, selon ces derniers, par une diminution des intensités de pluies dans la zone.

Figure 9 : Perceptions des impacts des changements climatiques sur les ressources en eau



Source : Enquêtes, auteurs 2023.

3. Discussion

Cette étude met en lumière les dynamiques climatiques et les usages socio-économiques qui influencent les ressources en eau dans le bassin-versant d'Agnak. Les résultats montrent une variabilité significative du potentiel hydrique, avec des zones de prospection « très bon » et « modérée » couvrant respectivement 16,09 % et 30,76 % de la superficie. Ces zones, situées principalement dans les vallées et cuvettes de décantation, présentent une meilleure infiltration et recharge des nappes souterraines. En revanche, les zones « pauvres » et « très pauvres » sont majoritairement localisées sur les versants et talus, où la pente favorise un ruissellement rapide.

Les sources de collecte d'eau, telles que les puits traditionnels, les forages motorisés et les bornes fontaines, restent essentielles pour les besoins domestiques et agricoles. Cependant, leur état est souvent déplorable, avec des risques liés à la qualité de l'eau.

Les défis liés au traitement de l'eau, au stockage et à l'exploitation sont également soulignés par les populations, avec des impacts directs sur les activités agricoles,

notamment le maraîchage. Les impacts des changements climatiques, tels que la baisse de l'infiltration et le tarissement des puits en période de contre-saison, exacerbent les contraintes d'usage de l'eau. Ces phénomènes affectent particulièrement les exploitants agricoles, qui dépendent fortement des ressources en eau pour maintenir leurs activités. Dans cette optique il est nécessaire de s'aligner pour une rationalisation des pratiques d'usage de l'eau dans le bassin-versant d'Agnak. Cela implique la mise en place de cadres de gestion intégrée, la fédération des différents usagers, et la valorisation des pratiques locales en complément des orientations étatiques. Une gestion durable des ressources en eau est essentielle pour répondre aux besoins croissants tout en minimisant les impacts des dynamiques climatiques et socio-économiques. Les résultats de l'étude peut guider les prises de décisions dans la réalisation des infrastructures hydrauliques et la gestion de la ressource en eau à l'échelle des bassins-versants.

Conclusion

Les dynamiques climatiques actuelles associées aux usages conséquentes de la ressource en eau pour les activités productives entraînent des risques de perturbation de la recharge des nappes souterraines. C'est en effet tout le sens de cette étude dans le bassin-versant de Agnak. A travers les outils d'analyse spatiale, SIG, et les enquêtes socioéconomiques conduites auprès des populations le potentiel en eau, les sources de collecte d'eau, les défis de gestion de l'eau et les éventuels impacts sur les ressources en eau ont été déterminés. Ainsi, les résultats de l'analyse de prospection ont significativement indiqué des variations du potentiel en eau souterraines même si des indices « très bon et modérée » ont été déterminés sur respectivement 25,08 km² soit 16,09 et 47,95 km² soit 30,76 % de la superficie du bassin-versant. Les sources de collecte à l'image des puits traditionnels et motorisés sont toujours utilisées pour les besoins de la boisson par les ménages interrogés avec tous les éventuels risques associés. Ces pratiques d'usages s'associent également avec des défis liés au traitement de ses eaux pour les besoins de la boisson comme indiqués par 34,21 % des ménages. Les tendances climatiques accentuent aussi les contraintes d'usages de l'eau productive dans les exploitations agricoles. 34,21 % mentionnent un tarissement des puits sur en période de contre-saison. Au vu des résultats, il faut dire qu'il est nécessaire de rationaliser les pratiques d'usages de la ressource en eau dans le bassin-versant d'Agnak. Cela consiste à mettre en place des cadres de gestion dynamique et opérationnel, de fédérer les différents usagers et de valoriser les pratiques empiriques associées aux nouvelles orientations de l'Etat en termes de Gestion Intégrée des ressources en eau.

Références bibliographiques

Aurore DEGRE, Catherine SOHIER, François COLARD, Nora KUMMERT, Alexandra BAUWENS, Julie RAUW & Eléonore BECKERS, « L'hydrologie, une partenaire de la géomorphopédologie pour une gestion transéchelle des grands enjeux environnementaux », *BASE* [En ligne], numéro spécial 2, Volume 15 (2011), 699-707
URL : <https://popups.uliege.be/1780-4507/index.php?id=8188>.

Carrière S.D, 2024, L'eau souterraine, une ressource en eau critique pour les forêts et les sociétés humaines en état de stress hydrique, Dossier scientifique en vue de l'obtention d'une HDR, Facultés des Sciences et Ingénierie, Université Sorbonne, 75 p.

GWP-INBO., 2009, the GWP and access to the Catalyzing Change handbook, Policy and Technical Briefs, and TEC Background, Design and layout by Scriptoria, www.scriptoria.co.uk Printed by Elanders, Sweden, 2009. ISBN : 978-91-85321-72-8, 104 p.

Laurent Baechler., 2021, L'accès à l'eau, Enjeu majeur du développement durable, Edition De boeck Supérieur, 212 p.

Mehdi, 2024, Application des méthodes statistiques multivariées pour l'évaluation de la qualité des eaux souterraines de la nappe alluviale tébessa-bekkaria-el hammamet, mémoire d'hydrogéologie, Université Echahid Cheikh Larbi Tebessi – Tébessa, 110 p.

Unesco., 2021, La valeur de l'eau, Rapport mondiale des Nations-Unies sur la mise en valeur des ressources en eau, 12 p.

Rajat Agarwal and Pradeep Garg, 2015, Remote Sensing and GIS Based Groundwater Potential \& Recharge Zones Mapping Using Multi-Criteria Decision Making Technique, *Journal of Water Resources Management*, vol.30, <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:155650478>, p.243-260.

Singh L.K., Jha M.K., Chowdary V.M., 2017, Multi-criteria analysis and GIS modeling for identifying prospective water harvesting and artificial recharge sites for sustainable water supply. *J. Clean. Prod.*, 142, 1436–1456 p.